

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ
МЕТАЛЛОВ» (ФГБУ «ЦНИГРИ»)

На правах рукописи



ПРОЦЕНКО Елена Викторовна

**СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ
ЛОКАЛИЗАЦИИ АЛМАЗОНОСНЫХ КИМБЕРЛИТОВЫХ ПОЛЕЙ
В ПРЕДЕЛАХ ВИЛЮЙСКО-МАРХИНСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ
ЗОНЫ
(Западная Якутия)**

Специальность: 25.00.11 - Геология, поиски и разведка твердых полезных
ископаемых, минерагения

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель: доктор
геолого-минералогических наук
Толстов Александр Васильевич

Москва – 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение.....	3
Глава 1. Обзор теорий структурного контроля кимберлитового магматизма.....	10
Глава 2. Особенности тектонического анализа при прогнозировании разномасштабных алмазоносных таксонов (месторождений алмазов).....	26
Глава 3. Структурная позиция алмазоносных кимберлитовых полей Вилуйско-Мархинской минерагенической зоны.....	42
3.1. Общий региональный план Вилуйско-Мархинской минерагенической зоны.....	44
3.2. Структурно-тектонические и палеотектонические характеристики локализации кимберлитовых полей.....	67
3.2.1. Тектоника Мирнинского кимберлитового поля.....	67
3.2.2. Тектоника Накынского кимберлитового поля.....	72
3.2.3. Тектоника Сюльдюкарского кимберлитового поля.....	81
Глава 4. Тектонические особенности размещения кустов кимберлитовых тел в известных кимберлитовых полях.....	92
Глава 5. Прогнозирование перспективных площадей в пределах Вилуйско-Мархинской минерагенической зоны.....	109
5.1. Верхнемурбайская перспективная площадь.....	110
5.2. Юлэгирская перспективная площадь.....	117
Заключение.....	127
Список сокращений.....	129
Список литературы.....	130

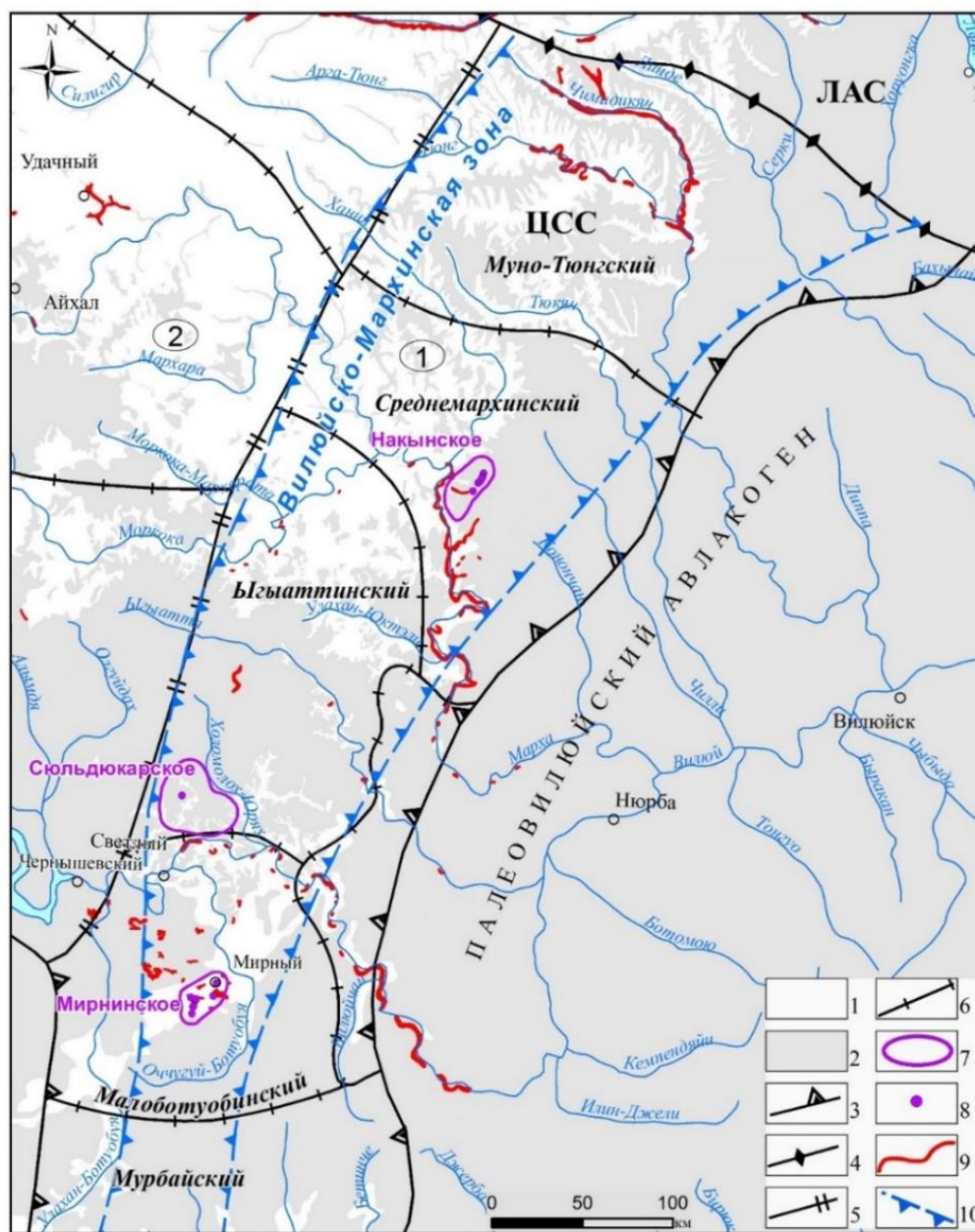
ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Основным источником алмазов в России является Якутская алмазоносная провинция. Наиболее продуктивной частью провинции считается ее южная часть – Центрально-Сибирская субпровинция, а в ее пределах – Вилюйско-Мархинская минерагеническая область. Вилюйско-Мархинской зона разломов, обрамляющая северо-западный борт Палеовилюйского авлакогена и входящая в состав Вилюйско-Мархинской минергенической области, считается рудоконтролирующей структурой, поскольку к ней приурочены три продуктивных кимберлитовых поля: Мирнинское, Накынское и Сьюльдюкарское, а также многочисленные россыпи и россыпепроявления алмазов. Это позволяет рассматривать Вилюйско-Мархинскую зону в статусе минерагенической (Рис. 1).

Большая часть территории Вилюйско-Мархинской минерагенической зоны (ВММЗ) перекрыта терригенными и, в меньшей мере, вулканогенными и магматическими породами верхнего палеозоя и мезозоя. При большой мощности перекрывающих образований, наличии долеритов, неинформативных в поисковом плане отложений прибрежно-морского генезиса эффективность основных поисковых методов, геофизического и шлихоминералогического, значительно снижается. В подобной ситуации правильный выбор площадей для опоискования имеет огромное практическое значение и должен базироваться на использовании комплекса прогнозно-поисковых признаков и предпосылок, важное место в ряду которых занимают структурно-тектонические критерии. Их совершенствованию посвящена предлагаемая к рассмотрению работа. По сравнению с предшествующими разработками выполненные исследования позволяют с большей степенью достоверности определять границы кимберлитовых полей и прогнозировать участки, благоприятные для локализации кустов кимберлитовых тел.

Цель работы – совершенствование структурно-тектонических критериев прогнозирования алмазоносных таксонов (алмазоносных полей и кустов

кимберлитовых тел), и обоснование с их использованием перспектив на коренную алмазность новых площадей и участков в пределах ВММЗ.



Условные обозначения: 1-2 типы поисковых площадей: 1 – открытые для поисков, 2 – закрытые для поисков; 3-7 – границы разноранговых алмазоносных таксонов: 3 – Якутской алмазоносной провинции, 4 – субпровинций (ЦСС - Центрально-Сибирская, ЛАС – Лено-Анабарская), 5 – алмазоносных областей (1 – Вилуйско-Мархинская, 2 – Верхневилуйская), 6 – алмазоносных районов (и их названия), 7 – продуктивных кимберлитовых полей (и их названия: Н – Накынское, М – Мирнинское, С – Слюдякарское); 8 – алмазоносные кимберлитовые тела; 9 – россыпи и россыпепроявления алмазов; 10 – Вилуйско-Мархинская зона разломов

Рисунок 1 – Обзорная схема Вилуйско-Мархинской зоны с элементами минерагенического районирования (составлена автором по материалам НИГП и ВГРЭ).

Для реализации данной цели предусматривается решение следующих **задач**:

1. Анализ строения верхней части платформенного чехла ВММЗ на основе комплекта составленных структурно-тектонических и палеотектонических карт.
2. Выявление и уточнение структурно-тектонических критериев и закономерностей размещения кимберлитовых полей и кустов на основе выполненного анализа.
3. Выявление в кимберлитовмещающем платформенном комплексе локальных структур, синхронных внедрению кимберлитовых тел, изучение их характерных особенностей.
4. Локализация в пределах ВММЗ новых прогнозных площадей ранга алмазоносного поля.

Научная новизна. Впервые составлены точные структурно-тектонические и палеотектонические карты погребенных районов ВММЗ, а на Накынское кимберлитовое поле – палеотектоническая карта на раннеюрское время. Имеющиеся данные позволили выявить закономерности тектонического контроля кимберлитовых полей и кустов кимберлитовых тел, уточнить прогнозные структурно-тектонические критерии и выделить площади, благоприятные для локализации алмазоносных полей и отдельных кустов кимберлитовых тел.

Практическая значимость. В работе детально освещен современный структурный план кимберлитовмещающих образований ВММЗ и палеотектоническая обстановка среднепалеозойского этапа тектоно - магматического развития. Выделены в осадочном чехле и прослежены разнотипные и разновозрастные структуры, в том числе и синхронные алмазоносному магматизму, которые, вероятно, участвовали в локализации кимберлитовых полей и кустов кимберлитовых тел, либо образовались в результате их становления. Выявлены характерные структурные идентификационные признаки разноранговых кимберлитовых объектов. Выполненные исследования позволили уточнить структурно-тектонические критерии для регионального и среднемасштабного прогноза коренной алмазоносности в пределах закрытых районов ВММЗ, а на базе имеющегося комплекта тектонических карт выделить

площади, перспективные на обнаружение алмазоносных кимберлитовых полей, Верхнемурбайскую – на южном, а Юлэгирскую площадь – на северо-восточном флангах.

Фактический материал, методы исследования и личный вклад автора.

Диссертация базируется на тематических исследованиях, выполненных автором в течение 10 лет работы в НИГП АК «АЛРОСА». Фактическим материалом для настоящих исследований послужили результаты детального стратиграфического расчленения нижнепалеозойских отложений, выполненного геологоразведочными службами АК «АЛРОСА» по данным геофизических исследований скважин (ГИС), а также результаты геологических и геофизических съемок территории ВММЗ, опубликованные источники и фондовые материалы, посвященные проблеме исследований. Будучи исполнителем разделов по тектонике перспективных площадей в трех отчетах, автор собрал, обобщил и систематизировал более 12 000 геолого-геофизических разрезов поисковых и структурных скважин, на основе которых в программной среде ArcGIS составлены авторские структурно-тектонические и палеотектонические карты и схемы на всю территорию ВММЗ (масштаба 1:200 000), актуализированы среднемасштабные построения (масштаба 1:50 000) на продуктивные Мирнинское, Накынское и Сьюльдюкарское кимберлитовые поля и более детальные карты и схемы (масштаба 1:10 000) на кусты кимберлитовых тел Западный и Дяхтарский. В соавторстве с коллегами из лаборатории прогнозно-методического сопровождения ГРР выполнен тектонический анализ и прогнозная оценка территории исследований.

Защищаемые положения:

1. Анализ структурно-стратиграфических поверхностей нижнего палеозоя позволил установить латеральную зональность Вилюйско-Мархинской минерагенической зоны (ВММЗ), в которой выделены центральная (шириной до 30 км) и западная (до 35 км) подзоны, характеризующиеся усложнением моноклиналиного залегания нижнепалеозойского (кимберлитовмещающего) комплекса пород. При этом высокоалмазоносные поля Мирнинское и Накынское

приурочены к центральной, а среднеалмазоносное Сьюльдюкарское поле — к западной подзоне ВММЗ.

2. Алмазоносные кимберлитовые поля в пределах ВММЗ контролируются узлами пересечения подзон с секущими зонами (размерами до 45 км в поперечнике), трассирующимися со стороны Палеовиллюйского авлакогена, которые проявлены в структуре нижнепалеозойских пород линейными депрессиями либо серией линейных прогибов. Характерным признаком этих узлов является усложнение строения кимберлитовмещающей толщи, обусловленное широким развитием в их пределах пликативных структур среднепалеозойского возраста с повышенной мощностью нижнепалеозойских образований.

3. Кусты алмазоносных кимберлитовых тел в пределах Мирнинского и Накынского полей ВММЗ приурочены к локальным структурам среднепалеозойского возраста с повышенной мощностью нижнепалеозойских пород. В Мирнинском поле эти структуры представлены узлами пересечения грабенообразных прогибов, сопровождающих отдельные разломы Вилюйско-Мархинской и Джункун-Хамтинской зон, в Накынском — малоамплитудной мутьдообразной депрессией.

4. Выявленные структурно-тектонические закономерности локализации алмазоносных кимберлитовых полей (в составе прогнозно-поисковых критериев, включающих геолого-геофизические и магматические предпосылки и минералогические признаки) позволили выделить на южном фланге Вилюйско-Мархинской минерагенической зоны Верхнемурбайскую, а на северо-восточном — Юлэгирскую (Тюнгскую) перспективные площади ранга кимберлитового поля.

Апробация диссертации. Результаты выполненных исследований отражены в трех научно-производственных отчетах, в двух из которых автор являлся ответственным исполнителем. Полученные выводы и отдельные положения диссертации освещались и обсуждались на заседаниях Ученого Совета НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО). По теме диссертации были представлены доклады на ряде научно-практических, всероссийских и международных конференций: на Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы

геологии, прогноза, поисков и оценки месторождений твердых полезных ископаемых», Судакские геологические чтения – III (VIII) (Судак, 2012 г.); на III Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского (Санкт-Петербург, 2013 г.); на Всероссийском форуме с международным участием «Развитие минерально-сырьевой базы Сибири: от В.А. Обручева, М.А. Усова, Н.Н. Урванцева до наших дней» (Томск, 2013 г.); на Всероссийском совещании с участием приглашенных исследователей из других стран «Разломообразование и сопутствующие процессы в литосфере: тектонофизический анализ» (Иркутск, 2014 г.); на V полевого научно-практическом семинаре «Геологическое обеспечение минерально-сырьевой базы алмазов: проблемы, пути решения, инновационные разработки и технологии» (Айхал, 2015 г.); на VII Научно-практической конференции «Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений благородных, цветных металлов и алмазов» (Москва, 2017 г.); на V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Эффективность геологоразведочных работ на алмазы: прогнозно-ресурсные, методические, инновационно-технологические пути ее повышения» (Мирный, 2018 г.); на VIII и IX Международных научно-практических конференциях «Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов» (Москва, 2018-2019 гг.); на VIII и IX Всероссийских научно-практической конференциях «Геология и минерально-сырьевые ресурсы северо-востока России» (Якутск, 2018-2019 гг.).

Автором и с его участием опубликовано 30 научных работ, в том числе – 20 по теме диссертации (из них 6 статей в рецензируемых журналах).

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав и заключения. Общий объем работы составляет 149 страниц, работа содержит 1 таблицу, 41 рисунок и список литературы, включающий 149 наименований.

Благодарности. За всестороннюю помощь и поддержку автор выражает глубокую благодарность научному руководителю д. г.-м. н. Толстову А.В. Особую признательность и искреннюю благодарность автор выражает

к. г.- м. н. Гореву Н.И. за неоценимую идеологическую, методическую и практическую помощь на всех этапах исследований. Автор признателен коллегам из Вилуйской ГРЭ АК «АЛРОСА» (ПАО) за предоставленный фактический материал для выполнения тематических исследований. За ценные замечания и конструктивные советы автор благодарит коллег из ЦНИГРИ к. г.- м. н. Голубева Ю.К., к. г.-м. н. Прусакову Н.А., коллег из НИГП Шахурдину Н.К., д. г.-м. н. Константинова К.М., к. г.-м. н. Кошкарева Д.А. и др., за техническую помощь в оформлении работы – Захарову О.Н., Трушевскую М.Э., Баторову А.О., Шмакову Е.С.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ТЕОРИЙ СТРУКТУРНОГО КОНТРОЛЯ КИМБЕРЛИТОВОГО МАГМАТИЗМА

Истории изучения закономерностей пространственного размещения алмазоносных магматитов уже более 100 лет. За прошедшие годы разработано множество теоретических гипотез и научных концепций о связи алмазоносных пород с определенными тектоническими структурными элементами, но до настоящего времени исследователи так и не пришли к единому мнению по данному вопросу.

В зависимости от стадии геологоразведочных работ, изучаемые алмазоносные объекты имеют различные масштабы, что, естественно, отражается и на масштабе контролирующих их тектонических структур. В настоящее время многие геологи придерживаются следующего ряда ранжирования алмазоносных минерагенических таксонов: провинция, субпровинция, зона, район, поле, куст, отдельное тело (трубка, дайка и т. д.). Каждая из перечисленных минерагенических единиц приурочена к структурным объектам различного масштаба и характеризуется своим набором прогнозных критериев, в том числе и структурно-тектонических. Основная масса исследований, имеющихся в этой области в настоящее время, связана с изучением таких минерагенических таксонов как алмазоносные провинции, зоны, поля и месторождения. Промежуточные единицы этой классификации (субпровинции, районы, кусты тел) признаются не всеми геологами и изучены весьма слабо. Несмотря на длительную историю развития алмазописковой геологии, на данный момент только крайние члены иерархического ряда минерагенических объектов – провинция и месторождение – имеют четко очерченные геологические контуры.

На стадии региональных исследований выделяют наиболее крупные алмазоносные таксоны – провинции, субпровинции и зоны.

По мнению многих ученых, границы алмазоносных минерагенических провинций в тектоническом плане соответствуют древним платформам, что

подтверждается тем фактом, что проявления кимберлитового магматизма, включая алмазоносный, зафиксированы только на древних платформах: Африканской, Сибирской, Южно - Американской и Северо – Американской, Индийской, Китайской, Австралийской и Восточно-Европейской. При дальнейшей же локализации внутриплатформенных областей, благоприятных для размещения алмазоносных пород, ученые уже не столь единодушны.

Общепризнанного мнения о том, какие же тектонические структуры следует считать рудоконтролирующими при выделении таких минерагенических единиц как субпровинция, в настоящее время не существует. В качестве кимберлитоконтролирующих исследователями рассматриваются различные тектонические структуры регионального масштаба, такие как блоки фундамента с определенным возрастом консолидации, надпорядковые пликативные структуры (в основном положительные) фундамента и осадочного чехла, зоны их сочленения с отрицательными структурами и др.

Приуроченность алмазоносных кимберлитов к областям платформ древней стабилизации (кратонам) была установлена Клиффордом Т. в 1966 году на примере Африканской платформы [Клиффорд, 1966]. Впоследствии эта закономерность получила название «правила Клиффорда» и была взята за основу многими учеными при составлении схем районирования фундамента древних платформ. В ходе этих исследований было установлено, что разные блоки докембрийского основания платформ имеют различный возраст консолидации, отличаются строением и составом слагающих их метаморфических пород. В связи с этим Янсе А. разделил древние кратоны по возрасту стабилизации основания на архоны (возраст стабилизации более 2500 млн. лет), протоны (1600 – 2500 млн. лет) и тектоны (моложе 1600 млн. лет) [Janse, 1991; Янсе, 1992]. С учетом данного деления им были составлены схемы районирования фундамента древних платформ мира. В границах Сибирской платформы подобные работы были проведены Сеницыным А.В. [Сеницын, 1992], Кушевым В.Г. [Кушев, 1992], Маличем Н.С. [Малич, 1975] и др. Авторами составлены схемы районирования фундамента, которые имеют порой значительные отличия. Объясняется это тем, что фундамент

Сибирской платформы практически полностью перекрыт более молодыми породами осадочного чехла, мощность которого весьма значительна. Проведение подобных исследований базируется, в основном, на изучении керна редких глубоких скважин, вскрывающих кристаллический фундамент, и ксенолитов пород фундамента из трубок взрыва различного состава, а также на данных аэромагнитных и гравиметрических съемок, интерпретация которых часто неоднозначна. На схемах районирования фундамента Сибирской платформы протоны и тектоны часто объединены в одну категорию под общим названием подвижные пояса. Изначально считалось, что алмазоносные породы могут быть приурочены только к архонам, однако в настоящее время они обнаружены и в пределах блоков земной коры с протерозойским возрастом кратонизации кристаллического фундамента.

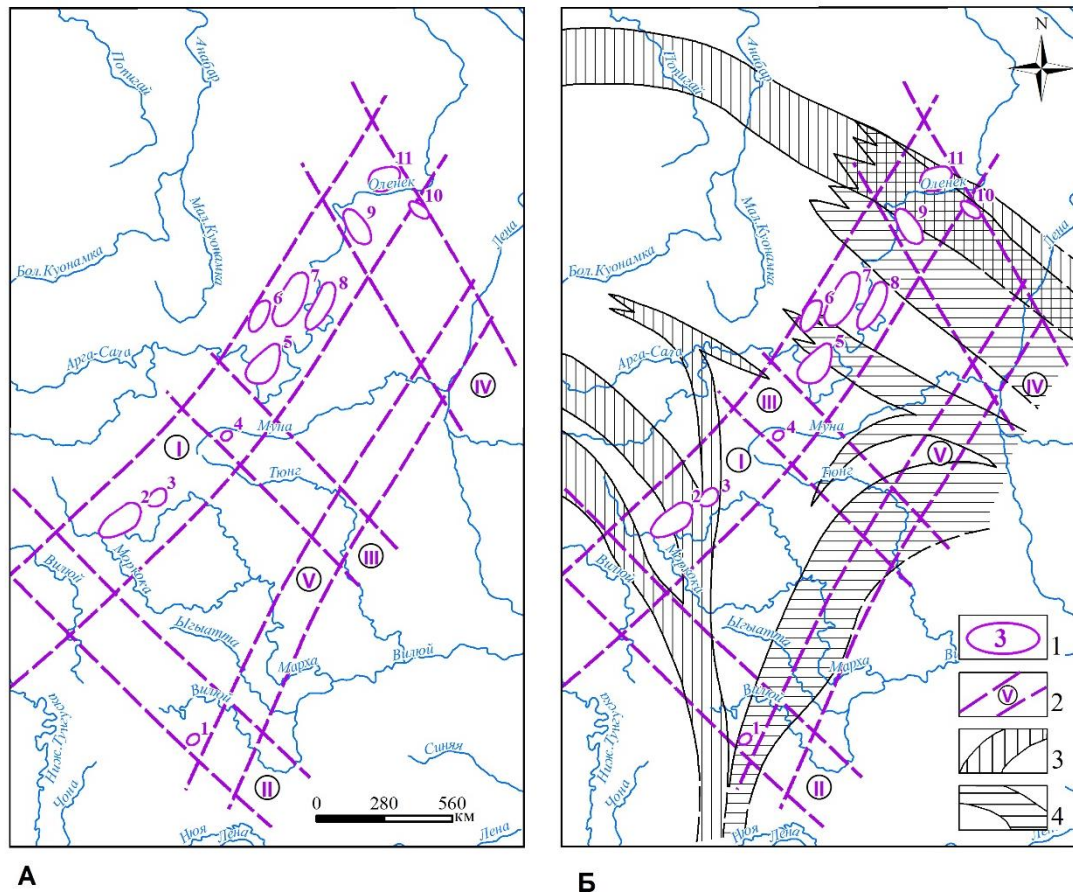
Следующей по масштабам единицей в ряду алмазоносных таксонов является зона кимберлитового магматизма. Во второй половине прошлого века широко было распространено представление о том, что проявления кимберлитового магматизма сопряжены с дизъюнктивными разрывами глубинного, в том числе и мантийного заложения. Основывалось оно на признаваемой многими исследователями гипотезе о мантийном генезисе алмазопродуктивных пород, а также эмпирически наблюдаемом линейном расположении полей глубинных магматитов. В широко известной работе «Структурный контроль проявлений кимберлитового магматизма...» отмечалось, что «... проявления кимберлитового магматизма контролируются глубинными разломами. Главная роль среди последних принадлежит архейским глубинным разломам» [Мокшанцев, Еловских, Ковальский и др., 1974].

Существуют теории, связывающие кимберлитовый магматизм с единой правильной сетью глубинных разломов, чаще ортогонального и диагонального простирания [Hobbs, 1904; Шатский, 1938; Хаин, 1963; Бардэ, 1973 и др.], разбивающей всю земную кору на отдельные большие блоки. Существует также группа теорий, рассматривающих глубинные разломы не только как магмоподводящие каналы, но и как структуры, в которых в процессе их развития

образуются кимберлиты и конвергентные им породы [Ковальский, 1965; Трофимов, 1967; Сарсадских, 1968 и др]. Крупному обобщению результатов региональных геофизических исследований и использованию полученных данных для прогнозирования кимберлитовых магматитов посвящены работы Манакова А.В. [Манаков 1998, 1999]. Автор пришел к выводу, что алмазоносные кимберлиты пространственно связаны с зонами повышенной мощности земной коры и областями воздымания внутрикоровых границ раздела. Такие зоны выделяются им в ранге глубинных кимберлитоконтролирующих.

Применительно к Сибирской платформе широкое распространение получили представления о приуроченности проявлений кимберлитового магматизма к кимберлитоконтролирующим зонам преимущественно северо-восточного и северо-западного простирания. Существует ряд схем региональных кимберлитоконтролирующих зон различных авторов [Арсеньев, 1961, 1963; Мокшанцев, 1976; Гусев, 1982 и др.], наиболее известной и часто используемой из которых является схема Брахфогеля Ф.Ф. (Рисунок 2 (А)). Одна из выделенных автором зон – Муно-Ботуобинская – пространственный аналог Вилуйско-Мархинской зоны. В этой же работе [Брахфогель, 1984] автор проводит сравнительный анализ пространственного размещения кимберлитоконтролирующих зон с зонами базитового магматизма (Рисунок (2Б)). По его мнению, эти два типа зон характеризуются секущими взаимоотношениями и различиями в очертаниях (базитовые зоны имеют криволинейную конфигурацию, а кимберлитоконтролирующие – прямолинейную), на основании чего автор делает вывод о различиях в специфике тектонической обстановки формирования этих зон, а также считает встречающееся пространственное совмещение базитовых и кимберлитовых образований случайным.

В исследованиях других авторов зоны кимберлитового магматизма отождествляются с дайковыми поясами или магмоподводящими зонами (зонами тектоно-магматической активизации), объединяющими в границах единых разломных систем разновозрастный магматизм разнообразного состава.



Условные обозначения: 1 – кимберлитовые поля: (1 – Мало-Ботуобинское, 2 – Алакитское, 3 – Далдынское, 4 – Верхнемунское, 5 – Чомурдахское, 6 – Западно-Укукитское, 7 – Восточно-Укукитское, 8 – Огонёр-Юряхское, 9 – Мерчимдемское, 10 – Толуопское, 11 – Куойское); 2 – кимберлитоконтролирующие зоны: I – Далдын-Оленекская, II – Вилюйско-Ботуобинская, III – Муно-Тюнгская, IV – Уэле-Мерчимдемская, V – Муно-Ботуобинская; 3-4 – базитоконтролирующие зоны: 3 – пермо-триасовые, 4 – девонские

Рисунок 2 – Среднепалеозойские кимберлитоконтролирующие зоны северо-восточной части Сибирской платформы (А) и их взаимоотношение с разновозрастными базитоконтролирующими зонами (Б) [Брахфогель, 1984].

Подобная точка зрения признается многими исследователями, рассматривающими кимберлитоконтролирующие зоны в качестве проницаемых структур, длительно сохраняющих тектоно-магматическую активность [Мокшанцев, Еловских, Ковальский и др., 1974; Шпунт, 1987; Владимиров, Одинцов, 1971; Францессон, Лутц, 1995 и др.].

Наряду с контролем алмазопродуктивного магматизма дизъюнктивными нарушениями, многие геологи признают также связь кимберлитовых проявлений с краевыми частями региональных пликативных структур, зонами сочленения структур противоположного знака, флексуобразными перегибами и т.д.

[Ковальский, 1963; Эрлих, 1963; Мокшанцев, Еловских, Ковальский, 1974; Никишов, 1984; Кушев и др., 1992 и др]. Особое место в ряду этих гипотез занимает вопрос о приуроченности кимберлитоконтролирующих зон к плечевым частям авлакогенов.

Являющаяся объектом исследований данной работы Вилуйско-Мархинская зона разломов, а также некоторые другие зоны алмазоносного магматизма, в свете этих исследований рассматриваются как составные части авлакогенов, пространственно и генетически с ними связанные, представляющие собой их окраинную (бортовую) часть, или область их динамического влияния (ОДВА).

Впервые, вопрос о генетической связи между ВММЗ и Палеовилуйским авлакогеном был поднят в работах Масайтиса В.Л. и соавторов [Лурье, Масайтис, 1959; Масайтис, 1962; Масайтис, Михайлов, Селивановская, 1975 и др.]. С тех пор в работах многих исследователей, занимающихся вопросами структурного контроля алмазоносных магматитов на Вилуйско-Мархинском междуречье и сопредельных территориях, подчеркивается связь процессов авлакогенеза и кимберлитового магматизма.

В качестве зон кимберлитового магматизма Шпунт Б.Р. [Шпунт, 1991] выделяет зоны краевых дислокаций рифтовых систем позднеархейского заложения, отстоящие от оси рифта на 80-200 км и имеющие согласное с рифтом простирание.

К близкому выводу, о приуроченности алмазопродуктивного магматизма к областям палеорифтов дорифейских кратонов, пришли также Владимиров Б. М. и Логачев А.Н. [Логачев, Владимиров, 1989], исследовавшие связь кимберлитового магматизма и рифтогенеза с точки зрения термодинамических условий формирования и сохранности алмазопродуктивных пород. В работах Эринчека Ю.М. также отмечается, что для алмазоносных кимберлитовых проявлений необходимо присутствие рифтогенной системы и стабильного блока архейского возраста [Эринчек и др, 1998, Эринчек и др. 1999]. Мнения о тесной связи кимберлитового магматизма и рифтогенеза придерживается также Сафьянников С.В., в работах которого проведен геодинамический анализ развития

Ангаро-Ботуобинской зоны в связи с развитием складчатого обрамления южной части Сибирской платформы [Сафьянников, 1998]. С зоной кимберлитового магматизма отождествляются области динамического влияния авлакогенов (ОДВА), выделяемые Дукардтом Ю.А. и Борисом Е.И. [Дукардт, Борис 2000].

Подробно вопрос тесной пространственно-генетической связи кимберлитового магматизма с авлакогенами освещен в работах Францессон Е.В. и Лутца Б.Г. [Францессон, 1986; Францессон, Лутц 1995]. Особое внимание в своих работах авторы уделяют Патомско-Вилуйскому авлакогену и Вилуйско-Мархинской зоне, как составной его части. В ходе изучения рифтогенных формаций и их связи со структурными элементами авлакогена ученые постулируют приуроченность щелочно-ультраосновных и карбонатитовых интрузий к центральной части авлакогена, а кимберлитовых пород к его плечам. Такая зональность в расположении глубинных магматитов, а также малая доля кимберлитовых и родственных им пород в общем объеме щелочно-ультраосновного магматизма позволяет авторам сделать вывод о том, что кимберлитовая магма является членом единого эволюционного ряда щелочного и щелочно-ультраосновного вулканизма, а генерация и внедрение алмазопродуктивных пород это не самостоятельные геологические процессы, а составная часть единого процесса базитового и щелочно-ультраосновного магматизма, неразрывно связанного с авлакогенезом. Кроме того, в своей работе авторы приводят схему районирования Сибирской кимберлитовой провинции, разработанной ими на тектонической основе. В качестве субпровинций в данной схеме выступают авлакогены, а в качестве зон – региональные зоны разломов на бортах авлакогенов. Так авторами выделена Вилуйская субпровинция, пространственно совмещенная с Патомско-Вилуйским авлакогеном, а в ее составе – Вилуйско-Мархинская зона.

Коробков И.Г. области динамического влияния авлакогенов, в том числе и северо-западный борт Палеовилуйского авлакогена с приуроченной к нему ВММЗ, считает «составной частью крупных вулканотектонических структур, формирующихся на определённых этапах эволюции древних авлакогенов и

генерирующих полифациальный, в том числе и кимберлитовый магматизм» [Коробков, 2001].

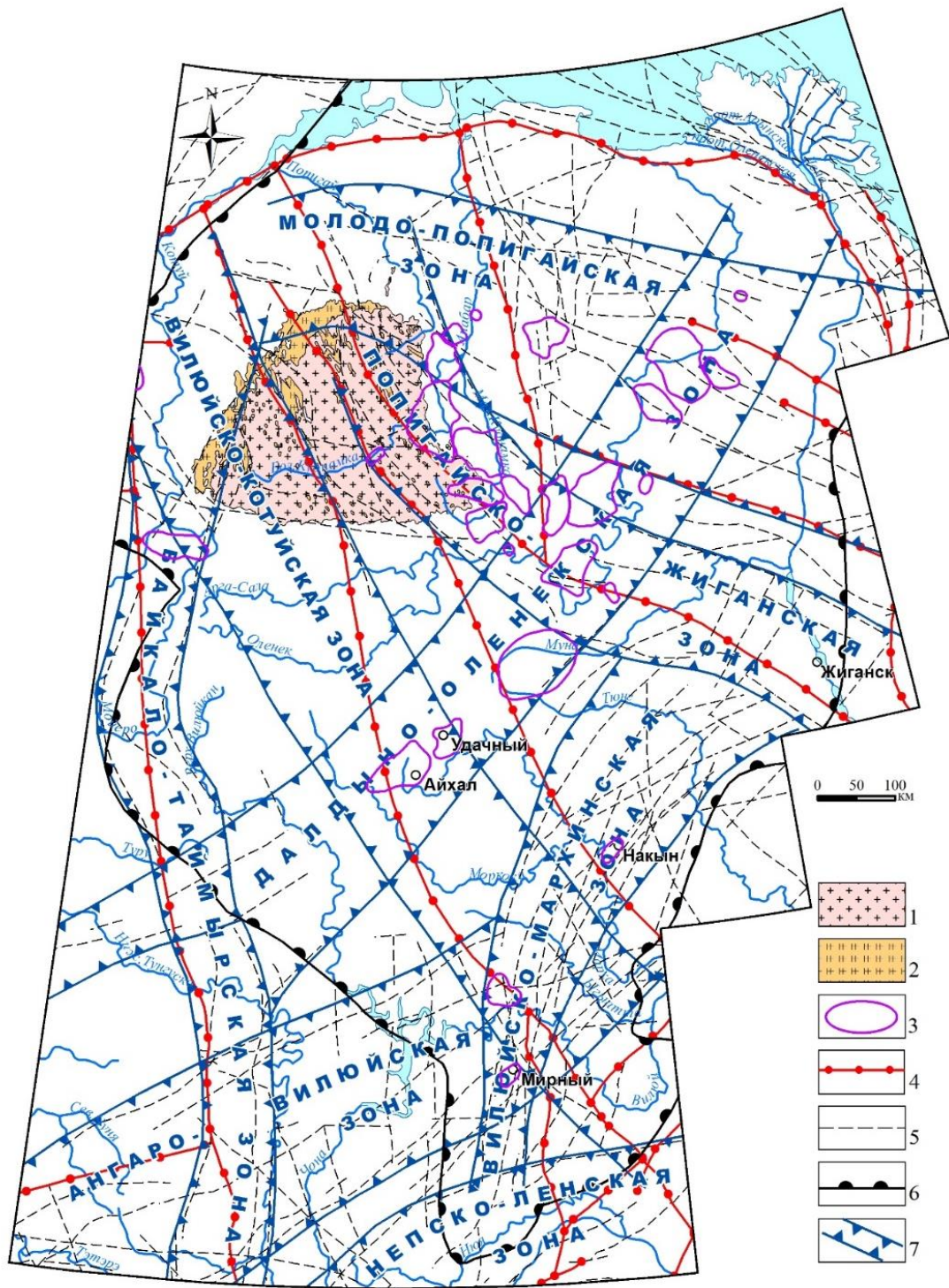
Ваганов В.И. в своей работе «Алмазоносные месторождения...» рассматривает зоны кимберлитового магматизма как «пояса повышенной проницаемости» и выделяет три типа алмазоносных минерагенических зон, характеризующихся своими геолого-структурными особенностями – платформенная мобильная зона, плечевая часть рифтов и авлакогенов (область дифференцированных блоковых движений), зона скрытых разломов фундамента [Ваганов, 2000].

В работах Горева Н.И. [Горев, 1998, 1999, 2005, 2017 и др.] зоны, контролирующие кимберлитовый магматизм, определены как зоны краевых дислокаций (ЗКД), которые являются тектоно-магматическими поясами на границе между стабильными блоками и подвижными областями. Типичным представителем таких зон, по мнению автора, является Вилуйско-Мархинская зона краевых дислокаций (Рисунок 3). Подобной точки зрения придерживается и автор данной работы.

В противоположность вышеперечисленным, существуют и теории, которые отрицают связь кимберлитового магматизма с глубинными разломами или другими элементами тектонического строения, а объясняют процесс поднятия алмазосодержащей магмы к земной поверхности механизмом зонной плавки [Милашев, 1974].

Благоприятными условиями проникновения кимберлитового расплава авторы считают участки земной коры с пониженной мощностью и повышенной плотностью изотропной трещиноватости [Милашев, Соколова, 1989; Милашев, 1997 и др.].

С теорией Милашева В.А. перекликается гипотеза «горячих точек», поддерживаемая многими зарубежными авторами, которая связывает зоны проявления кимберлитового магматизма с продвижением литосферных плит над «горячими точками» - местами внедрения мантийного плюма [Crough, Morgan, Hargraves, 1974; England, Houseman, 1984].



Условные обозначения: 1 – выходы на поверхность архейских пород; 2 – выходы на поверхность нижнепротерозойских пород; 3 – кимберлитовые поля; 4 – глубинные разломы; 5 – основные разломы осадочного чехла; 6 – граница Якутской алмазоносной провинции; 7 – зоны разломов I порядка (ЗКД) и их названия

Рисунок 3 – Зоны разломов I порядка Якутской алмазоносной провинции [Горев, 2009ф].

Огромное практическое значение имеют исследования по выделению структур, определяющих локализацию алмазоносных кимберлитовых полей. Изучение особенностей строения площадей, вмещающих кимберлитовые алмазоносные поля, направлено на выявление аномальных по сравнению с соседними площадями характеристик, которые можно было бы интерпретировать как факторы, присущие алмазоносному магматизму и использовать при дальнейших прогнозных построениях.

Активно развивается направление по изучению отражения кимберлитового магматизма в геофизических полях, совершенствованию геофизических аспектов прогнозирования и разработке геолого-геофизических моделей кимберлитовых полей.

Одной из таких моделей является геолого-геофизическая модель кимберлитового поля, авторами которой являются Фельдман А.А. и Морозова Л.В. [Фельдман, Морозова, 1989]. Она представляет собой вертикальную стволую область, проявленную в геофизических полях изометричными или эллипсоидными отрицательными гравитационными и магнитными аномалиями, интерпретируемыми как зоны разуплотнения и размагничения пород. В основании этой стволовой структуры, по мнению авторов, залегает мантийный дипир, на поверхности расположено кимберлитовое поле, которое связано с мантийным диапиром промежуточными очагами.

Изучению глубинного строения коры и характеристик, присущих кимберлитовым полям посвящены исследования Эринчека Ю.М. [Эринчек, 2001]. В своей работе он отмечает, что глубинные характеристики алмазоносных кимберлитовых полей более выдержанны и изменяются в меньших пределах, по сравнению с другими кимберлитовыми полями. К таковым характеристикам автор относит значительную мощность литосферы (более 200 км), депрессии в поверхности Мохо (глубина залегания 43-50 км), повышенные скорости по поверхности Мохо и др.

В работах Манакова А.В., Митюхина С.И. и др. также исследуется связь глубинного строения земной коры и кимберлитового магматизма, и авторы

отмечают, что высокопродуктивные поля центральной и южной частей Западной Якутии обладают схожими характеристиками, а именно: совмещение изометричных магнитных и гравитационных аномалий, наличие субвертикальной проводящей зоны [Манаков, 2000; Митюхин, 1998; и др.].

В ФГБУ ЦНИГРИ разработан ряд глубинных (геофизических) критериев, определяющих расположение кимберлитовых полей. В их числе комплексная аномальная область потенциальных геофизических полей (гравитационного и магнитного) размером в поперечнике порядка 50-100 км, повышенная расслоенность земной коры с наличием слоев-волноводов, аномальность сейсмического разреза земной коры, субвертикальные корово-мантийные зоны повышенной проводимости, депрессии или перегибы в рельефе кровли верхней мантии (поверхности Мохоровичича), депрессии магнитоактивной поверхности [Прусакова, 2018].

В качестве структурно-тектонических критериев при прогнозе кимберлитовых полей отдельными авторами рассматривается наличие блоков с изотропной ориентацией трещиноватости [Милашев, 1979; Милашев, 1989], купольные поднятия в земной коре [Ваганов, Варламов, Фельдман, и др., 1995], радиально-кольцевые системы разломов, проявленные осадочном чехле [Дукардт, Борис, Зинчук, 1999] и др.

Существует большая группа гипотез, в которых ведущая роль в тектоническом контроле местоположения кимберлитовых полей отводится узлам пересечения зон дизъюнктивных нарушений. На этот критерий применительно к известным кимберлитовым полям юго-востока Сибирской платформы в своих работах указывают Божевольный И.И., Черный С.Д., Манаков А.В., Молчанов Ю.Д. и другие авторы [Божевольный, Черный, 1997; Божевольный, Манаков, Черный, 1998; Молчанов, Яныгин, 1998 и др.].

Признавая приуроченность алмазоносных магматитов к плечевым частям авлакогенов, особое внимание исследователи уделяют вопросу выделения структур, непосредственно отвечающих за локализацию кимберлитовых полей. Все большее число ученых, отмечая пространственную (или пространственную и

генетическую) связь рифтогенеза и кимберлитового магматизма, отводят контролирующую роль в размещении кимберлитовых полей не просто пересечениям разломов или их зон, а и отмечают рифтогенную природу этих структур.

Горев Н.И. с соавторами в своих работах [Горев, Манаков, Эринчек, 1988; Горев, 1998; и др.] связывает расположение кимберлитовых полей с узлами пересечения зон краевых дислокаций (ЗКД) и секущих зон (СЗ), представленных разломами, пересекающими как стабильные, так и подвижные области. Автор выделяет ряд секущих зон, выходящих из Палеовиллюйского авлакогена – Виллюйчанскую, Укугутскую, Ыгыаттинскую и Среднемархинскую. Пересечения этих зон с Виллюйско-Мархинской зоной краевых дислокаций представляется, по мнению автора, наиболее благоприятным для проявлений алмазоносного магматизма. Локализацию кимберлитовых полей в узлах пересечения палеорифтовых систем с зонами поперечных разломов «трансформного» типа отмечает в своих работах Сафьянников В.И. [Сафьянников В.И., Сафьянников С.В., 1990]. К подобным выводам пришел и Шпунт Б.Р., отмечая, что проявления алмазоносных магматитов тяготеют к точкам пересечения между собой зон краевых дислокаций рифтовых систем, или к местам пересечения вышеуказанных зон с секущими их разломами [Шпунт, 1991].

Колодезников И.И. также указывает приуроченность кимберлитовых полей к линейным грабенам осадочного чехла, которым в кровле фундамента соответствуют вытянутые прогибы, а в кровле мантии валлообразные поднятия [Колодезников, Левашов, Маршинцев и др., 1996]. Эти структуры можно отнести к рифтоподобным элементам (не вполне развитым авлакогенам).

Похожие результаты были получены Герасимчуком А.В и Романовым Н.Н. при анализе тектонической позиции Мирнинского кимберлитового поля и кимберлитовых полей Далдыно-Алакитского района [Герасимчук, Романов, 1990]. Было отмечено, что Мирнинское поле контролируется грабенами Укугутской палеорифтовой системы, а поля Далдыно-Алакитского района расположены в пределах субширотных ответвлений Катанго-Котуйского авлакогена.

Дукардтом Ю.А. и Борисом Е.И. была выдвинута термоблемно-авлакогенная гипотеза кимберлитобразования, в соответствии с которой кимберлитовые поля тяготеют к наиболее древним стабильным блокам фундамента овоидно-кольцевого строения – термоблемам, в пределах которых сохранилась алмазоносная мантия. В соответствии с данной гипотезой алмазоносный потенциал этих структур реализуется, когда термоблема совмещается с зоной динамического влияния авлакогена, и происходит образование кимберлитового поля [Дукардт, Борис, 2000].

Исследованием закономерностей размещения крупномасштабных алмазоносных таксонов – кимберлитовых тел и их кустов – в пределах продуктивных кимберлитовых полей посвящены работы Олейникова Б.В., Ваганова В.И., Фельдмана А.А., Зуева В.М., Молчанова Ю.Д., Саврасова Д.И., Готовцева В.В., Игнатова П.А., Гладкова А.С., Прусаковой Н.А. и др.

Вагановым В.И. на примере Золотицкого куста кимберлитовых тел Зимнебережного поля была разработана модель куста алмазоносных кимберлитовых тел, состоящая из следующих элементов: наличие приподнятого блока фундамента, изометричное малоамплитудное куполовидное поднятие в породах чехла, наличие сближенной пары разломов в породах осадочного чехла, комплексная положительная локальная гравимагнитная аномалия [Ваганов, 2000].

Позднее, Прусаковой Н. А. был предложен еще ряд геолого-геофизических критериев, характеризующих кусты кимберлитовых тел. Было установлено, что кусты кимберлитовых тел контролируются погребенными ареалами базит-гипербазитового магматизма, сочетающимися со «сквозными» зонами повышенной проницаемости кристаллического фундамента и осадочного чехла. Ареалы характеризуются комплексными положительными аномалиями локальных составляющих гравитационного и магнитного полей. Зоны повышенной проницаемости, как правило, выделяются аномалиями горизонтального градиента поля силы тяжести и узкими (единицы км) зонами положительных высокочастотных аномалий магнитного поля и аномалий повышенной электропроводности [Прусакова, 2004].

Существует группа гипотез, связывающая образование кимберлитовых магматитов с диапирами ультраосновного состава в верхней мантии или даже непосредственно в нижней коре, от которых ответвляются отдельные кимберлитовые дайки и трубки [Олейников, Никишов, Ковальский, 1985; Фельдман, 1989].

Рассматривая тектонические факторы контроля отдельных кимберлитовых тел, подавляющее большинство исследователей признает взаимосвязь между их расположением и структурной обстановкой в пределах поля. Тектонический план кимберлитовых полей обычно содержит несколько разноориентированных зон разломов, пликативные структуры высоких порядков, которые, как правило, являются малоcontrastными, и их кимберлитоконтролирующая роль не очевидна.

Так Дукардт Ю.А. и Борис Е.И для Мирнинского кимберлитового поля отмечают приуроченность кимберлитовых тел к узлам пересечения разломов Вилюйско-Мархинской зоны с четырьмя круговыми грабенами, а кустов наиболее алмазоносных тел – к радиальным разломам [Дукардт, Борис, 1998].

Готовцев В.В. и Темников И.А. в своих исследованиях указывают на рудовмещающую роль структур растяжения в сдвиговых зонах глубинных разломов [Готовцев, 1985; Темников, 1990]. Молчанов Ю.Д. и Саврасов Д.И. при изучении дизъюнктивной тектоники Мирнинского кимберлитового поля из трех присутствующих здесь зон разломов северо-восточного, северо-западного и меридионального простирания рудоконтролирующими считают меридиональные разломы Вилюйско-Мархинской зоны [Молчанов, Саврасов, 1985].

Подобные результаты были получены Гладковым А.С. [Гладков, 2008]. Посредством тектонофизического моделирования разломной сети Мирнинского поля, автором было установлено, что кусты кимберлитовых тел в его пределах приурочены к сдвиговым зонам, сформированным в платформенном чехле над субмеридиональными разломами фундамента. Сами же кимберлитовые тела контролируются узлами пересечения разломных нарушений север-северо-восточных и запад-северо-западных направлений.

Зуев В.М. отмечает приуроченность кимберлитовых тел Накынского поля к узлам пересечения тектонических швов север-северо-восточного и юго-юго-западного простирания, а также к местам морфологических осложнений этих швов [Зуев, Безбородов, Черный и др, 1998].

Разработанная Гладковым А.С. структурно-вещественная модель трубки Ньюбинская (Накынное алмазное поле), позволила установить признаки тектонического узла, в пределах которого возможна локализация тел, подобных данному месторождению. Это узел пересечения региональных разломов север-северо-восточного, северо-восточного и восток-северо-восточного направлений, а также локального разлома северо-западного простирания. По мнению автора, наличие разломов трех первых направлений является обязательным [Гладков, 2015].

Специализированное изучение керна поисковых скважин центральной части Накынского поля позволило Игнатову П.А. выделить отдельные кулисообразно расположенные сдвиговые швы кимберлитоконтролирующего нарушения, а также установить закономерности локализации алмазных кимберлитовых тел в зоне Диагонального разлома. Автор отмечает, что все коренные источники алмазов приурочены к окончаниям выделенных сдвиговых швов, к узлам их пересечения с другими нарушениями, а также к флексурным изгибам (pull-apart) [Игнатов, 2015]. Следует отметить, что выделение подобных локальных структур требует довольно плотной сети поисковых скважин, что не позволяет использовать данную методику для слабо изученных бурением площадей.

Таким образом, суммируя вышеизложенное, можно отметить:

1. Структурный контроль кимберлитового магматизма является предметом исследования многих ученых. Особо важное практическое значение в настоящее время приобретают исследования, направленные на выявление закономерностей размещения среднемасштабных и крупномасштабных алмазных таксонов (полей, отдельных кимберлитовых тел и их кустов).

2. Значительная ширина кимберлитоконтролирующих зон (зон краевых дислокаций), а также зон их секущих, при недостаточно уверенном выделении

последних, не позволяет надежно оконтуривать площади ранга кимберлитовое поле на слабоизученных перспективных территориях.

3. Тектонический план территорий с известными коренными источниками алмазов формировался в течение длительного геологического времени, и является продуктом нескольких тектонических эпох предшествующих, сопутствующих и следующих за кимберлитообразованием. В силу чего не все разломы (тектонические элементы), проявленные в современном структурном плане кимберлитовмещающего комплекса, имеют отношение к кимберлитовнедрению. Ранжирование тектонических структур по возрасту, выделение тех, которые сформировались либо были активизированы в среднепалеозойскую эпоху, представляет значительную сложность. Данный вопрос крайне мало освещен в современной геологической науке, слабо разработан, в силу чего недостаточно широко применяется при прогнозировании в практике геологоразведочных предприятий.

4. Выделение участков, благоприятных для локализации кустов кимберлитовых тел, зачастую требует развития плотной поисковой сети, что не всегда целесообразно на новых перспективных территориях.

5. На уточнение и конкретизацию вышеперечисленных структурно-тектонических критериев регионального, среднемасштабного и локального прогноза коренной алмазоносности и направлены исследования, выполненные в рамках данной работы.

ГЛАВА 2. ОСОБЕННОСТИ ТЕКТОНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ РАЗНОМАСШТАБНЫХ АЛМАЗОНОСНЫХ ТАКСОНОВ (МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ)

Целью тектонического анализа при прогнозных исследованиях является выделение структур, контролирующих (вмещающих) кимберлитовые таксоны различного ранга. Масштаб и характерные черты строения выделяемых структур, зависящие от ранга изучаемых кимберлитовых таксонов, обуславливают методику тектонического анализа, которая для каждой стадии прогнозно-поисковых работ имеет свои особенности.

Объектом региональных исследований в рамках настоящей работы является Вилуйско-Мархинская минерагеническая зона, которая пространственно приурочена к северо-западному борту Палеовилуйского авлакогена. Общая протяженность зоны более 800 км, ее ширина на юге 30-50 км, а на севере зона расширяется до 150 км. Входящие в нее разрывные нарушения часто залечены дайками долеритов, преобладающее простирание в южной части зоны близмеридиональное, а в северной части – северо-восточное.

Сводная карта распространения даек Вилуйско-Мархинского пояса, позволившая познать его структуру, была составлена в 1998 г. [Эринчек, Мильштейн, 1998], а, в последствие, при проведении крупномасштабных аэромагнитных и поисковых работ неоднократно уточнялась. Дайки долеритов, заполняющие разломы Вилуйско-Мархинской зоны, входят в так называемый дайковый пояс, обрамляющий Палеовилуйский авлакоген.

Возраст долеритов определен как среднепалеозойский [Масайтис, Михайлов, Селиваноская, 1975; Олейников, Савинов, Погудина, 1973; Олейников, 1979]. Региональной особенностью Вилуйско-Мархинского дайкового пояса является то, что в северо-восточном направлении верхние кромки даек фиксируются на более высоком гипсометрическом уровне. Так в пределах Мирнинского поля все дайки «слепые», их кровля находится на глубине 200-500 м от поверхности, в бассейне р. Вилуй некоторые из них картируются в долине реки, а в Среднемархинском

районе большинство даек выходит на поверхность нижнепалеозойских пород. Протяженность отдельных даек колеблется от 2-3 км до 50-70 км, мощность изменяется от первых метров до 100-150 м. Кроме дайкового комплекса к зоне приурочены интрузии долеритов, залегающие в форме силлов, реже штоков и хонолитов, трубки взрыва, сложенные брекчиями основных пород, базитами со щелочным уклоном и кимберлитами.

Возраст известных кимберлитовых тел северо-западного борта Палеовиллюйского авлакогена большинством исследователей определен как среднепалеозойский (Таблица 1).

В современном эрозионном срезе территории исследований обнажаются геологические образования широкого временного диапазона – от раннего палеозоя до современных (Рисунок 4).

В разрезе земной коры рассматриваемого региона выделяются два структурных этажа: нижний – кристаллический фундамент, сложенный метаморфическими породами архея, и верхний – платформенный чехол, который объединяет осадочные и магматические образования с возрастным диапазоном от рифея до кайнозоя включительно.

Платформенный чехол представлен несколькими структурно-вещественными комплексами (ярусами): рифейским (PR_2^{1-3}), вендско-раннепалеозойским (PR_2^4-S), среднепалеозойским ($D-C_1$), позднепалеозойско-раннемезозойским (C_2-T) и среднемезозойско-кайнозойским ($J-Q$).

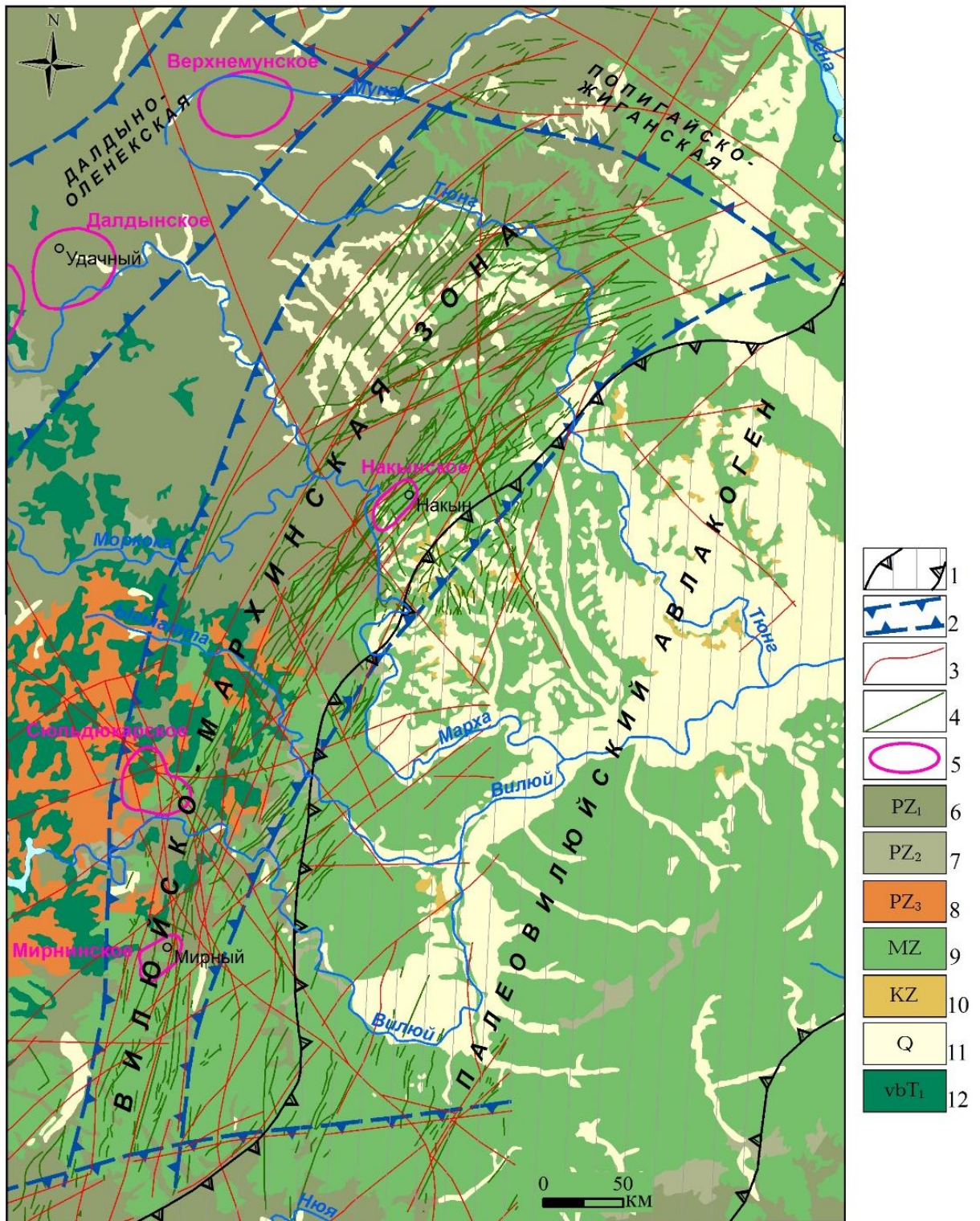
Образования рифейского структурного яруса (конгломераты, доломиты) на территории исследований имеют весьма ограниченное распространение, залегают непосредственно на кристаллическом фундаменте и выполняют отдельные осложняющие его грабенообразные прогибы. В пределах ВММЗ отложения рифея вскрыты Средне-Мархинской нефтеразведочной скважиной 2250. Юго-восточнее исследуемой территории породы этого возраста заполняют рифтогенные структуры Палеовиллюйского авлакогена, где их мощность может достигать 2,5 км.

Отложения венд-раннепалеозойского структурного яруса наиболее широко представлены на территории исследований.

Таблица 1 Сводные данные по изотопным датировкам кимберлитов Мирнинского и Накынского алмазоносных полей [Зайцев, Смелов, 2010].

Кимберлитовое тело	Изотопный возраст, млн. лет	Метод определения возраста	Источник
Мирнинское кимберлитовое поле			
Трубка Мир	361,5	Циркон, U-Pb	1
	358 ±6	Метод треков, циркон	2
	363±7	Rb-Sr изохрона по флогопитам	3
	367±2,4	Циркон, U-Pb	4
Трубка Интернациональная	360	тот же	1
	368±11	Метод треков, циркон	2
Трубка им. 23 съезда КПСС	433±16	тот же	2
Трубка Дачная	358±6	тот же	2
Трубка Гаежная	440±2	Rb-Sr изохрона	ИГАБМ*
	372±3	тот же	ИГАБМ*
	402,8	Циркон, U-Pb	1
	397,9	Метод треков, циркон	2
Трубка Амакинская	352±1	Rb-Sr изохрона	ИГАБМ*
	333±30	тот же	ИГАБМ*
	449,8	Циркон, U-Pb	1
	486±18	Метод треков, циркон	2
Накынное кимберлитовое поле			
Трубка Ботуобинская	365±2	40 Ar/39 Ar (лазерный изотопный анализ)	5
	377±5	тот же	5
	384±10	Rb-Sr изохрона	ИГАБМ*
	364±9	тот же	6
	364±9	Rb-Sr изохрона, флогопит	7
Трубка Нюрбинская	364±5	Rb-Sr изохрона	6
	332	Rb-Sr по валу и слюде	7
	385±8	40 Ar/39 Ar (лазерный изотопный анализ)	5
	369±9	40 Ar/39 Ar (лазерный изотопный анализ)	5
	396±8	K- Ar, порода	8

1 – Девис и др. (1980), 2 – Комаров, Илупин (1990), 3 – Журавлев и др. (1985), 4 – Левченков и др. (2005), 5 – Зайцев и др. (2001), 6 – Агашев и др. (2004), 7 – Agashev et. al. (1998), 8 – Саблуков и др. (2007) * Изотопные датировки, выполненные в Институте геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск



Условные обозначения: 1 – Палеовиллюйский авлакоген, 2 – зоны разломов; 3 – основные разломы, выделенные геолого-геофизическими методами; 4 – дайки долеритов; 5 – алмазоносные кимберлитовые поля; 6-12 – выходы на поверхность разновозрастных геологических образований: 6 – карбонатные и терригенно-карбонатные образования раннепалеозойского возраста, 7-11 – терригенные породы среднепалеозойского (7), позднепалеозойского (8), мезозойского (9), кайнозойского (10) возраста, в том числе и четвертичные отложения (11), 12 – площади широкого развития пород траптовой формации.

Рисунок 4 – Упрощенная геологическая схема северо-западного борта Палеовиллюйского авлакогена (составлена автором по материалам ВГРЭ и НИГП).

Породы временного диапазона от венда до кембрия включительно являются кимберлитовмещающими для алмазоносных тел Мирнинского кимберлитового поля, а литифицированные отложения временного интервала венд-ордовик вмещают кимберлитовые тела Накынского и Сьюльдюкарского алмазоносных полей. Образования силура на территории ВММЗ имеют весьма ограниченное распространение и в пределах известных кимберлитовых полей не выявлены.

Вещественный и формационный состав этих пород изучен по данным геологосъемочных работ и многочисленных поисковых и структурных скважин, пробуренных геологоразведочными подразделениями АК «АЛРОСА» (Рисунок 5).

Осадочные образования среднепалеозойской эпохи в пределах кимберлитовых полей не обнаружены, на территории ВММЗ встречаются весьма ограниченно – к северо-западу от Мирнинского кимберлитового поля и на юго-восточном фланге зоны по долинам крупных рек – Вилюя, Мархи и Ыгыатты.

Кимберлитоперекрывающими для известных кимберлитовых тел ВММЗ являются породы позднепалеозойско-раннемезозойского (в пределах Сьюльдюкарского поля) и среднемезозойско-кайнозойского (для Мирнинского и Накынского кимберлитовых полей) структурных ярусов. Литологический состав и краткая характеристика пород перекрывающего комплекса отражены на рисунке 5.

При среднемасштабных прогнозных построениях объектом исследований являются кимберлитовые поля, а при крупномасштабных – кусты кимберлитовых тел и отдельные кимберлитовые тела (месторождения алмазов). Предметом тектонических исследований, направленных на выявление структур, контролирующих проявления кимберлитового магматизма на северо-западном борту Палеовилюйского авлакогена, служит нижнепалеозойский комплекс пород, вмещающий алмазные месторождения. Связано это с тем, что в пределах продуктивных кимберлитовых полей Вилюйско-Мархинской зоны, как было отмечено ранее, отложения среднепалеозойского возраста, синхронные кимберлитовнедрению, отсутствуют.

Эра/эпоха	Система	Индекс	Литологическая колонка	Мощность м	Характеристика пород
Кайнозой	квартерная	Q		до 15	Пески, галечники, глины.
Мезозойская	юрская	J		до 250	Пески с прослоями и линзами галечников известковистых песчаников, алевролитов и аргиллитов. Прослой бурых углей. Брекчии и гравелито-брекчии.
	триасовая	T		до 130	Алевролиты, песчаники, реже брекчии и конгломераты. Туфы основного состава, туфопесчаники, туффиты.
ПАЛЕОЗОЙСКАЯ	пермская	P		до 80	Пески, песчаники с прослоями аргиллитов.
	каменноугольная	C		до 80	Пески, песчаники, алевролиты, аргиллиты с прослоями гравия.
	девонская	D		до 160	Красноцветные аргиллиты, алевролиты, мергели, глинистые доломиты, известняки с прослоями гипса, туфов и туффитов.
	силурийская	S		до 175	Известняки, доломиты, мергели, алевролиты серые.
	ордовикская	O		до 350	Долмиты, мергели, алевролиты, аргиллиты, реже песчаники кварцевые, известняки органогенные.
	кембрийская	Є		до 2510	Известняки и доломиты серые и пр. мелкозернистые. Мергели, аргиллиты. Пласты каменной соли.
Протерозой	вендская	V		до 515	Долмиты, известняки, мергели, аргиллиты, гравелиты, алевролиты с прослоями песчаников, доломитов и мергелей
Архей		AR			Гнейсы, кристаллические сланцы.

- ① Кимберлиты среднепалеозойские, трубки взрыва, жилы
 ② Долериты среднепалеозойские, дайки, силлы
 ③ Долериты раннетриасовые, силлы, дайки, покровы

Рисунок 5 – Обобщенная стратиграфическая колонка площади ВММЗ (составлена по материалам ВГРЭ и НИГП).

Многочисленными исследованиями установлено, что кимберлитовые поля приурочены к краевым частям стабильных блоков и располагаются в узлах пересечения разнонаправленных разломных зон (линеаментов) [Харькив, Зинчук, Крючков, 1998; Горев, 2005; Горев, Герасимчук, 2017; Антипин И.Ин., Антипин И.И., 2018 и др.]. Такая тектоническая позиция обусловила две наиболее характерные особенности строения кимберлитовых полей – широкое развитие в их пределах разновозрастных пликативных и дизъюнктивных дислокаций, в следствие многократной активизации разломных зон, но при этом незначительные амплитуды сформированных здесь тектонических структур, в виду слабой контрастности тектонических движений, что характерно для платформенных областей.

Следствием приуроченности кимберлитовых полей к стабильным блокам, как уже отмечалось выше, стала слабая контрастность проявленных в их пределах как пликативных, так и дизъюнктивных дислокаций. Углы падения пород платформенного чехла в кимберлитовых полях ВММЗ редко превышают 1° , а амплитуды разломных нарушений составляют первые метры, реже десятки метров.

Среди тектонических элементов территории исследований в верхней части нижнепалеозойского разреза широко представлены слабоконтрастные линейные структуры отрицательного знака, длина которых, зачастую в десятки раз, превышает их ширину. При ширине 2-3 км их протяженность может составлять до 40-50 км. При этом амплитуда их невелика. Как правило, она не превышает 80-100 м. Этими структурами в осадочном чехле проявлены разломы ВММЗ и секущих зон. В пределах известных кимберлитовых полей подобные структуры детально изучены высокоточными геофизическими съемками, по результатам которых установлено, что они включают в себя как пликативные, так и дизъюнктивные дислокации (Рисунок 6).

В практике поисковых и геологоразведочных работ они получили название грабенов сложного строения, либо грабенообразных прогибов. В соответствии с [Геологический словарь, 2011] под *грабенообразным прогибом* мы понимаем «линейный в плане прогиб с крутыми бортами, иногда осложненными флексурами

или даже разрывами и поэтому имеющий корытообразную форму в поперечном сечении, характерную для грабенов».

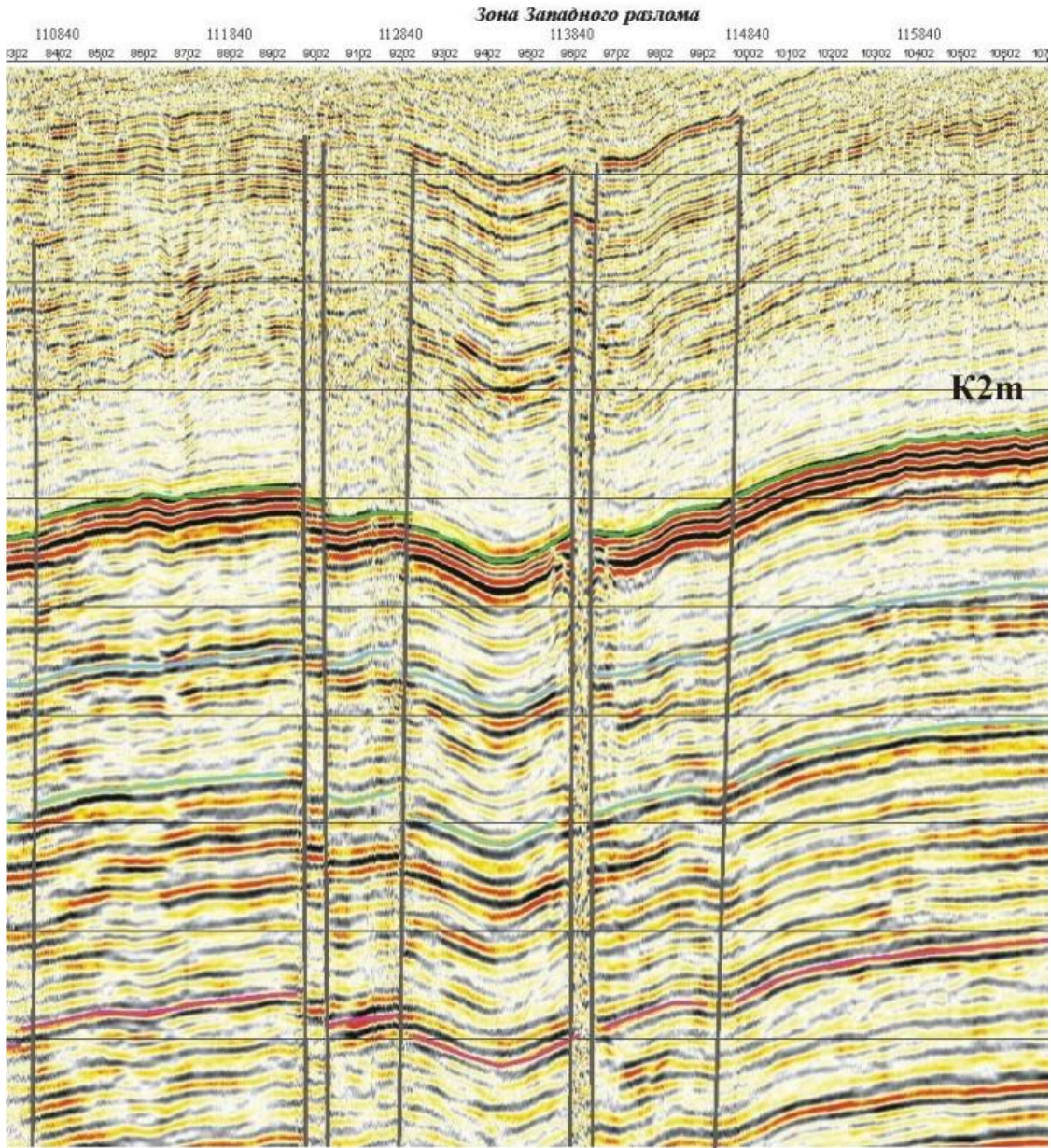


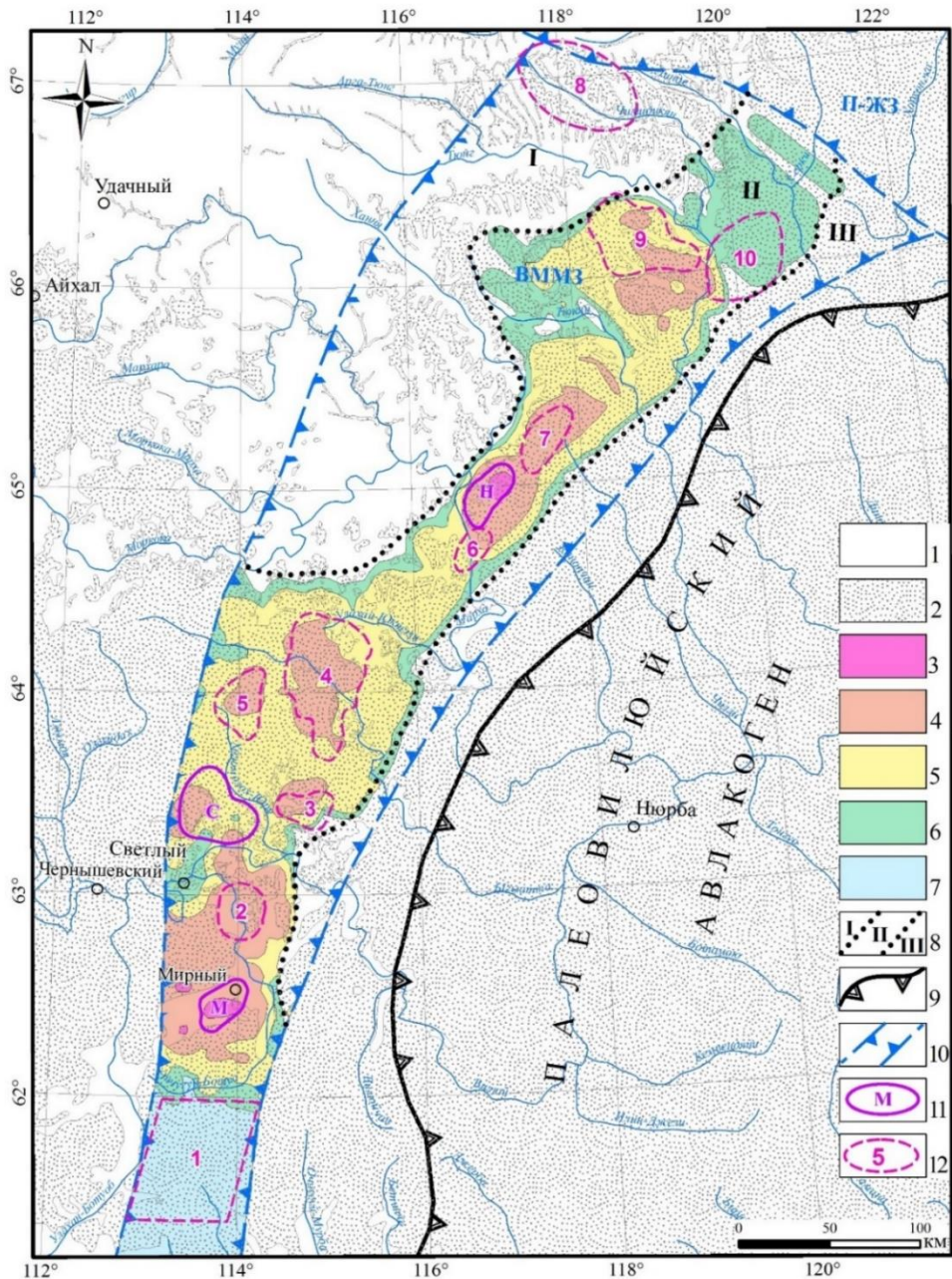
Рисунок 6 – Строение зоны Западного разлома по данным высокочастотной сейсморазведки (фрагмент временного разреза) [Трофимов и др., 2008ф].

На новых перспективных территориях, в силу их недостаточной изученности высокоточными геофизическими методами, внутреннее строение подобных структур зачастую неизвестно. Поэтому для их обозначения в данной работе применен термин *тектонические прогибы*, или просто *прогибы*. *Тектонические прогибы* – это общее название любых прогибов или опусканий земной коры линейной формы, созданных тектоническими движениями [Хаин, 1973].

Поверхностными геологическими съемками подобные грабенообразные структуры практически не фиксируются. Для картирования таких слабоконтрастных нарушений необходимо составление высокоточных структурных карт, отражающих все незначительные нюансы строения исследуемых территорий.

Составление таких карт стало возможным благодаря детальному стратиграфическому расчленению кимберлитовмещающего разреза на отдельные слои и ритмопачки. Такое более детальное разделение пород верхней части осадочного чехла в настоящее время проводится геолого-геофизической службой АК «АЛРОСА». Основой для стратиграфического расчленения служат данные геофизических исследований скважин (ГИС) в комплексе с их керновым опробованием, которые повсеместно сопровождают буровые работы. Возможность использования геофизических исследований в скважинах для стратиграфического расчленения осадочных толщ базируются на регистрации физических полей в массивах горных пород. Отложения, различающиеся по литологическому составу, фациальным условиям образования, фиксируются в геофизических полях определенными количественными и качественными характеристиками, позволяющими с высокой точностью выделять их в разрезе и коррелировать их между собой. Для всей территории ВММЗ геолого-геофизической службой АК «АЛРОСА» составлены опорные разрезы, благодаря которым для выполнения тектонических построений возможно привлечение не только данных глубоких структурно-картировочных скважин, но и поисковых буровых выработок, углубка которых в кимберлитовмещающие породы незначительна.

Изученность бурением площади ВММЗ неравномерна (Рисунок 7). Северный и северо-западный фланги зоны, где кимберлитовмещающие породы нижнего палеозоя выходят на дневную поверхность или перекрыты маломощным покровом четвертичных отложений, достаточно полно изучены поверхностными поисковыми маршрутами и легкими горными работами.



Условные обозначения: 1-2 – типы поисковых площадей: 1 – открытые для поисков, 2 – закрытые для поисков; 3-6 – изученность алмазопромышленным бурением (плотность сети поисковых скважин): 3 – сеть 250×250 м и детальнее, 4 – сеть 1×1 км и детальнее, 5 – сеть 4×4 км и детальнее, 6 – сеть 8×8 км; 7 – южный фланг ВММЗ, изученный нефтеразведочными скважинами; 8 – области ВММЗ с различной степенью изученности для структурных построений: I – открытые, слабо изученные для структурных построений, II – изученные достаточно для выполнения структурных построений, III – закрытые, слабо изученные для структурных построений; 9 – Палеовиллюйский авлакоген; 10 – Вилуйско-Мархинская минерагеническая зона; 11 – продуктивные кимберлитовые поля (Н – Накынское, М – Мирнинское, С – Сюльдюкарское); 12 – прогнозируемые кимберлитовые поля и перспективные площади (1 – Верхнемурбайская; 2 – Бахчинское, 3 – Утунинское, 4 – Ыгыатинское, 5 – Кютерское, 6 – Южно-Накынское, 7 – Верхненакынское, 8 – Чимидикянское, 9 – Салакутское, 10 – Юлэгирское)

Рисунок 7 – Схема районирования по условиям ведения поисковых работ и изученности бурением ВММЗ (составлена по материалам ВГРЭ и НИГП).

На основании имеющегося фактического материала нет объективных предпосылок для выделения в пределах открытых территорий площадей, перспективных на коренные источники алмазов. В настоящее время поисковые работы этих территориях не ведутся. Расчленение нижнепалеозойского разреза методами ГИС здесь проводилось по единичным редко расположенным нефтеразведочным скважинам с низкой степенью детальности, что не позволяет осуществлять точные структурные построения на данные территории.

Внутренняя часть зоны, прилегающая к авлакогену, как и открытые территории, изучена отдельными скважинами или редкими профилями по нерегулярной сети и в настоящее время так же, как и северо-западный фланг, исключена из опоискования. Эти области ВММЗ также обладают низким прогнозным потенциалом. Связано это, во-первых, со значительной мощностью отложений, перекрывающих нижнепалеозойский кимберлитовмещающий комплекс. Мощность покровных отложений на большей части этих территорий превышает 200 м, что находится за порогом экономической целесообразности поисков. Вторая причина низкой прогнозной значимости внутренних территорий ВММЗ – сильная тектоническая нарушенность этих площадей. Амплитуды смещения нижнепалеозойских пород по разрывным нарушениям в этой части зоны весьма значительны, и достигают 100-200 и более метров. Данных для точных структурных построений тут тоже недостаточно.

В настоящее время основные перспективы открытия коренных алмазных месторождений геологи связывают с закрытыми и полужакрытыми территориями в центральной части зоны и на ее западном фланге, где и сосредоточен основной объем алмазопоисковых, в том числе и буровых, работ.

Наиболее детально опоискованы территории алмазосных полей – Мирнинского, Накынского и Сюльдюкарского. Здесь плотность поисковых скважин составляет 2×1 км и более. Центральные области ВММЗ опоискованы по сети 4×2 км и детальнее. Фланги изучены слабее. На северо-востоке реализована сеть 8×2 км, а южная оконечность зоны специализированными на алмазы буровыми работами с комплексом ГИС практически не охвачена.

Для выполнения структурных построений на эту часть территории были использованы данные по нефтеразведочным скважинам, пройденным по нерегулярной сети, проходка которых, так же, как и алмазопроисковых, сопровождалось комплексом геофизических исследований (Рисунок 7).

Расположение кимберлитовых полей в узлах пересечения разломных зон обусловило сложный структурный план кимберлитовых полей. В геологической истории алмазоперспективных территорий, в том числе и Вилуйско-Мархинской зоны, при общей унаследованности развития основных структур происходила неоднократная смена геотектонических режимов, эпох седиментации и денудации, тектономагматической активизации, оставивших свой след в строении этих площадей. Для территории ВММЗ, где известные кимберлитовые тела имеют среднепалеозойский возраст, наибольший прогнозный интерес могут представлять структуры, сформировавшиеся, либо активизированные в среднем палеозое. Не менее важным вопросом является разделение тектонических структур на эндогенные и экзогенные, поскольку очевидно, что последние только усложняют современный структурный план, но к кимберлитообразованию отношения не имеют.

Классифицировать структуры на эндогенные и экзогенные, а также ранжировать пликативные и отчасти дизъюнктивные тектонические структуры по возрасту помогает совместный анализ структурно-тектонических и палеотектонических карт.

Методика и принципы комплексной интерпретации структурно-тектонических и палеотектонических карт разработаны и подробно изложены во многих работах [Кабышев, 1987; Горев, 1999; Горев, Герасимчук, 2017 и др.]. Для анализа строения верхней части платформенного чехла Вилуйско-Мархинской зоны нами использованы структурно-тектонические карты, палеотектонические карты (карты остаточных мощностей) и карты рельефа кровли нижнепалеозойских (кимберлитовмещающих) пород.

Структурно-тектоническая карта дает представление о современном тектоническом плане исследуемой территории путем анализа положения (уровня

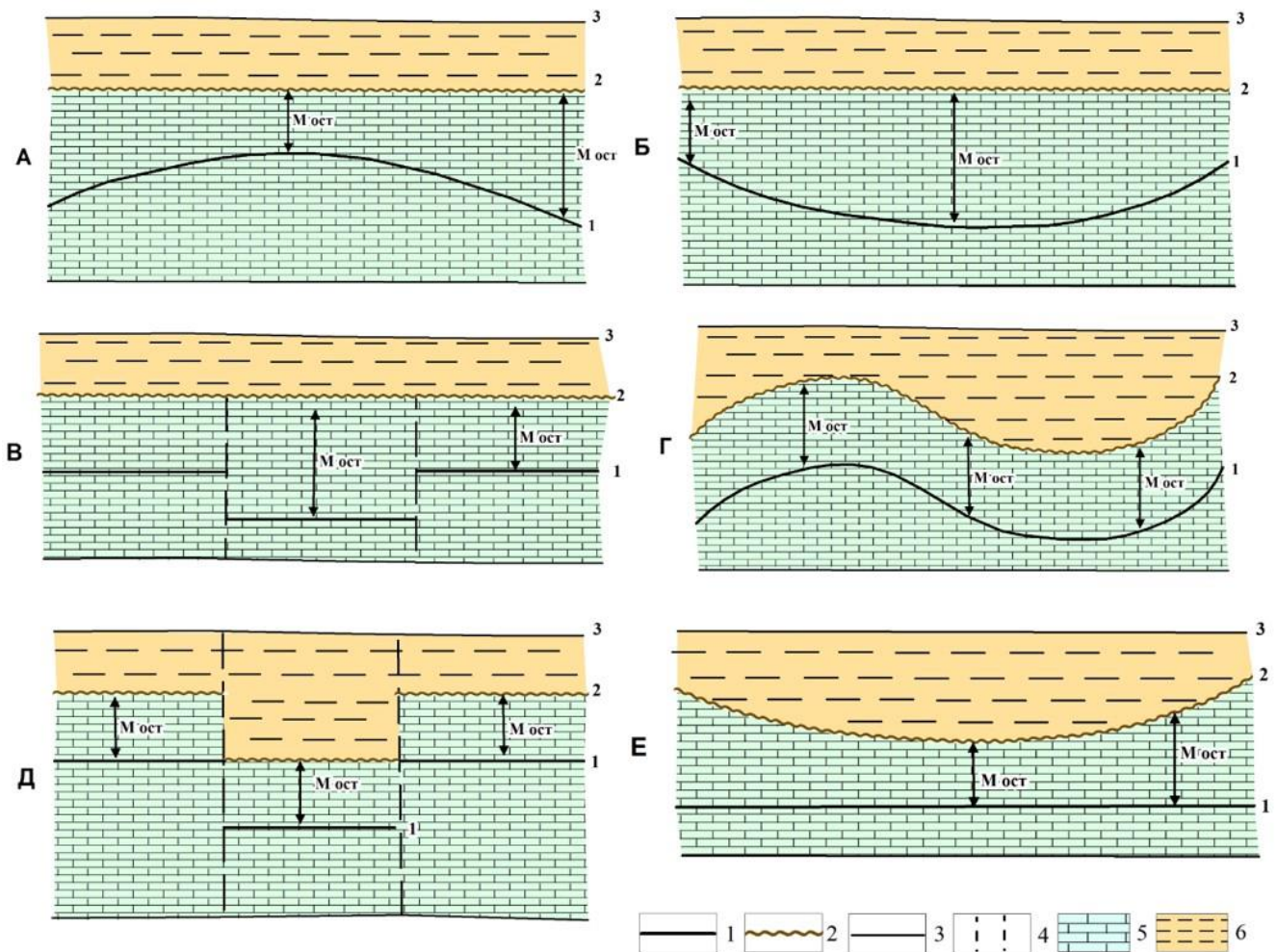
залегания, выраженного в абсолютных отметках) выбранной стратиграфической поверхности – реперного горизонта. При условии достаточно глубокого положения в разрезе маркирующего (реперного) горизонта, исключающего его выведение в область развития эрозионных процессов, на структурно-тектонической карте отражены только эндогенные структуры, образованные после формирования картируемой поверхности.

На палеотектонической карте в изопахитах отражается полная мощность отложений исследуемого временного интервала. По ней можно судить о преобладающих тектонических движениях (нисходящих или восходящих), имевших место синхронно с процессом седиментации, а также об их амплитуде.

Учитывая слабоконтрастные идентификационные характеристики литологических слоев в разрезе перекрывающих пород, вследствие значительной эродированности захороняющего комплекса, трудно (а порой и невозможно) выбрать и проследить по латерали реперный горизонт для построения классических палеотектонических карт. В таких случаях для анализа привлекались карты остаточных мощностей, на которых отражается не полная, а остаточная (сохранившаяся от размыва) мощность нижнепалеозойских отложений. Она определялась как разность между положением кровли нижнепалеозойских отложений (денудационной поверхностью) и кровлей маркирующего горизонта. В пределах северо-западного борта Палеовиллюйского авлакогена процессу захоронения кимберлитовмещающего комплекса предшествовал процесс его пенеппенизации (выравнивания). Карты остаточных мощностей, в отличие от классических палеотектонических карт, не несут информации о былой мощности эродированных толщ. Поэтому при анализе тектонических движений могут дать только качественную их характеристику (поднятие или опускание), но не дают информации об их истинной амплитуде. Также на картах остаточных мощностей находят свое отражение и эрозионные структуры, поэтому для разбраковки отраженных на них структур на эндогенные и экзогенные привлекались карты рельефа кровли нижнепалеозойских пород. В рельефе кровли нижнего палеозоя отражаются как экзогенные структуры, сформированные ко времени ее

захоронения более молодыми осадками, так и эндогенные структуры, обусловленные тектоническими движениями последующих эпох.

Основные принципы палеотектонического анализа охарактеризованного комплекта карт таковы. Если тектонический элемент не проявлен в рельефе кровли нижнепалеозойских пород, то он имеет возраст более древний, чем время захоронения кимберлитовмещающего комплекса (Рисунок 8 А, Б, В) – доверхнепалеозойский или доюрский, в зависимости от возраста базальных горизонтов покровных отложений.



Условные обозначения: 1 – стратиграфический (реперный) горизонт нижнего палеозоя; 2 – кровля нижнепалеозойских пород; 3 – дневная поверхность; 4 – разломные нарушения; 5 – комплекс карбонатных нижнепалеозойских пород (кимберлитовмещающий); 6 – теригенные породы верхнего палеозоя – кайназой (кимберлитоперекрывающие)

Рисунок 8 – Схема, поясняющая принципы комплексной интерпретации тектонических карт по [Горев, 1999].

Структуры положительного знака характеризуются повышением положения реперного горизонта и пониженными остаточными мощностями нижнепалеозойских отложений (Рисунок 8 А). Структуры отрицательного знака – наоборот, картируются повышенной остаточной мощностью и пониженным положением реперной поверхности (Рисунок 8 Б).

Если структура не проявлена на карте остаточных мощностей (остаточная мощность неизменна), но при этом она выделяется повышением (понижением) абсолютных отметок кровли реперного пласта и кровли кимберлитовмещающего основания, то это свидетельствует о тектоническом характере данной структуры и ее более поздним, по отношению к моменту захоронения поверхности нижнепалеозойских пород, временем формирования (Рисунок 8 Г, Д). Если структура характеризуется понижением абсолютных отметок кровли кимберлитовмещающей толщи, а также уменьшенной остаточной мощностью кимберлитовмещающих отложений при горизонтальном (моноклинальном) положении реперного горизонта, то такая структура является эрозионной и представляет собой погребенную речную долину (Рисунок 8 Е).

Таким образом, с помощью комплексного анализа трех вышеохарактеризованных карт были получены сведения о тектонических и эрозионных процессах, формировавших облик исследуемой территории, а также о возрасте структур, картируемых в пределах ВММЗ.

В последние годы, при проведении ретроспективного анализа погребенных алмазоносных площадей в НИГП начали применяться палеотектонические карты нового поколения, составленные по другому принципу. Они дают возможность выполнять палеотектонический анализ не по комплекту карт, как это было продемонстрировано выше, а на основе одной карты. Такой картой является палеотектоническая карта кимберлитовмещающих отложений на нижнеюрское (тюнгское) время, составленная на площадь Накынского кимберлитового поля. На ней в изопахитах отражена суммарная мощность сохранившихся от размыва рудовмещающих нижнепалеозойских отложений (остаточная мощность) и нижнеюрской толщи перекрывающих пород (от цоколя и до кровли тюнгской

свиты). Составление подобных карт стало возможным благодаря применению компьютерных технологий, поскольку в обработку вовлекаются большие массивы цифровой информации. Данная карта отражает строение рудовмещающей толщи (положение картируемого реперного горизонта – кровли кембрия) на раннеюрское время. То есть, она, в отличие от карты остаточной мощности, позволяет исключить посттунгские дислокации, а также нижнеюрскую эрозионную составляющую. Учитывая слабоконтрастные тектонические движения в верхнем палеозое и мезозое на площади Накынского поля, данная карта дает возможность приблизиться к решению основной задачи – выделению среднепалеозойской тектонической составляющей.

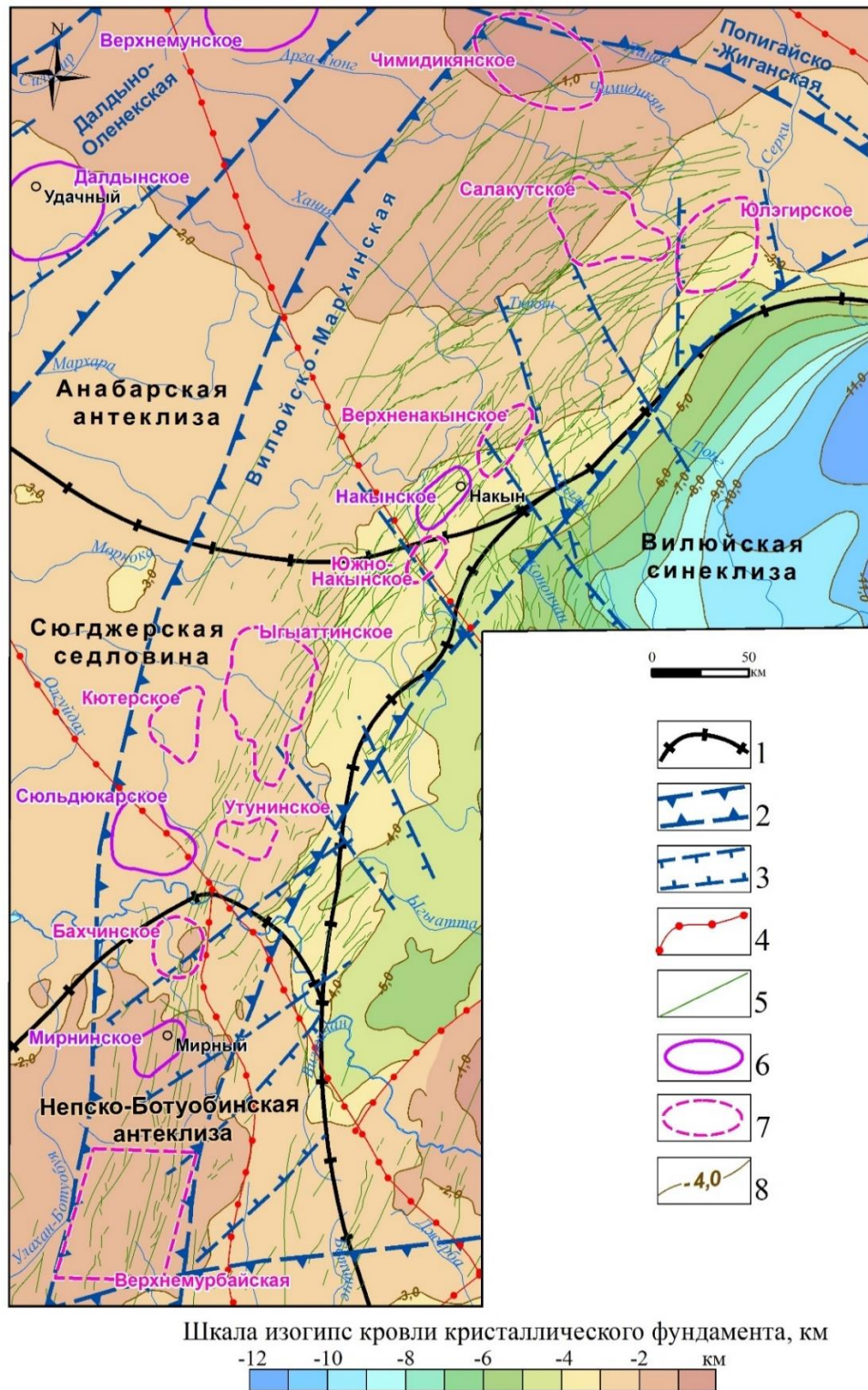
ГЛАВА 3. СТРУКТУРНАЯ ПОЗИЦИЯ АЛМАЗОНОСНЫХ КИМБЕРЛИТОВЫХ ПОЛЕЙ ВИЛЮЙСКО-МАРХИНСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Вилюйско-Мархинская зона разломов считается рудоконтролирующей структурой, поскольку к ней приурочены три известных кимберлитовых поля: Мирнинское, Накынское и Сюльдюкарское.

ВММЗ в современном региональном тектоническом плане представляет собой область сочленения платформенных структур: Анабарской антеклизы, Сюгджерской седловины и Непско-Ботуобинской антеклизы с Вилюйской синеклизой (Рисунок 9). Ее строение осложнено секущими зонами разломов, выходящими из Палеовилюйского авлакогена: Джункун-Хампинской, Средне-Мархинской и другими.

Зона неоднократно становилась предметом всесторонних исследований [Масайтис и др, 1975; Дукардт, Борис, 1996; Зуев, Безбородов, Черный и др., 1998; Горев, 1998; Кондратьев, Горев, 2005; Евстратов, Проценко, 2013; Константинов, 2014; Коробков, Проценко, Коробкова, 2015; Горев, Новопашин, Герасимчук и др., 2016; и др.], целью которых являлось выявление тектонических критериев новых кимберлитовых полей, а также выяснение геодинамических и других особенностей развития кимберлитового и базитового магматизма [Киселев, Егоров, Масловская, 2002].

За два последних десятилетия, в ходе выполнения алмазопромысловых работ, накоплен большой объем фактического материала по стратиграфическому расчленению кимберлитовместящих отложений территории ВММЗ, который позволил в рамках данной работы уточнить и актуализировать выполненные ранее структурные построения для известных кимберлитовых полей и отдельных перспективных площадей ВММЗ, составить структурно-тектонические и палеотектонические карты на всю территорию Вилюйско-Мархинской зоны, включая и ее фланги.



Условные обозначения: 1 – контуры региональных платформенных структур; 2 – контуры региональных зон разломов I порядка; 3 – секущие зоны разломов II порядка; 4 - региональные разломы древнего заложения, разделяющие крупные блоки фундамента; 5 – разломы, сопровождаемые мощными дайками среднепалеозойских долеритов; 6 – продуктивные кимберлитовые поля; 7 – прогнозируемые кимберлитовые поля и перспективные площади; 8 – изолинии поверхности кристаллического фундамента, км

Рисунок 9 – Обзорная тектоническая схема ВММЗ (составлена автором по материалам НИГП и ВГРЭ).

Предметом настоящих исследований стала верхняя часть нижнепалеозойских кимберлитовмещающих отложений, наиболее полно изученная поисковым бурением.

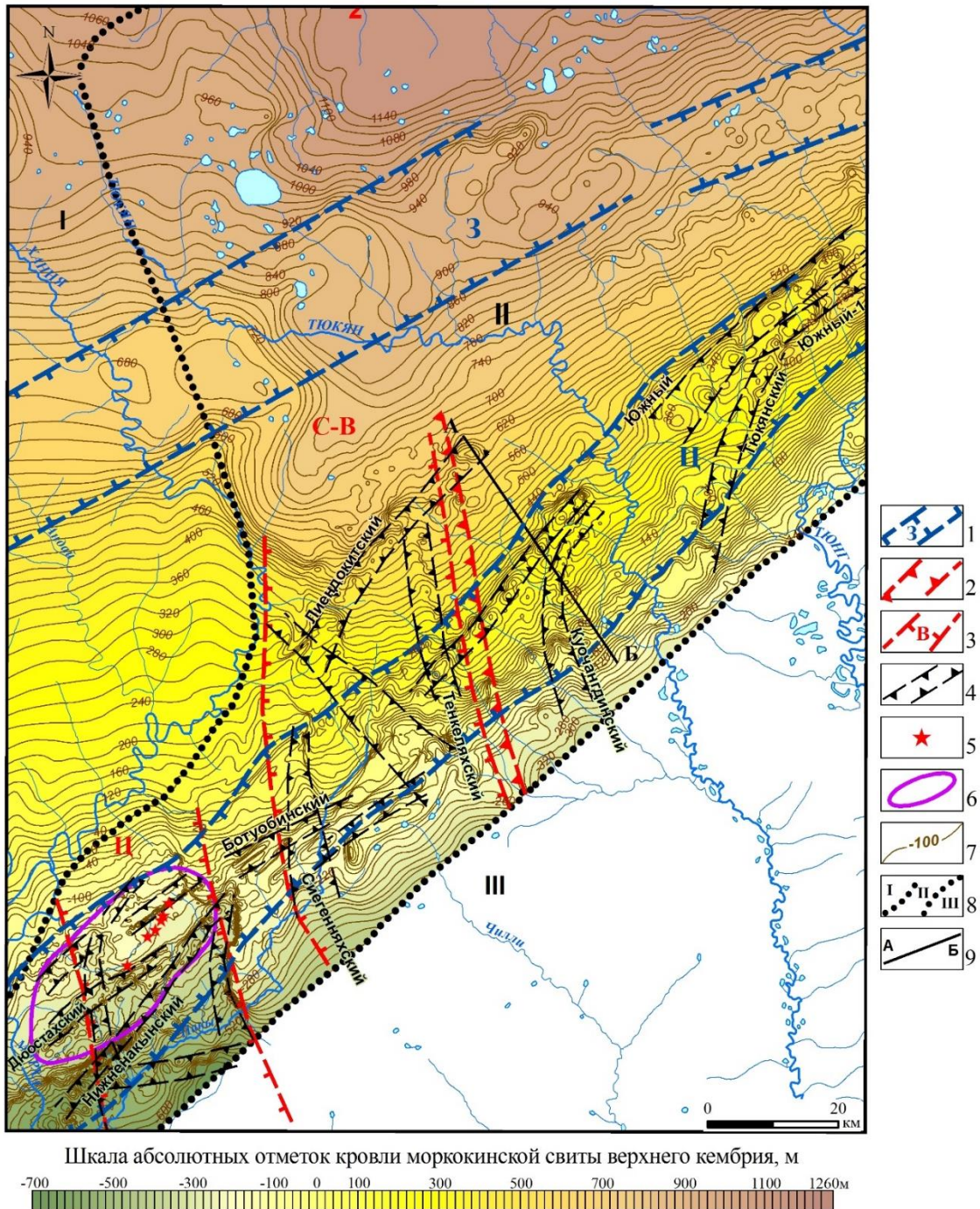
3.1. Общий региональный план Виллойско-Мархинской минерагенической зоны

Высокоточные структурно-тектонические карты масштаба 1:200 000, построенные в рамках проведенных исследований, позволили изучить строение нижнепалеозойского комплекса пород в пределах ВММЗ, проследить и охарактеризовать ее латеральную зональность.

В связи со значительной протяженностью зоны, а также в связи с ее приуроченностью к бортам надпорядковых платформенных структур, характеризующихся различным эрозионным срезом нижнепалеозойских пород (Анабарской и Непско-Ботубинской антиклиз, Сюгджерской седловины), для анализа тектоники кимберлитовмещающего комплекса в разных частях зоны были выбраны различные реперные горизонты.

Строение северо-восточного фланга Виллойско-Мархинской зоны (пространственно междуречье рр. Марха-Тюнг), приуроченного к области сочленения южного борта Анабарской антеклизы с Виллойской синеклизой, было изучено по кровле моркокинской свиты верхнего кембрия (контакт геофизических слоев 31 и 31а), которая легко выделяется в разрезе по смене пестроцветных терригенно-карбонатных формаций красноцветными карбонатно-терригенными. Этот гипсометрический уровень наиболее часто встречается в разрезе скважин и легко узнаваем на каротажных диаграммах.

Северо-восточный фланг ВММЗ в современном структурном плане кимберлитовмещающей толщи представляет собой моноклираль, где пласты пород нижнего палеозоя погружаются на юго-восток под углом около 1° (Рисунок 10).



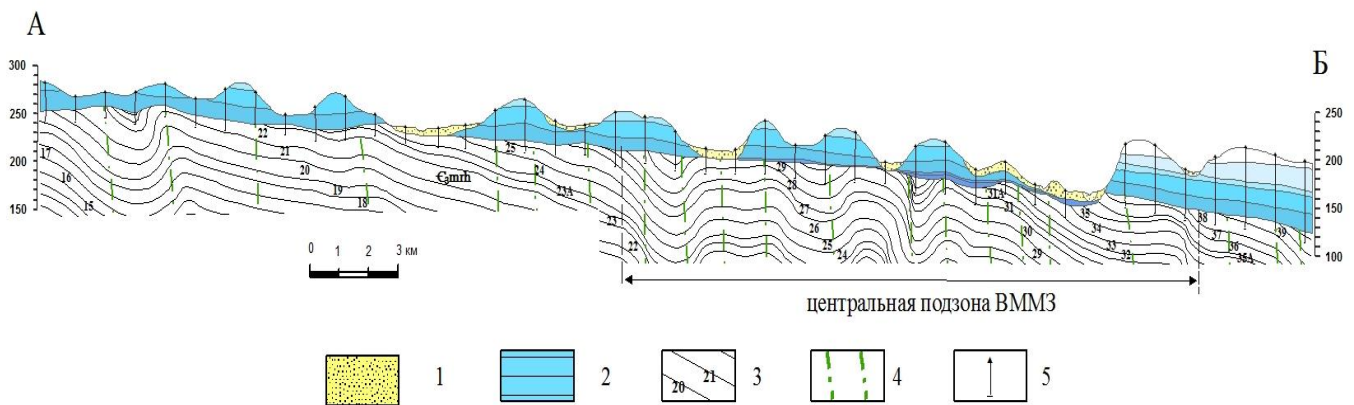
Условные обозначения: 1-3 – зоны разломов: 1 – подзоны ВММЗ: з – западная, ц – центральная; 2 – Среднемархинская секущая зона (СМЗ); 3 – ветви СМЗ: ц – центральная, с-в – северо-восточная; 4 – грабенообразные прогибы в структуре нижнепалеозойских пород; 5 – кимберлитовые тела; 6 – Накынское кимберлитовое поле; 7 – стратоизогипсы кровли моркокинской свиты, м; 8 – области ВММЗ с различной степенью изученности буровыми работами: I – открытые, слабо изученные для структурных построений, II – изученные достаточно для выполнения структурных построений, III – закрытые, слабо изученные для структурных построений; 9 – линия разреза АБ

Рисунок 10 – Структура нежнепалеозойских отложений северо-восточной части ВММЗ (составлена автором по материалам ВГРЭ и НИГП).

На отдельных участках пологонаклонное залегание слоев сменяется практически горизонтальным, где падение пород в сторону Вилуйской синеклизы не превышает десятых долей градуса ($0,1-0,5^\circ$), образуя в структуре нижнепалеозойских пород выположенные террасовидные площадки.

Подобные участки в осевой (центральной) части ВММЗ образуют практически непрерывную полосу шириной около 20 км и протяженностью в пределах рассматриваемого фрагмента Вилуйско-Мархинской зоны порядка 300 км [Горев, Герасимчук, Проценко и др., 2011].

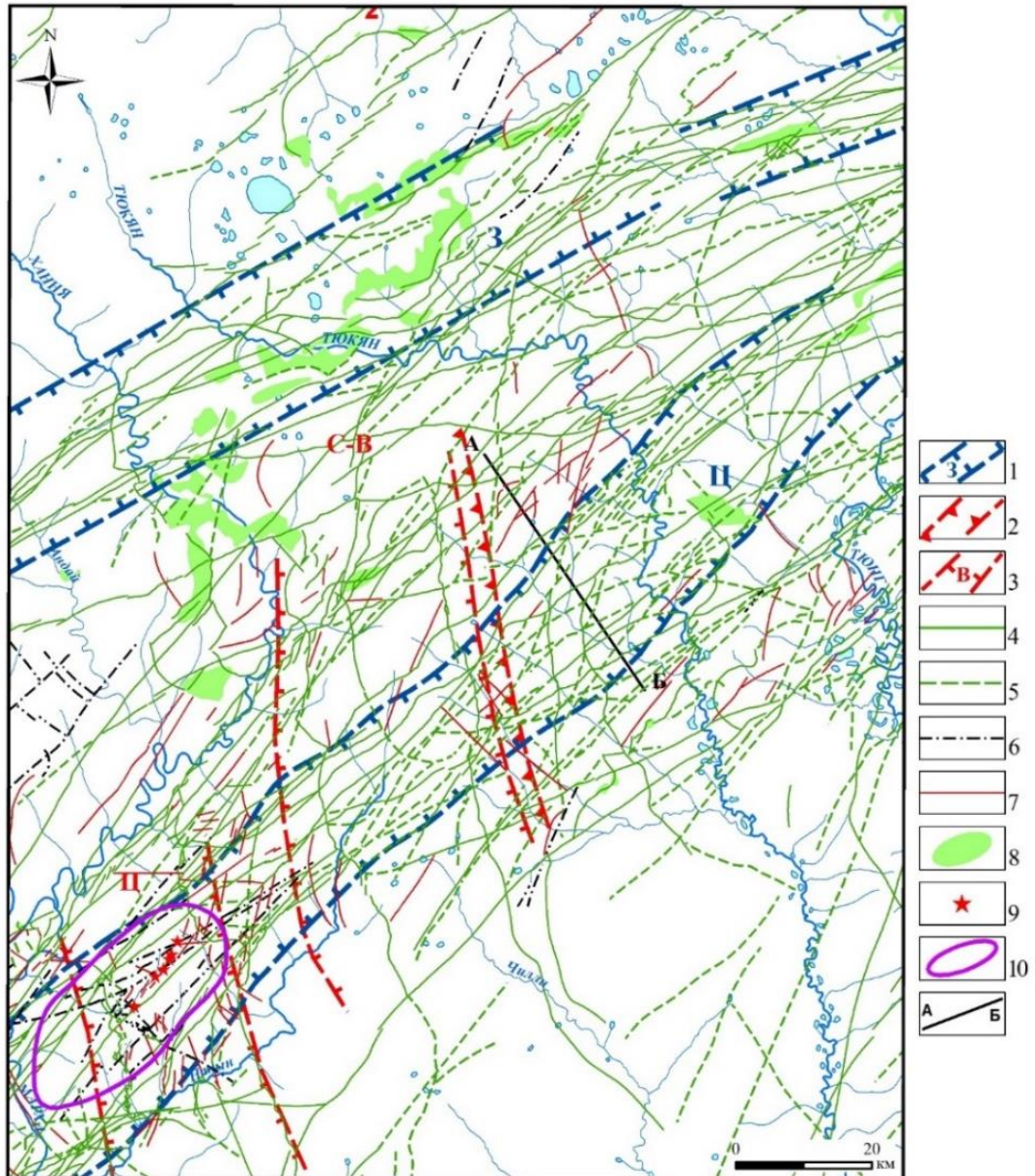
В структуре нижнепалеозойских отложений центральная часть зоны выделяется широким развитием пликативных дислокаций, в первую очередь, линейных прогибов (грабенов), а также изометричных, брахиформных синклинальных и антиклинальных складок, структурных мысов, желобов, часто осложненных разрывными нарушениями (Рисунок 11).



Условные обозначения: 1 – четвертичные отложения; 2 – терригенные отложения нижней юры, расчлененные на свиты, подсвиты; 3 – терригенно-карбонатные породы верхнего кембрия и номера геолого-геофизических пластов; 4 – разломы, выполненные дайками среднепалеозойских долеритов; 5 – скважины колонкового бурения

Рисунок 11 – Схематический геолого-геофизический разрез по линии А-Б рисунка 10 [Горев, Герасимчук, Проценко и др., 2011].

Следует отметить, что в центральной части ВММЗ по данным АМС фиксируется большое количество разломных нарушений, залеченных дайковыми телами. Здесь на отдельных пересечениях фиксируется до 10 разрывных нарушений (Рисунок 12).



Условные обозначения: 1-3 – зоны разломов: 1 – подзоны ВММЗ: з – западная, ц – центральная; 2 – Среднемархинская секущая зона (СМЗ); 3 – ветви СМЗ: ц – центральная, с-в – северо-восточная; 4-6 разломные нарушения ВММЗ, в том числе: 4 – выполненные мощными протяженными дайками, 5 – заполненные маломощными непротяженными дайками, 6 – фрагментарно залеченные маломощными кулисообразными дайками; 7 – предполагаемые по геолого-геофизическим данным; 8 – пластовые интрузии долеритов; 9 – кимберлитовые тела; 10 – Накынское кимберлитовое поле; 11 – линия разреза АБ

Рисунок 12 – Схема разломных нарушений и магматических проявлений северо-восточного фланга ВММЗ (составлена автором по материалам ВГРЭ и НИГП).

По данным буровых работ по кинематике разломы наиболее часто представляют собой сбросы, реже – взбросы и сдвиги, причем опущены, как правило, юго-восточные крылья. Амплитуды перемещения пород нижнего

палеозоя по разломам, как и амплитуды складок, варьируют от 10 – 30 до 50 – 70 м, редко больше, поперечные размеры пликативных структур составляют в основном 2 – 7 км [Горев, Герасимчук, Проценко и др., 2011]. Наиболее значительные смещения наблюдаются вдоль разломов, трассирующихся мощными дайками долеритов. Ширина зоны динамического влияния отдельных разломов редко превышает 3 км.

Подобные вышеописанным, выположенные участки сложного строения наблюдаются и вдоль северо-западной границы зоны, однако здесь они сплошную полосу не образуют, а фиксируются фрагментарно. Амплитуды пликативных дислокаций у внешней границы ВММЗ не превышают 20-30 м.

Установленные при структурно-тектонических построениях участки усложнения строения кимберлитовмещающих пород, нарушающие латеральную однородность тектонического плана ВММЗ, выделены нами в качестве подзон ВММЗ – центральной и западной.

Как уже отмечалось ранее, внутренние (примыкающие к авлакогену) области ВММЗ слабо изучены поисковым бурением, данных для структурных построений в этой части зоны недостаточно. Однако по отдельным буровым профилям здесь зафиксировано резкое погружение стратиграфических горизонтов осадочного чехла в юго-восточном направлении, а также сильная тектоническая нарушенность, что свидетельствует о наличии участков усложненного строения и на юго-восточном фланге ВММЗ.

Предшествующими исследованиями было установлено, что на границе с Вилуйской подвижной областью амплитуды разломных нарушений достигают 100-200 и более метров [Горев, 2005]. А по результатам сейсморазведочных работ в краевой части Палеовилуйского авлакогена в пределах ВММЗ была выделена флексуорообразная сложнопостроенная зона шириной 20-26 км, характеризующаяся как область повышенных дислокаций осадочного чехла [Манакон, Оськин, Антонов и др., 1998]. Зона является областью перехода от плавного к резкому погружению кристаллического фундамента в Вилуйскую синеклизу, что

отчетливо выделяется по резкому расхождению между отражающими горизонтами в нижних частях временных разрезов.

Вышесказанное позволяет сделать предположение о наличии еще одной подзоны усложненного строения ВММЗ – восточной, характеризующейся наличием контрастных тектонических структур, как пликативных, так и разрывных.

Кроме выделенных подзон, в тектоническом плане ВММЗ проявлены элементы, ортогонально ориентированные по отношению к структурам ВММЗ – центральная и северо-восточная ветви Среднемархинской зоны (СМЗ), трассирующиеся со стороны Палеовиллюйского авлакогена. Центральная ветвь СМЗ ограничена Кулисообразным и Меридиональным разломами, а северо-восточная – Сиегенняхским и Тенкеляхским, выделенными по результатам АМС. В тектоническом плане нижнепалеозойских пород ветви СМЗ картируются входящими углами и опущенными блоками в структуре кимберлитовмещающего комплекса. Ширина ветвей составляет 24 – 30 км. Амплитуда прогибания нижнепалеозойских слоев в их пределах уменьшается при продвижении вглубь стабильного блока от 150 м на юге, до 20 м на севере.

Для палеотектонического анализа северо-восточной части ВММЗ (междуречье Марха – Тюннг) были использованы карта рельефа кровли нижнепалеозойского комплекса пород и палеотектоническая карта (карта остаточных мощностей). По многочисленным опубликованным источникам известно, что захоронение нижнепалеозойских образований на данной территории происходило в раннеюрское время в условиях прибрежно-морской выположенной равнины [Подвысоцкий, 2000]. Колебания высотных отметок в этот период здесь были незначительны (не превышали первых десятков метров). Отсутствие контрастных тектонических дислокаций в структуре перекрывающей толщи подтверждается построениями других исследователей [Горев, Герасимчук, 2017], а также данными поисковых работ, что зафиксировано на многочисленных геологических разрезах (Рисунок 11).

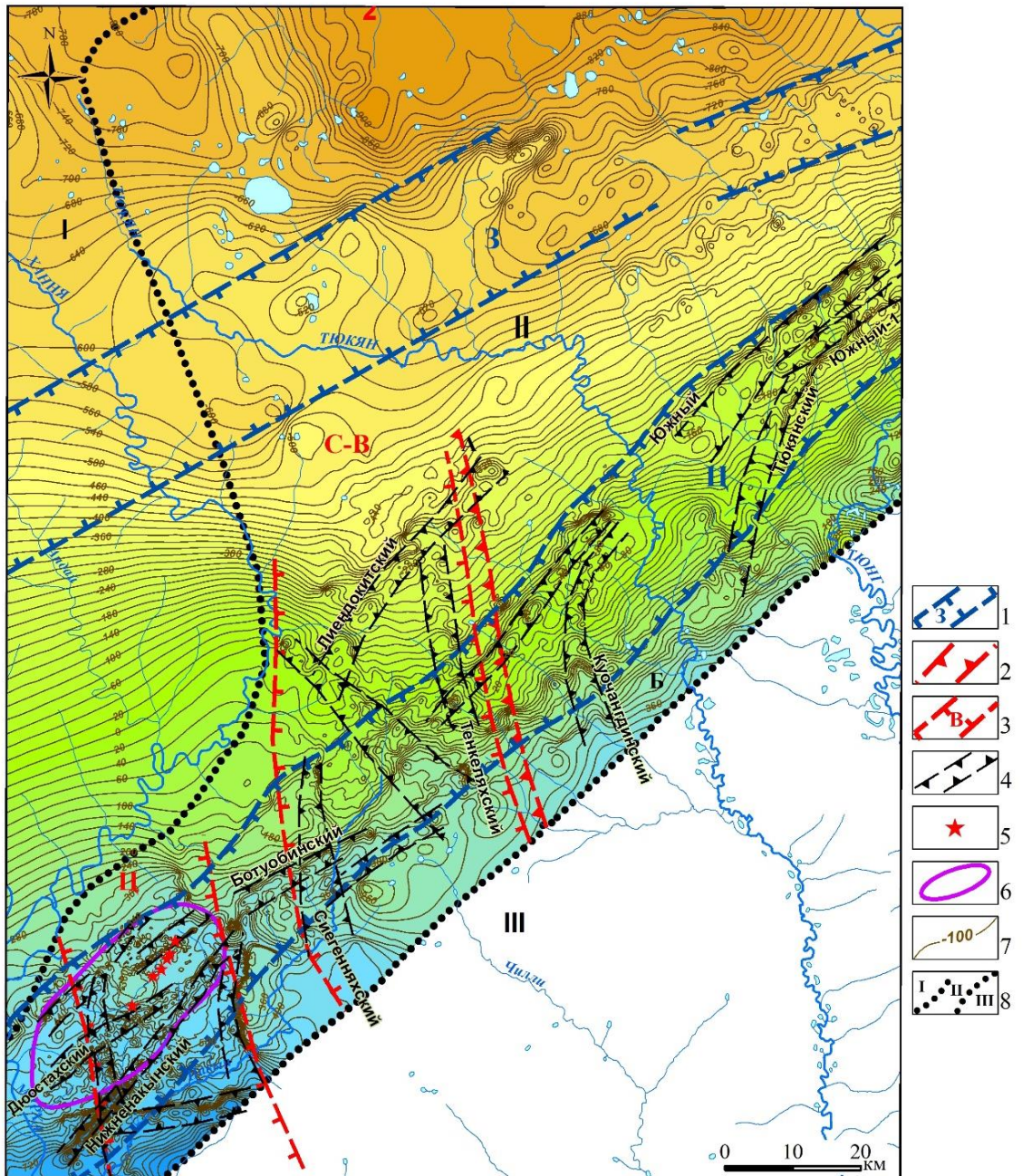
Поэтому с определенной долей условности кровлю погребенных нижнепалеозойских пород можно использовать в качестве структурной геологической поверхности. Палеотектоническая карта, представляющая собой отраженную в изопахитах остаточную мощность моркокинской свиты, была получена вычитанием абсолютных отметок кровли карбонатного цоколя и кровли 31 геофизического пласта (кровли маркокинской свиты).

Анализ палеотектонической карты (Рисунок 13) показывает, что остаточная мощность нижнепалеозойских отложений плавно уменьшается с юго-востока на северо-запад. От внутренних частей Вилуйской синеклизы вверх по борту Анабарской антеклизы. Наибольшие ее значения наблюдаются на юго-востоке, в пределах Линденской и Ыгыаттинской впадин Палеовилуйского авлакогена. Наименьшая – в северо-западной и северной части площади.

Наиболее приподнятые участки характеризуются отрицательной остаточной мощностью, что свидетельствует о том, что здесь реперный горизонт был выведен в область денудации, эродирован, и в кровле карбонатного цоколя обнажаются более древние отложения.

Осевая часть Вилуйско-Мархинской зоны (центральная подзона) выделяется на палеотектонической схеме большим количеством локальных, чаще всего линейных, структур, имеющих повышенную остаточную мощность. Простираение этих структур различно. Часть из них согласуется с направлением основных разломов ВММЗ. В основном это структурные мысы, грабенообразные прогибы северо-восточного простираения, проявленные фрагментарно, картируемые по увеличению остаточной мощности на 20-40 м. Взаимоотношение их с дайками ВММЗ различно. Большинство имеет согласное простираение с даечными телами, но часть из них занимает по отношению к дайкам секущее положение. Это позволяет выделить эти линейные прогибы в разряд самостоятельных структур, близких по возрасту, но не идентичных (синхронных) даечным телам.

В пределах западной ветви ВММЗ на палеотектонической карте также картируется ряд тектонических элементов, характеризующихся повышенной мощностью нижнепалеозойских отложений.



Условные обозначения: 1– 3 – зоны разломов: 1 – подзоны ВММЗ: з – западная, ц – центральная; 2 – Среднемархинская секущая зона; 3 – ветви СМЗ: ц – центральная, с-в – северо-восточная; 4 – линейные прогибы в структуре нижнепалеозойских пород; 5 – кимберлитовые тела; 6 – Накынское кимберлитовое поле; 7 – изопахиты остаточной мощности нижнепалеозойских отложений от кровли моркокинской свиты, м; 8 – области ВММЗ с различной степенью изученности буровыми работами: I – открытые, слабо изученные для структурных построений, II – изученные достаточно для выполнения структурных построений, III – закрытые, слабо изученные для структурных построений

Рисунок 13 – Схема остаточной мощности нижнепалеозойских отложений северо-восточной части ВММЗ (составлена автором по материалам ВГРЭ и НИГП).

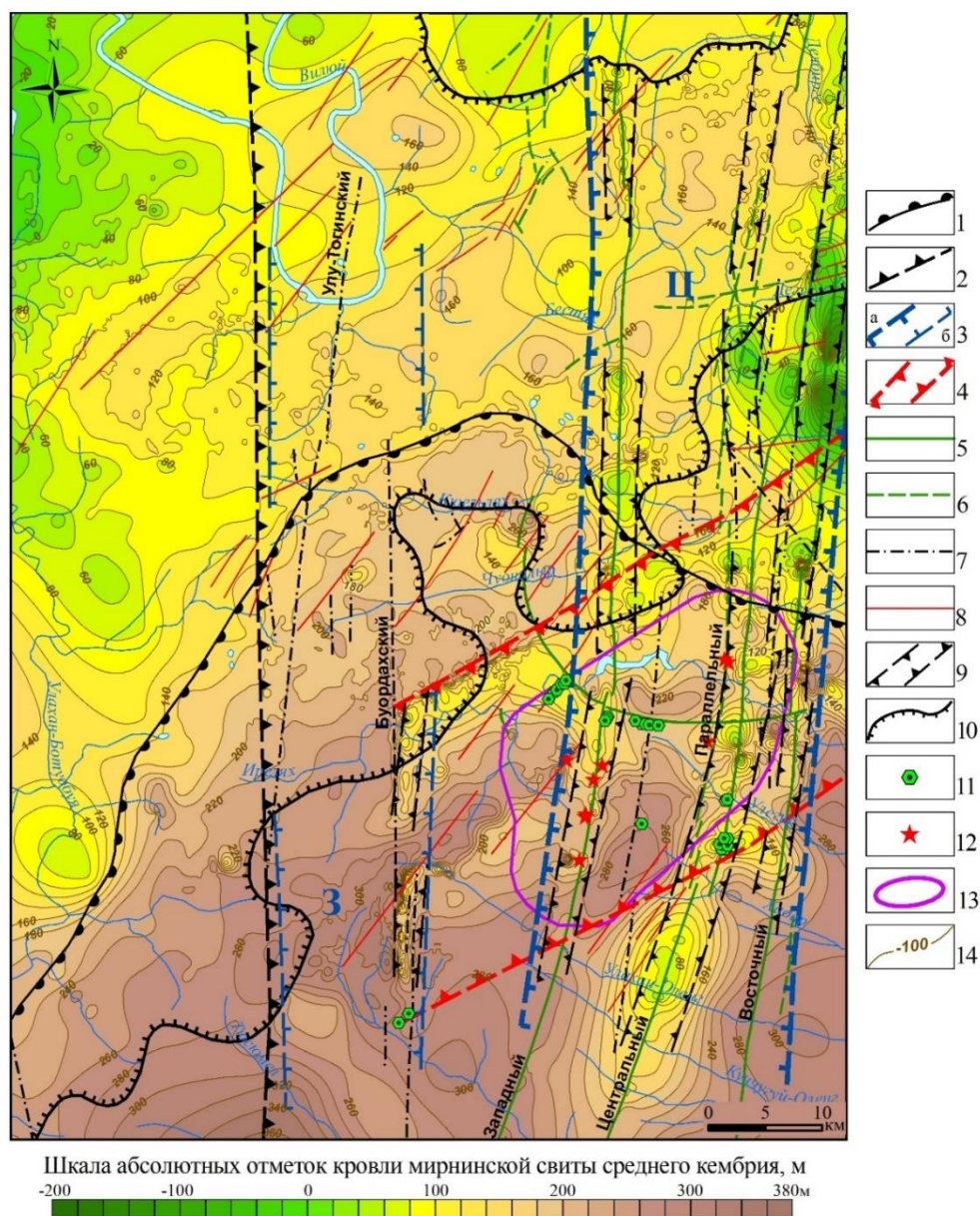
В отличие от осевой части, где широко развиты линейные структуры, в пределах западной подзоны это чаще изометричные складки небольших (3-6 км) размеров, остаточная мощность нижнепалеозойских отложений в пределах которых повышается незначительно по отношению к сопредельным участкам (на 10-20 м). Чаще всего такие повышения остаточной мощности приурочены к нескольким сближенным разломам либо к узлам их пересечения.

Структуры, занимающие текущее положение относительно основных разломов ВММЗ, связаны, по-видимому, с формированием либо активизацией разломов Средне-Мархинской зоны. Представлены они входящими углами (структурными мысами), грабенообразными прогибами, трассирующимися со стороны Вилюйской синеклизы. Простираение их варьирует от северо-западного до меридионального. Часть из них имеет дугообразную форму, изменяя свое простираение от северо-западного при выходе из авлакогена до северо-восточного, причленяясь к разломам ВММЗ. Амплитуда этих прогибов, судя по остаточной мощности, уменьшается по мере их проникновения вглубь платформы. Часть из них выклинивается при пересечении с центральной подзоной ВММЗ, остальные трассируются дальше, до пересечения с разломами западной подзоны.

Структурный рисунок междуречья Марха-Тюнг, выраженный в остаточных мощностях, хорошо согласуется с современным структурным планом данной территории. Большинство отрицательных структур, проявленных на структурно-тектонической карте, находят свое отражение в повышенных мощностях на палеотектонической схеме. Амплитуды структур на этих двух картах совпадают. Принимая во внимание то, что на сопредельных территориях верхнепалеозойский этап характеризовался плитным режимом развития, можно с большой долей уверенности утверждать, что все контрастные структуры, проявленные на современном структурном плане нижнепалеозойских пород, а также на палеотектонической схеме данной территории, имеют среднепалеозойский возраст.

Южный фланг ВММЗ (пространственно правобережье р. Вилюй в районе его правых притоков рр. Большая и Малая Ботубии) в структурах платформенного

чехла расположен на северо-восточном крыле Непско-Ботубинской антеклизы (НБА) (Рисунок 14).



Условные обозначения: 1 – Мирнинский свод; 2 – западная граница ВММЗ; 3 – подзоны ВММЗ, выделяемые: а) уверенно, б) неуверенно (з – западная, ц – центральная); 4 – Укугутская ветвь Джункун-Хампинской секущей зоны; 5-8 разломные нарушения, выделенные геолого-геофизическими методами, в том числе: 5 – выполненные мощными протяженными дайками, 6 – заполненные маломощными непротяженными дайками, 7 – фрагментарно залеченные маломощными кулисообразными дайками, 8 – не содержащие магматических пород; 9 – грабенообразные прогибы в структуре нижнепалеозойских пород; 10 – область преимущественного развития пород трапповой формации; 11 – базитовые трубки взрыва; 12 – кимберлитовые тела; 13 – Мирнинское кимберлитовое поле; 14 – стратоизогипсы кровли мирнинской свиты среднего кембрия, м

Рисунок 14 – Структура кимберлитовмещающих образований южной части ВММЗ (составлена автором по материалам ВГРЭ и НИГП).

Для этой части зоны в качестве маркирующего горизонта для построений выбрана кровля мирнинской свиты среднего кембрия. Благодаря значительному количеству присутствующего в отложениях глинистого материала, мирнинская свита характеризуется повышенной радиоактивностью, что позволяет уверенно выделять ее на каротажных диаграммах. Кроме того, данный стратиграфический уровень широко представлен в разведочных скважинах данной части площади, что позволяет снизить интервалы пересчетов, а, следовательно, повысить точность построений.

Основной положительной структурой в этой части НБА является Мирнинский свод. Амплитуда Мирнинского свода, оконтуренного по изогипсе 140 м, составляет 200 м. Его северо-восточную часть пересекают разломы Виллюйско-Мархинской и Джункун-Хампинской зон (Рисунок 14). На правом берегу р. Виллюй разломы Виллюйско-Мархинской зоны имеют преимущественно близмеридиональное простирание, наследуя направление более древних разломов Анабаро-Мирнинской системы [Мокшанцев, Еловских, Ковальский, 1974]. Разломы ВММЗ в структуре нижнепалеозойских пород проявлены линейными прогибами (грабенами). Сближенные грабены Восточного, Центрального + Параллельного и Западного разломов уверенно трассируются в северном направлении, образуя полосу усложненного структурного плана нижнепалеозойских пород шириной 20-25 км. Расстояние между прогибами составляет 2 – 9 км, ширина отдельных грабенов варьирует от 1,5 до 5 км. Следует отметить, что грабен Западного разлома имеет близмеридиональное простирание, а остальные – север-северо-восточное. В связи с этим, расстояние между грабеном Западного разлома и грабеном сближенных Центрального и Параллельного разломов увеличивается в северном направлении. Амплитуды грабенов невелики, в целом не превышают 100 м. Осевые разломы грабенов залечены дайками долеритов, уверенно картируемыми по данным АМС четкими протяженными узколокальными магнитными аномалиями. Эта полоса усложненного структурного плана кимберлитовмещающих пород выделена нами в качестве центральной (осевой) подзоны ВММЗ. Именно к ней приурочено Мирнинское кимберлитовое

поле. Кроме линейных прогибов в центральной подзоне ВММЗ зафиксировано множество локальных положительных и отрицательных субизометричных структур. Размеры этих структур невелики (их диаметр составляет 5-10 км), а амплитуда не превышает 50 м.

На удалении 19 км на запад от зоны Западного нарушения картируется Буордахский разлом, также выраженный в структуре кимберлитовмещающей толщи грабеном сложного строения. Его внутреннее строение значительно отличается от грабенов центральной подзоны ВММЗ. Грабен Буордахского разлома ассиметричен, его восточное крыло пологое, западное – крутое, амплитуда грабена составляет порядка 150-200 м. Севернее р. Чуоналыр грабен не прослежен, что может быть связано со значительным изменением структурного плана нижнепалеозойских отложений данной территории в позднем палеозое – раннем мезозое в период становления Тунгусской синеклизы. Следует отметить, что западнее исследуемой территории, в пределах Ахтарандинской зоны разломов, широкое развитие в этот период получили палеовулканоструктуры а также инъективные формы рельефа, связанные с внедрением мощных трапповых интрузий в глубокие горизонты нижнепалеозойского чехла [Горев, 1999]. Западные окраины ВММЗ также подверглись тектоно-магматической активизации. О границах площадей, испытавших в посткимберлитовую эпоху тектоно-магматическую проработку, в том числе и изменение структурного плана кимберлитовмещающих отложений, можно опосредованно судить по границе области распространения трапповых покровов (Рисунок 14).

Осевой разлом зоны Буордахского нарушения фрагментарно залечен маломощными кулисообразными трапповыми дайками. Дайковые тела в наблюдаемом магнитном поле практически не фиксируются и выделены в различных трансформантах аномального магнитного поля [Бондаренко, 2013ф]. Подобным образом фиксируется в магнитном поле и Улу-Тогинский разлом ВММЗ, а в структуре нижнепалеозойских пород он не проявлен.

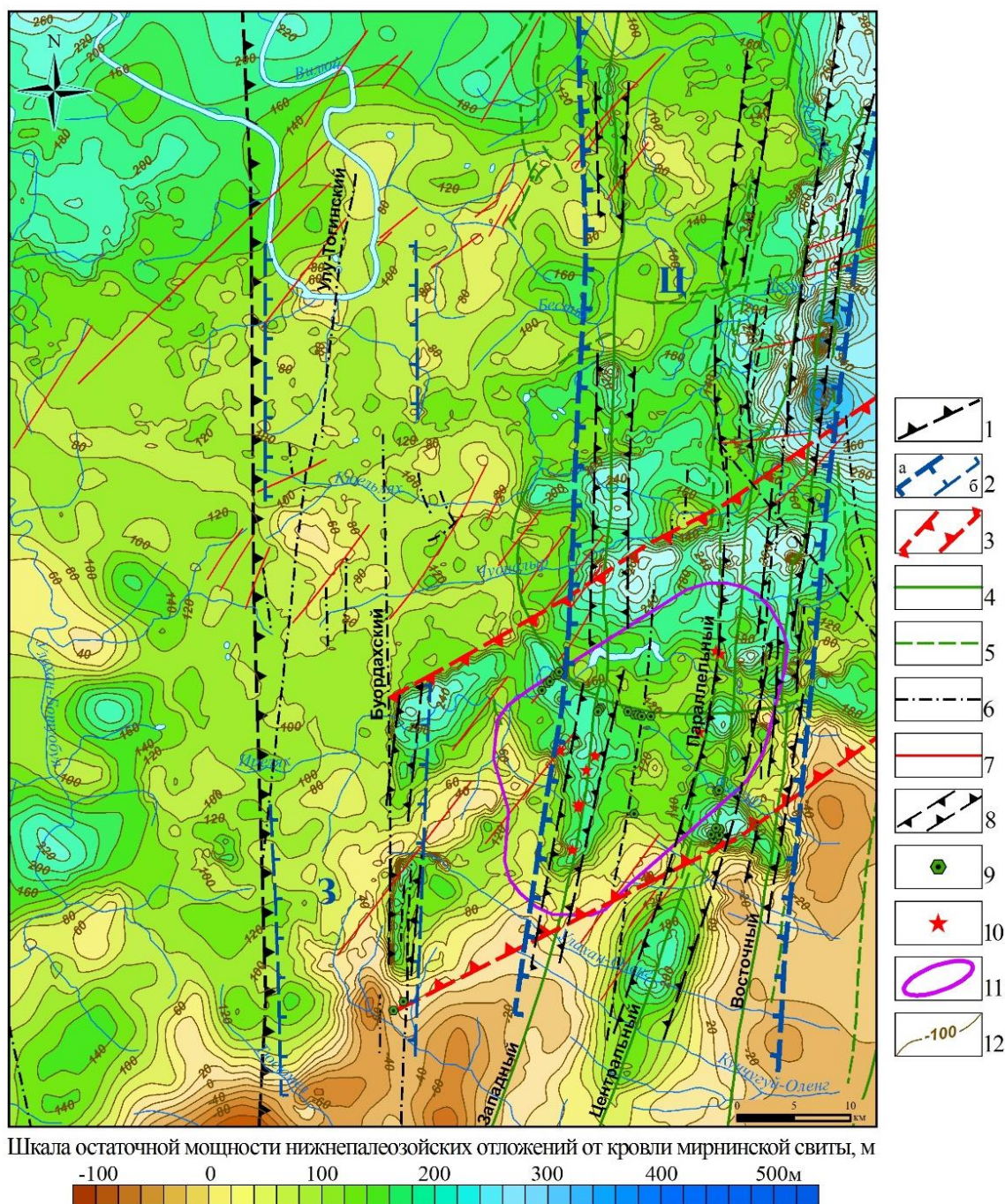
В связи со значительной удаленностью Буордахского и Улу-Тогинского нарушений от центральной подзоны ВММЗ, иным характером трапповых даек,

интродуцирующих осевые разломы вышеназванных нарушений (маломощность, фрагментарная залеченность, кулисообразный характер), а также в связи с отличными от грабенов центральной подзоны идентификационными признаками грабена Буордахского разлома (намного большей амплитудой и асимметричностью), площади на западном фланге ВММЗ, включающие Буордахский и Улу-Тогинский нарушения, выделены нами в отдельную подзону ВММЗ – западную, однако эта подзона на правобережье р. Виллой прослежена весьма неуверенно (условно).

Укугутская ветвь Джункун-Хампинской зоны (ДХЗ) прослеживается из Патомско-Виллойского авлакогена по поверхности фундамента грабенообразным прогибом, выклинивающимся при приближении к Мирнинскому кимберлитовому полю [Калмыков, 1996ф и др.]. Ее продолжением в пределах Мирнинского поля являются Маччобинский (Иреляхский) и Верхне-Иреляхский разломы, которые уверенно трассируются желобообразными прогибами на всех горизонтах платформенного чехла. Амплитуда прогибов на самых опущенных участках достигает 100 м. Разломы Укугутской зоны срезаются Буордахским разломом ВММЗ и дальше на запад видимого продолжения не имеют. Такое взаимоотношение разломов Виллойско-Мархинской и Укугутской зон может свидетельствовать о более позднем возрасте формирования последней.

По многочисленным источникам известно, что территория исследований в среднепалеозойскую эпоху в течение длительного периода представляла собой область денудации, завершающим этапом которой стала пенепленизация поверхности нижнепалеозойских пород, впоследствии погребенной под верхнепалеозойско-мезозойскими образованиями [Горев, 1999; Подвысоцкий, Белов, 1995; Подвысоцкий, 2000 и др.].

Отложений среднепалеозойского возраста в южной части ВММЗ не сохранилось. Получить представление о возрасте структур кимберлитовмещающего комплекса позволяет совместный анализ структурно-тектонической карты, карты рельефа кровли нижнепалеозойских пород и схемы остаточных мощностей (Рисунок15).



Условные обозначения: 1 – западная граница ВММЗ; 2 – подзоны ВММЗ, выделяемые: а) уверенно, б) неуверенно (з – западная, ц – центральная); 3 – Укугутская ветвь ДХЗ; 4-7 разломные нарушения, выделенные геолого-геофизическими методами, в том числе: 4 – выполненные мощными протяженными дайками, 5 – заполненные маломощными непротяженными дайками, 6 – фрагментарно залеченные маломощными кулисообразными дайками; 7 – не содержащие магматических пород; 8 – грабенообразные прогибы в структуре нижнепалеозойских пород; 9 – базитовые трубки взрыва; 10 – кимберлитовые тела; 11 – Мирнинское кимберлитовое поле; 12 – изопахиты нижнепалеозойских отложений от кровли мирнинской свиты, м.

Рисунок 15 – Схема остаточной мощности нижнепалеозойских отложений южной части ВММЗ (составлена автором по материалам ВГРЭ и НИГП).

В рельефе кровли нижнепалеозойских отложений грабены ВММЗ не проявлены, как не проявлены и грабенообразные прогибы Укугутской рифтоподобной структуры. Это свидетельствует о более раннем времени формирования данных структур (до момента захоронения пород нижнепалеозойского комплекса под верхнепалеозойскими осадками).

На схеме остаточных мощностей (Рисунок 15) видно, что в пределах грабенов Вилюйско-Мархинской минерагенической зоны и Укугутской ветви ДХЗ остаточная мощность нижнепалеозойских пород значительно выше, чем на бортах этих структур. На фоне общего воздымания территории в среднем палеозое грабенообразные прогибы ВММЗ и ДХЗ представляли собой относительно погруженные структуры с меньшим уровнем денудации.

Амплитуда прогибов, выраженная в остаточных мощностях, в целом равна амплитуде, отраженной на структурно-тектонической карте, т.е. формирование этих структур, вероятнее всего, происходило в среднепалеозойское время – эпоху становления кимберлитов.

Центральные области ВММЗ, пространственно занимающие междуречье рр. Вилюй и Марха, в тектоническом отношении приурочены к Сюгджерской седловине, разделяющей Непско-Ботуобинскую и Анабарскую антеклизы. Здесь широким распространением пользуются площади, где породы перекрывающего комплекса эродированы и нижнепалеозойские кимберлитовмещающие отложения выходят на современную эрозионную поверхность. Преимущественно это территории междуречья Ханья – Ыгыатта. Такие площади являются открытыми для поисков среднепалеозойских кимберлитовых тел и изучены, в основном, поверхностными методами. Бурение скважин в комплексе с ГИС здесь не проводилось, в силу чего в пределах этих площадей, как уже отмечалось ранее, данных для структурных построений недостаточно (Рисунок 7).

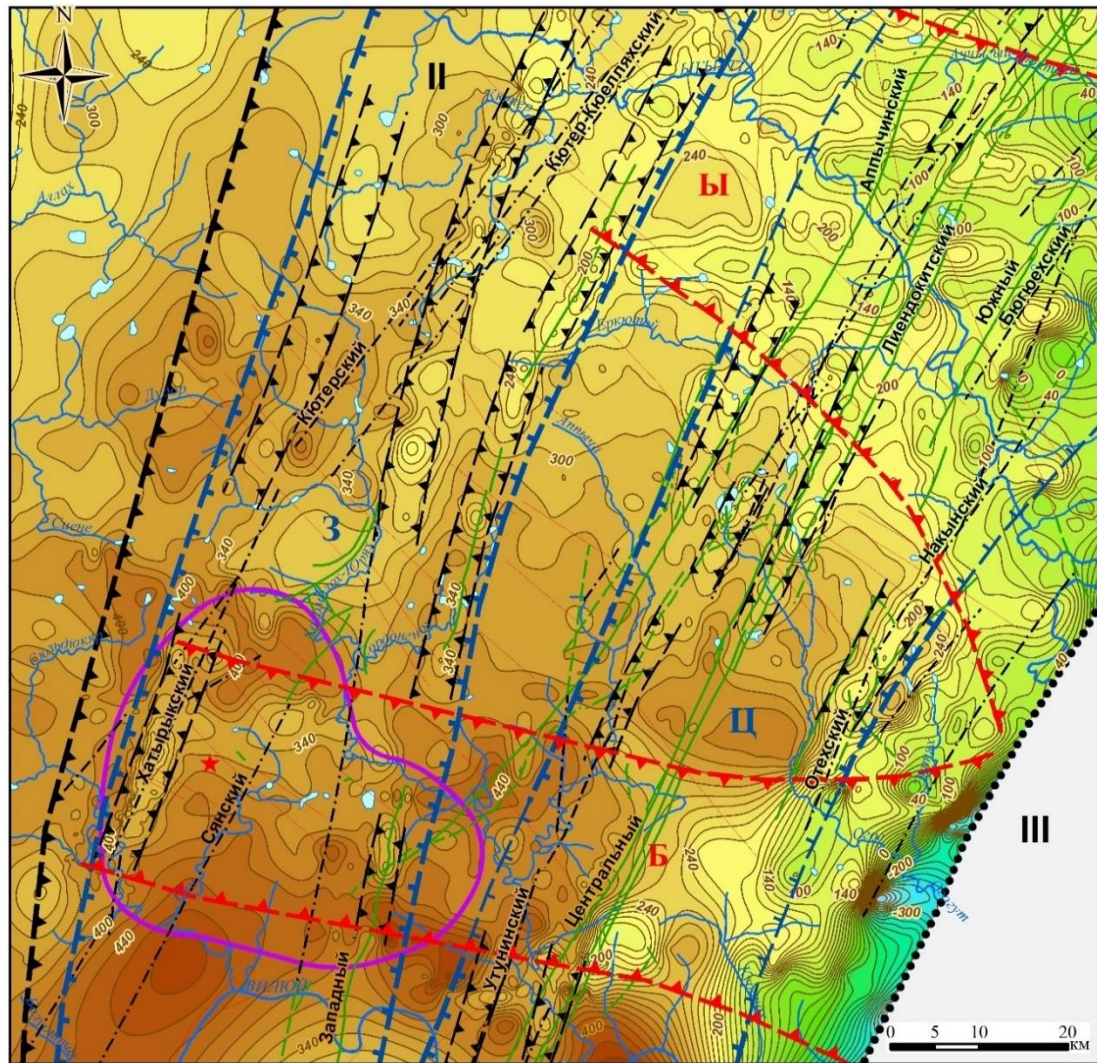
Для закрытых территорий в центральной части ВММЗ в качестве реперного горизонта для структурных построений выбрана стратиграфическая граница кембрий – ордовик (кровля холмолохской свиты верхнего кембрия), которая подсечена многочисленными поисковыми скважинами и хорошо фиксируется в

керне скважин по смене пестроцветных гипсоносных терригенно-карбонатных пород холомолохской свиты верхнего кембрия сероцветными карбонатными породами балыктахской свиты нижнего ордовика.

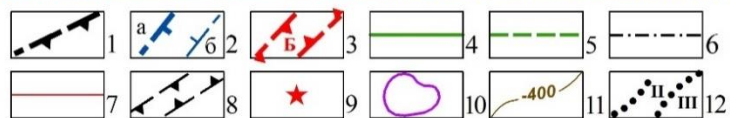
В центральных областях ВММЗ отложения нижнего палеозоя на крыльях Анабарской и Непско-Ботуобинской антеклиз залегают с небольшим наклоном на юго-запад и северо-восток соответственно, а в пределах Сюгджерской седловины – на юго-восток, в сторону Вилюйской синеклизы (Рисунок 16). Углы падения слоев, как и в остальных частях ВММЗ, практически не превышают 1° .

На левобережье р. Вилюй субмеридиональное простирание нарушений Вилюйско-Мархинской зоны изменяется на север-северо-восточное, здесь направление разломов ВММЗ совпадает с разломами Ангаро-Вилюйской системы, часть из которых наследует простирание более древних (доплатформенных) разломов, разделяющих Алданский и Ангаро-Анабарский мегаблоки фундамента.

На междуречье рр. Вилюй – Ыгыатта в структуре нижнепалеозойских кимберлитовмещающих пород выделяется две серии сближенных линейных прогибов (Рисунок 16). Одна из них, являющаяся продолжением центральной подзоны ВММЗ, включает грабены Утунинского, Параллельного, Центрального (Лиендокитского) и Отехского (Накынского) разломов. Вторая, расположена в краевой части ВММЗ, состоит из Хатырыкского, Кютерского и Западного грабенов, и выделена нами в качестве западной подзоны ВММЗ. Ширина центральной подзоны составляет 25-30 км. Грабены Утунинского, Параллельного и Центрального разломов удалены друг от друга на 2,5 – 3 км, что сопоставимо с их шириной, грабен Отехского разлома расположен в некотором удалении – на расстоянии 9 км от вышеназванных. Величины прогибания структур, как правило, не превышают 50 м, исключение составляет грабен Отехского (Накынского) разлома, амплитуда которого достигает 100 м. Разломы центральной подзоны залечены протяженными и хорошо прослеживаемыми дайковыми телами, фиксируемыми в наблюдаемых магнитных полях четкими линейными аномалиями высокой интенсивности.



Шкала абсолютных отметок кровли кембрия, м



Условные обозначения: 1—западная граница ВММЗ; 2— границы подзон ВММЗ, выделяемые: а) уверенно, б) неуверенно (з – западная, ц – центральная); 3 – Батырская ветвь Джункун-Хампинской секущей зоны, 4-6 разломные нарушения, выделенные геолого-геофизическими методами, в том числе: 4 – выполненные мощными протяженными дайками, 5 – заполненные маломощными непротяженными дайками, 6 – фрагментарно залеченные маломощными кулисообразными дайками; 7 – не содержащие магматических пород, 8 – грабенообразные прогибы в структуре нижнепалеозойских пород; 9 – кимберлитовое тело Т-54; 10 – Сюльдюкарское кимберлитовое поле; 11 – стратоизогипсы кровли кембрия, м; 12 – области ВММЗ с различной степенью изученности буровыми работами: II – изученные достаточно для выполнения структурных построений, III – закрытые, слабо изученные для структурных построений

Рисунок 16 – Структура кимберлитовмещающих отложений центральной части ВММЗ (составлена автором по материалам ВГРЭ и НИГП).

Интересным представляется факт, что простирание грабенов и дайковых тел, трассируемых по результатам АМС, совпадает не полностью. Дайковые тела часто выходят за пределы грабенов, секут их под острым (около 10°) углом. Это указывает, возможно, на самостоятельный (независимый) характер этих структур, либо неоднократную активизацию древних разломов ВММЗ, при смене направлений векторов сжатия и растяжения.

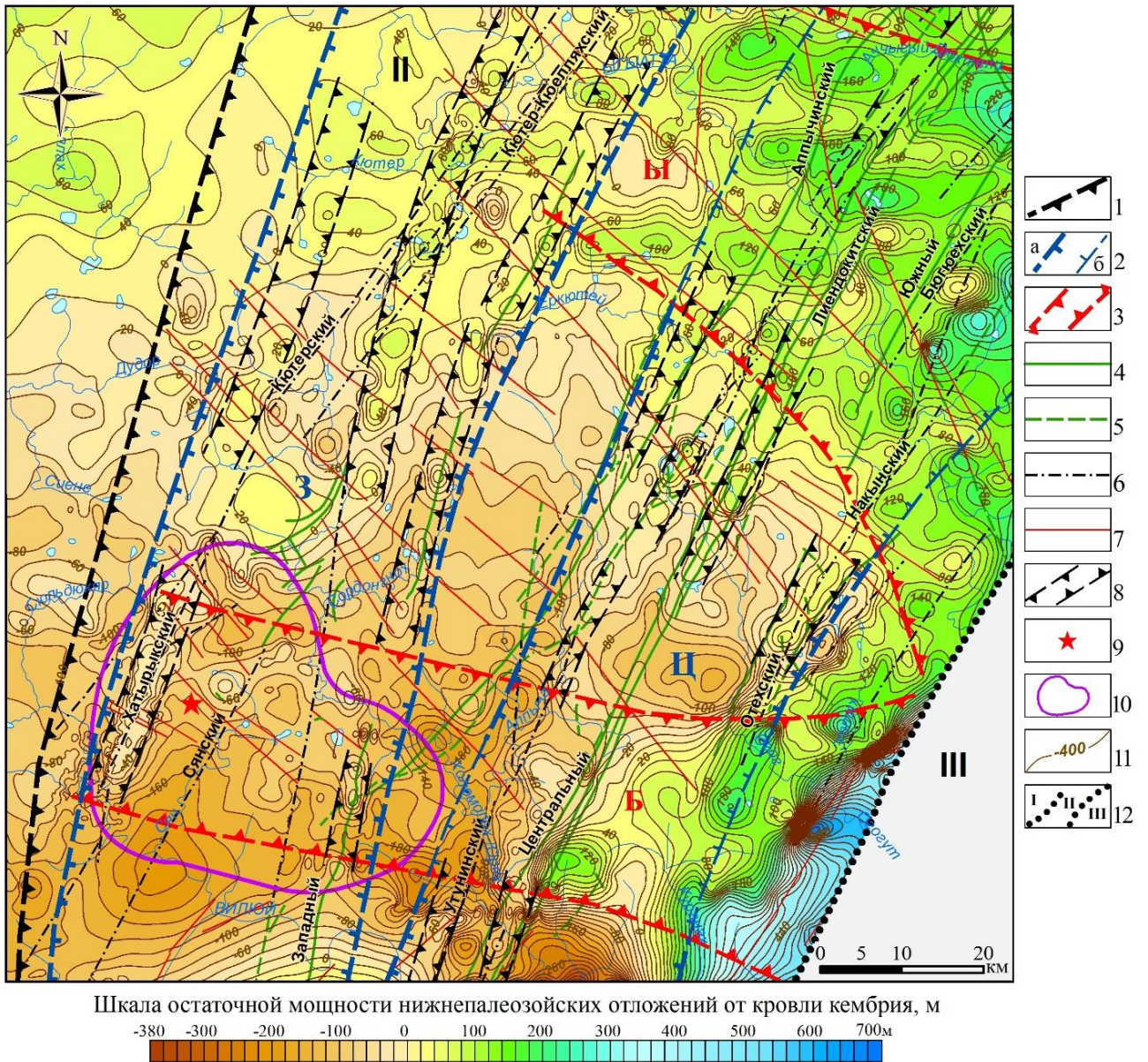
Западный разлом, в южной части ВММЗ отнесенный нами к центральной подзоне, на левобережье р. Виллой сохраняет свое близмеридиональное простирание, отдаляясь от остальных разломов центральной подзоны (до 19 км), поворачивающих к северо-востоку, что позволяет отнести его к западной подзоне ВММЗ. В структуре кимберлитовмещающих пород Западный разлом проявлен прогибом шириной до 3 км с амплитудой, не превышающей 50 м. Остальные грабены, входящие в западную подзону ВММЗ: Кютерский и Хатырыкский, так же, как и грабен Западного разлома, имеют близмеридиональное простирание, ширину 2,5-3 км, амплитуду прогибания в среднем 30-40 м. В зоне Западного разлома присутствуют интрузивные образования в виде уверенно трассируемых в магнитных полях даек основных пород. По данным глубинных сейсмических зондирований, разлом проникает на глубину 48-50 км, т.е. является корово-мантийным [Бабаян, Молчанов, Саврасов, 1976]. Остальные, кроме Западного, разломы западной подзоны ВММЗ картируются геофизическими методами не столь уверенно. До недавнего времени Западный разлом был единственным нарушением подобного направления, трассируемым на этой площади геофизическими методами. В 2015-16г. специалистами Ботубинской ГРЭ был выделен еще ряд разломов север-северо-восточного направления, также относимых к Виллойско-Мархинской зоне. Выделение этих нарушений стало возможным благодаря вовлечению в анализ карт аномального и трансформированного (производные, локальные составляющие, угловые производные (Tilt)) магнитного поля; карты измеренного сигнала dV/dt Z компоненты, карты распределения кажущегося сопротивления на различных глубинах и других материалов современных АМС, КАГС и наземной магнитной

съемки. Выделенные линейные аномалии интерпретируются как разломы, фрагментарно залеченные дайками долеритов, не выходящими на поверхность нижнепалеозойских пород. В числе подобных разломов Покровским М.В. был выделен Кюеляхский разлом, пространственно совмещенный с Хатырыкским грабеном. До этого Хатырыкский грабен считался «сухим», не содержащим трапповых тел [Бондаренко, 2018ф].

Опущенными блоками в современном структурном плане нижнепалеозойских пород выделяются Ыгыаттинская секущая зона и Батырская ветвь Джункун-Хампинской зоны. Ширина секущих структур составляет 45 и 25 км соответственно. Они достаточно уверенно выделяются пониженными абсолютными отметками кровли кембрия у восточных границ площади, вблизи подвижных областей, а по мере продвижения вглубь стабильного блока прогибы становятся менее контрастными и у западных границ ВММЗ полностью затухают. Амплитуда погружения реперного горизонта в осевой части секущих зон составляет в среднем 50-100 м, увеличиваясь до 200 м у восточных границ площади. В пределах секущих зон грабены центральной подзоны ВММЗ трассируются не уверенно, что может быть связано с затушевыванием среднепалеозойских структур тектоническими движениями последующих эпох.

Осадочные отложения среднепалеозойского возраста в центральных областях ВММЗ имеют весьма ограниченное распространение и приурочены к опущенным блокам грабенов ВММЗ и секущих зон в южной и юго-восточной части исследуемой площади. В таких условиях о тектонической обстановке площади в среднепалеозойскую эпоху можно судить по палеотектонической карте (Рисунок 17).

На ней в изопахитах отражена остаточная (сохранившаяся от размыва) мощность нижнепалеозойских отложений. Данная схема была построена, как разность между двумя поверхностями – кровлей погребенных нижнепалеозойских отложений и кровлей кембрия, т.е. на ней находят отражение структуры, сформировавшиеся от верхнего кембрия и до верхнего палеозоя (момента захоронения кровли нижнепалеозойских пород).



Условные обозначения: 1 – западная граница ВММЗ; 2 – границы подзон ВММЗ, выделяемые: а) уверенно, б) неуверенно (з – западная, ц – центральная); 3 – Батырская ветвь Джункун-Хампинской секущей зоны, 4-6 разломные нарушения, выделенные геолого-геофизическими методами, в том числе: 4 – выполненные мощными протяженными дайками, 5 – заполненные маломощными непротяженными дайками, 6 – фрагментарно залеченные маломощными кулисообразными дайками; 7 – не содержащие магматических пород, 8 – грабенообразные прогибы в структуре нижнепалеозойских пород; 9 – кимберлитовое тело Т-54; 10 – Сьюльдюкарское кимберлитовое поле; 11 – изопакиты отложений нижнего ордовика, м; 12 – области ВММЗ с различной степенью изученности буровыми работами: II – изученные достаточно для выполнения структурных построений, III – закрытые, слабо изученные для структурных построений

Рисунок 17 – Схема остаточной мощности нижнепалеозойских отложений центральной части ВММЗ (составлена автором по материалам ВГРЭ и НИГП).

В верхнем палеозое на междуречье Виллой – Ыгыатта преобладала стабильная тектоническая обстановка, без контрастных тектонических движений. Структурный план территории формировался под действием денудационно-седиментационных континентальных процессов в условиях приморской аллювиальной низменности [Подвысоцкий, 2000], в силу чего захороненные среднепалеозойские структуры не претерпели значимых изменений.

Изучение схемы остаточных мощностей показывает, что в среднепалеозойскую эпоху рассматриваемая территория развивалась в значительной степени унаследовано. В ее пределах выделяются практически те же структуры, что отражены и на структурно-тектонической карте (Рисунок 17).

Непско-Ботуобинская антеклиза заходит на площадь исследований своим северо-восточным крылом, в пределах которого отложения ордовика полностью размыты (юго-западная часть площади).

Увеличение остаточной мощности нижнепалеозойских отложений наблюдается на север и на восток – в сторону Ыгыаттинской впадины, где сохранившаяся от размыва мощность пород ордовика достигает 640 м.

Линейными зонами повышенной остаточной мощности нижнепалеозойских пород трассируются грабены ВММЗ, амплитуда которых, измеренная в остаточных мощностях, сопоставима с их амплитудой на структурно-тектонической карте и составляет 30-50 м, что свидетельствует о заложении либо активации этих структур в среднепалеозойское время.

Секущие зоны, Батырская и Ыгыаттинская, на палеотектонической схеме выделяются по повышенным относительно соседних участков значениям остаточной мощности нижнепалеозойских отложений. Причем разность остаточных мощностей в пределах секущих структур и на их бортах сопоставима с разностью абсолютных отметок в тех же точках, фиксируемых на структурно-тектонических картах, что позволяет относить данные структуры также к среднепалеозойским, синхронным кимберлитовнедрению.

Таким образом, суммируя вышесказанное, можно сделать вывод о том, что на всем протяжении Виллойско-Мархинской минерагенической зоны ее строение

неоднородно, наблюдается латеральная зональность [Проценко, Горев, 2019]. В поперечном сечении области моноклиналиного залегания пород перемежаются участками со сложным структурным планом, в пределах которых широким развитием пользуются складчатые деформации, в первую очередь – грабенообразные прогибы. Эти участки усложненного строения прослеживаются в виде широкой практически непрерывной полосы в центральной части ВММЗ, а также фрагментарно фиксируются на ее западном фланге. В связи с этим, в пределах ВММЗ нами выделено две подзоны: центральная и западная, каждая из которых характеризуется своими структурными особенностями.

Центральная подзона в структуре нижнепалеозойских отложений выделяется уверенно. Ширина ее составляет 20-25 км на флангах ВММЗ и несколько более (до 30 км) в центральной части зоны. В ее пределах по всей длине зоны фиксируется серия сближенных грабенообразных прогибов, сопровождающих разломы ВММЗ, широкое развитие пликативных дислокаций в виде изометричных либо удлиненных синклиналиных и антиклиналиных складок. Центральная подзона ВММЗ наиболее насыщена разломами и дайками.

подавляющая часть разломов центральной подзоны ВММЗ, благодаря интрузирующим их траппам, уверенно фиксируется в наблюдаемом магнитном поле четкими линейными протяженными аномалиями высокой интенсивности. Довольно выдержанное простираие подзоны, широкое развитие в ее пределах складчатых дислокаций, значительная концентрация разломов, зачастую залеченных протяженными дайками долеритов, свидетельствуют, по-видимому, о наличии в этой части ВММЗ крупного долгоживущего разлома (разломов) в фундаменте. В пределах центральной подзоны расположены Мирнинское и Накынское алмазоносные кимберлитовые поля.

Западная подзона ВММЗ выделяется не столь уверенно, фрагментарно. Подзона представлена отдельными участками со сложным структурным планом кимберлитовмещающих отложений, обусловленным либо серией сближенных грабенообразных прогибов, как в центральных областях ВММЗ, либо широким развитием складчатых дислокаций, как на северо-восточном фланге зоны. На

южном фланге ВММЗ, при значительно меньшей ширине самой Вилуйско-Мархинской зоны, западная подзона выделена весьма условно. Амплитуды пликативных структур в пределах западной подзоны, за редким исключением, значительно ниже, чем в центральной подзоне ВММЗ. Даечные тела, интродуцирующие разломы, как правило имеют меньшую протяженность, чем в пределах центральной подзоны, часто прослежены фрагментарно. Многие из них в наблюдаемом магнитном поле не фиксируются, а выделены в трансформантах аномального магнитного поля. К западной подзоне ВММЗ приурочено Сьюльдюкарское кимберлитовое поле.

Секущие зоны в структуре кимберлитовмещающего комплекса выделяются линейными прогибами либо входящими углами, а на палеотектонических картах - повышенными остаточными мощностями нижнепалеозойских пород [Проценко, Горев, 2019].

Ретроспективный тектонический анализ показал, что большая часть как дизъюнктивных, так и пликативных дислокаций ВММЗ имеет доверхнепалеозойский либо доюрский возраст. Это подтверждается тем, что они не находят отражения ни в рельефе нижнепалеозойских пород, ни в структуре перекрывающей толщи. Их формирование связано, наиболее вероятно, со среднепалеозойским этапом, когда происходило становление кимберлитов.

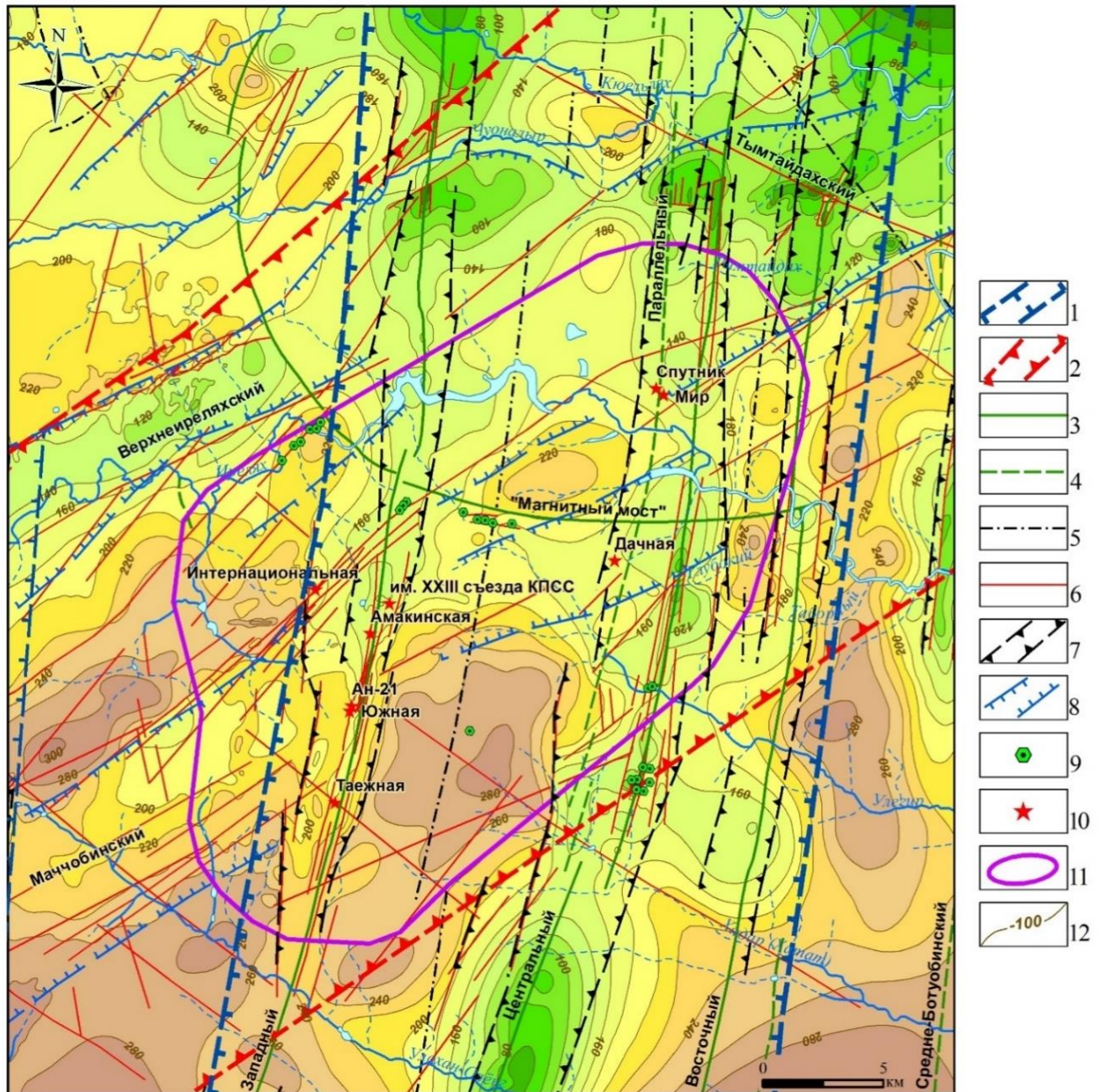
Из вышеизложенного вытекает первое защищаемое положение: *анализ структурно-стратиграфических поверхностей нижнего палеозоя позволил установить латеральную зональность Вилуйско-Мархинской минерагенической зоны (ВММЗ), в которой выделены центральная (шириной до 30 км) и западная (до 35 км) подзоны, характеризующиеся усложнением моноклиналиного залегания нижнепалеозойского (кимберлитовмещающего) комплекса пород. При этом высокоалмазоносные поля Мирнинское и Накынское приурочены к центральной, а среднеалмазоносное Сьюльдюкарское поле — к западной подзоне ВММЗ.*

3.2. Структурно-тектонические и палеотектонические характеристики локализации кимберлитовых полей

Объектами среднемасштабных прогнозных исследований в данной работе были выбраны продуктивные кимберлитовые поля Вилюйско-Мархинской зоны – Мирнинское, Накынское и Сюльдюкарское. Предметом исследований стала верхняя часть платформенного чехла в их пределах, наиболее детально изученная различными поисковыми методами – бурением, сейсморазведкой, магниторазведкой и др. Для выявления значимых структурных элементов в строении кимберлитовых полей, а также разделения выявленных в их пределах структур на докимберлитовые (синхронные кимберлитовому магматизму) и посткимберлитовые, были составлены детальные структурно-тектонические и палеотектонические карты (карты остаточных мощностей), и выполнен их анализ.

3.2.1. Тектоника Мирнинского кимберлитового поля

Мирнинское кимберлитовое поле (МКП) располагается в среднем течении р. Вилюй, на левом берегу его правого притока р. Малая Ботуобия. В структурах платформенного чехла МКП приурочено к Мирнинскому своду, расположенному в северо-восточной части Непско-Ботуобинской антеклизы. Поле контролируется узлом пересечения центральной подзоны ВММЗ с Укугутской ветвью Джункун-Хампинской зоны (Рисунок 18). МКП включает 7 кимберлитовых трубок (5 из них являются месторождениями), более 10 сопряженных с ними жил и две самостоятельных жилы.



Шкала абсолютных отметок кровли мирнинской свиты среднего кембрия, м

0 40 80 120 160 200 240 280 320м

Условные обозначения: 1-2 – зоны разломов: 1 – центральная подзона ВММЗ; 2 – Укугутская ветвь ДХЗ; 3-6 тектонические нарушения, выделенные геолого-геофизическими методами, в том числе: 3 – выполненные мощными протяженными дайками, 4 – заполненные маломощными непротяженными дайками, 5 – фрагментарно залеченные маломощными кулисообразными дайками; 6-не содержащие магматических пород; 7-8 – грабены сложного строения, принадлежащие: 7 – ВММЗ, 8 – Укугутской ветви Джункун-Хампинской зоны; 9 – базитовые трубки взрыва; 10 – кимберлитовые тела и их названия; 11 – контур Мирнинского кимберлитового поля; 12 – стратоизогипсы кровли мирнинской свиты среднего кембрия, м

Рисунок 18 – Структура нижнепалеозойских отложений Мирнинского кимберлитового поля (составлена автором по материалам ВГРЭ и НИГП).

Размеры диатрем изменяются от десятков метров до 495 м (тр. Мир) в поперечнике. Трубки Мир, Спутник, Амакинская выходят на дневную поверхность, а трубки Интернациональная, Имени XXIII съезда КПСС, Дачная и частично Таежная перекрыты терригенными отложениями нижней юры мощностью до 20 м.

Для поля характерно линейное расположение кимберлитовых тел. Трубки Мир, Спутник и Дачная приурочены к Параллельному и Центральному разломам ВМЗ, а тр. Интернациональная, Имени XXIII съезда КПСС, Амакинская, Таежная и жилы Ан-21 и Южная находятся в 10 км к юго-западу от первого куста – в зоне Западного разлома.

Вмещающие породы представлены терригенно-карбонатными и сульфатно-галогенными формациями мощностью 2-2,3 км, слагающими платформенный чехол. Перекрывающий комплекс пород развит фрагментарно, его мощность не превышает 100 м, а преимущественно составляет 20-40 м. Он сложен терригенными отложениями среднего мезозоя, редко встречаются останцы нижнетриасовых пород трапповой формации.

Результаты структурных построений для южной части Вилуйско-Мархинской зоны, где локализованы кимберлиты, были впервые опубликованы в 1988 г. [Горев, Манаков, Эринчек, 1988]. Основным результатом этих исследований стал вывод о том, что площадь Мирнинского поля отличается от сопредельных более сложным структурным планом и в целом меньшим эрозионным срезом нижнепалеозойских отложений. Последующими исследованиями было установлено, что поле находится в узле пересечения разломов субмеридионального и северо-восточного направлений, принадлежащих Вилуйско-Мархинской зоне и Укугутской ветви Джункун-Хампинской секущей зоны (рифтоподобной структуры) [Дукардт, Борис, 1996]. А ретроспективный анализ позволил установить, что блок пород, к которому приурочено МКП, в среднем палеозое представлял собой относительно погруженную структуру на фоне продолжающегося воздымания Непско-Ботубинской антеклизы, чем и

объясняется меньший (на 50-150 м) уровень его денудации по сравнению с сопредельными площадями [Горев, 1998].

Современный структурный план кимберлитовмещающих отложений МКП изучен по кровле мирнинской свиты среднего кембрия.

В структурах осадочного чехла Мирнинское поле представляет собой сложнопостроенный узел пересекающихся линейных прогибов (грабенов), разделенных приподнятыми участками (антиклиналями) (Рисунок 18).

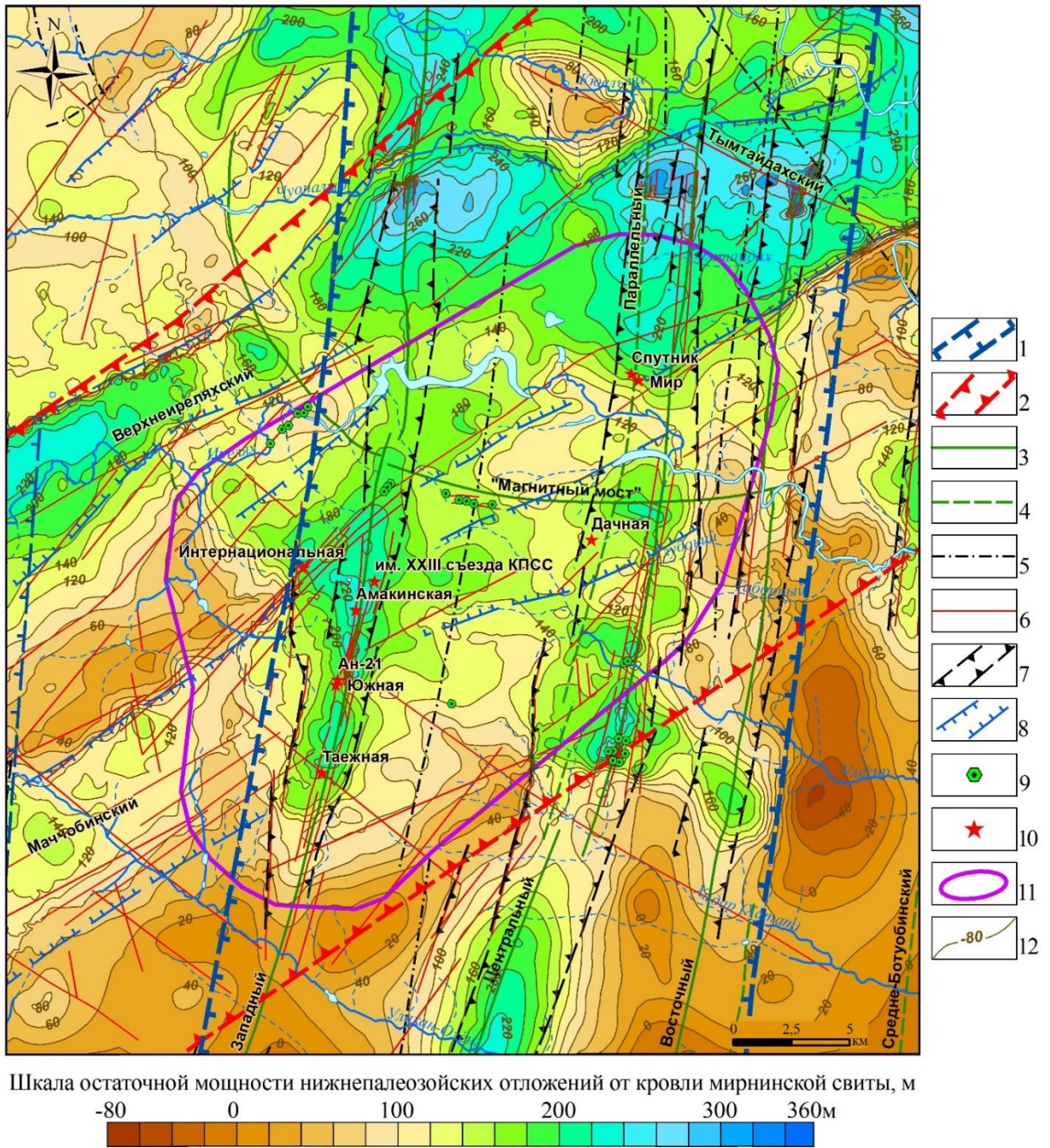
По простиранию грабены делятся на северо-восточные – Верхне-Иреляхский и Маччобинский (Иреляхский) и субмеридиональные – Восточный, Центральный, Западный, которые совпадают в плане с одноименными разрывными нарушениями (зонами).

Ширина прогибов изменяется от 3 до 5 км, протяженность составляет порядка 20-30 км. Грабены имеют сложное, блоковое строение. Приподнятыми блоками грабены разбиты на отдельные участки, и по латерали прослеживаются фрагментарно. Амплитуда прогибов в поперечном сечении варьирует от 20 до 100 м, наиболее опущенными являются их центральные (осевые) части. Осевые части прогибов часто осложнены мелкими горстами и гребневидными складками, наряду со сбросами, по отдельным разломам наблюдаются взбросы. При формировании вдоль зон разломов дайковых комплексов, на контактах с дайками так же фиксируются различного рода дислокации.

Положительные (антиклинальные) структуры на площади МКП имеют размеры 5-10 км, амплитуду в пределах 20-80 м и представляют собой, в основном, вытянутые валообразные очертания. Их длинные оси параллельны основным направлениям грабеннообразных структур.

В рельефе кровли нижнепалеозойских пород тектонические элементы, отраженные на современном структурном плане, как положительные, так и отрицательные, не проявлены.

На палеотектонической карте отражены те же структуры, что фиксируются и в современном структурном плане (Рисунок 19).



Условные обозначения: 1-2 – зоны разломов: 1 – центральная подзона ВММЗ; 2 – Укугутская ветвь Джункун-Хампинской зоны; 3-6 разломные нарушения выделенные геолого-геофизическими методами, в том числе: 3 – выполненные мощными протяженными дайками, 4 – заполненные маломощными непротяженными дайками, 5 – фрагментарно залеченные маломощными кулисообразными дайками; 6 – не содержащие магматических пород; 7-8 – грабены сложного строения, принадлежащие: 7 – ВММЗ, 8 – Укугутской ветви ДХЗ; 9 – базитовые трубки взрыва; 10 – кимберлитовые тела и их названия; 11 – контур Мирнинского кимберлитового поля; 12 – изопахиты остаточной мощности нижнепалеозойских отложений от кровли мирнинской свиты, м

Рисунок 19 – Схема остаточной мощности нижнепалеозойских отложений Мирнинского кимберлитового поля (составлена автором по материалам ВГРЭ и НИГП).

Палеотектоническими реконструкциями установлено, что в пределах грабенов, остаточная мощность нижнепалеозойских пород на 30-100 м больше, чем на их бортах. Это характерно как для прогибов ВММЗ, так и для секущих линейных структур Джункун-Хампинской зоны (Рисунок 19).

Взаимоотношение разломов Укугутской зоны с разломами ВММЗ не ясно, хотя на представленном современном структурном плане нижнепалеозойских отложений, а также на карте остаточных мощностей видно, что амплитуда секущих грабенов Укугутской зоны при продвижении со стороны Палеовилуиского авлакогена вглубь стабильного блока уменьшается, а при встрече с Буордахским грабеном ВММЗ они полностью выклиниваются. То есть, они ограничены и формировались, по-видимому, одновременно с разломами ВММЗ, либо позже.

3.2.2. Тектоника Накынского кимберлитового поля

Накынное кимберлитовое поле (НКП) находится в среднем течении р. Мархи, на правом берегу ее левого притока – р. Накын. Оно занимает площадь порядка 500 км². Для НКП характерно линейное расположение кимберлитовых тел. В плане они образуют протяжённую (12 км) цепочку из 7 тел. Все кимберлитовые тела алмазоносны. Кимберлиты и россыпи алмазов НКП объединены в Верхнедяхтарский рудно-россыпной узел [Шаталов, 1997ф; Шаталов, Яныгин, 2005ф и др.]. Кимберлитовмещающий комплекс в пределах НКП сложен карбонатными и терригенно-карбонатными породами с возрастным диапазоном от венда до нижнего ордовика включительно мощностью до 3,5 км.

Перекрывающий комплекс представлен среднемезозойскими терригенными отложениями, залегающими на размытой и часто закарстованной поверхности нижнего палеозоя мощностью от 10 до 100 м, увеличивающейся в сторону Вилюйской синеклизы. Известные кимберлитовые тела перекрыты осадочными породами верхнего триаса, нижней и средней юры мощностью 60-90 м.

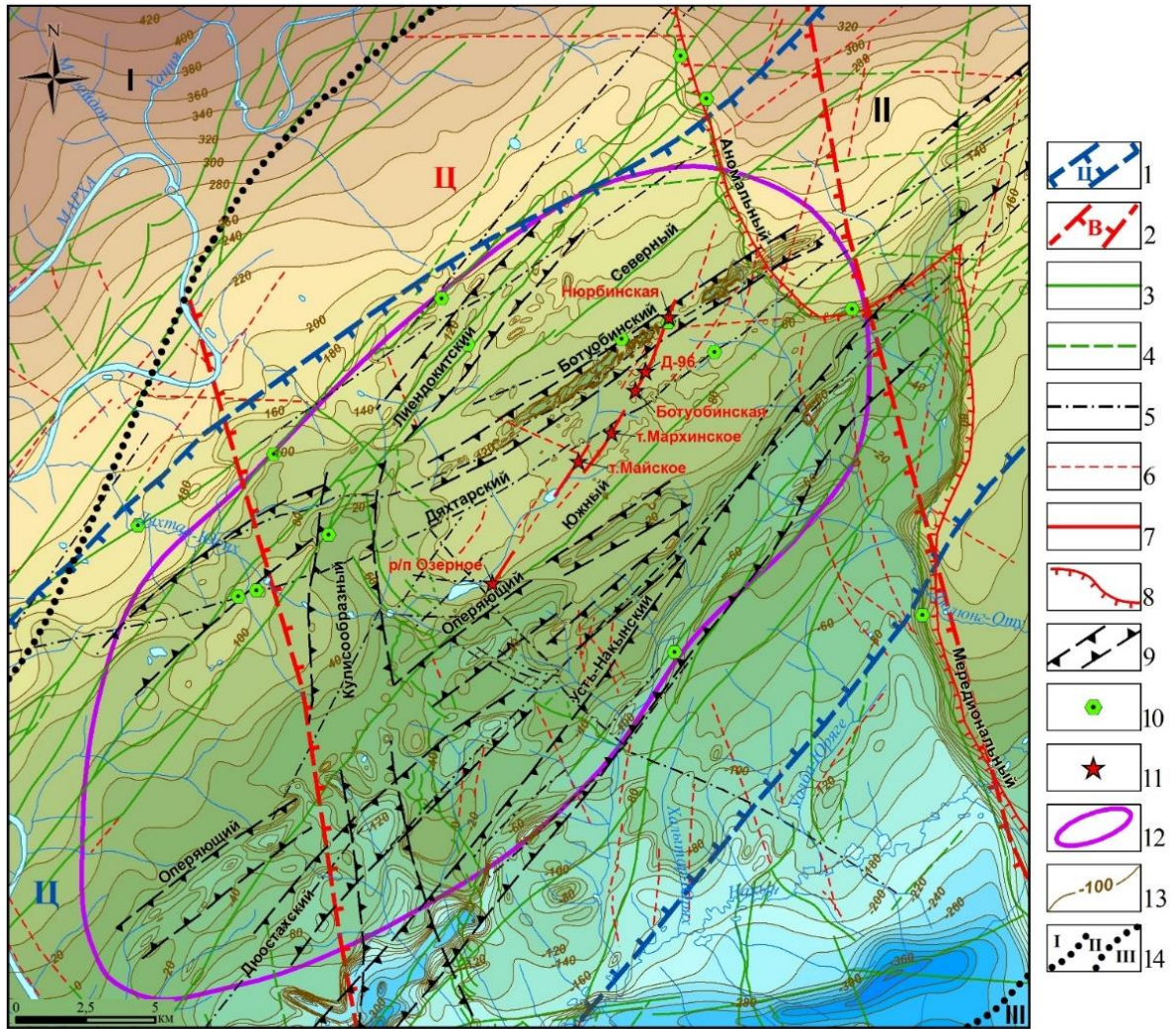
Современный структурно-тектонический план верхних горизонтов кимберлитовмещающей толщи охарактеризован с помощью структурно-тектонической карты по кровле кембрия (Рисунок 20).

Она составлена по кровле кембрия по данным бурения скважин в комплексе с ГИС, материалам магнитной съемки и высокочастотной сейсморазведки.

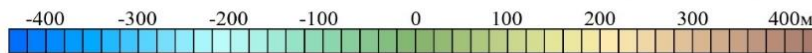
В региональном плане НКП располагается на северо-западном «плече» среднепалеозойского Патомско-Вилюйского авлакогена, на пересечении центральной подзоны ВММЗ с центральной ветвью Среднемархинской секущей зоны (Рисунок 20). Накынское кимберлитовое поле характеризуется общим погружением пород нижнепалеозойского кимберлитовмещающего комплекса с севера, северо-запада на юг, юго-восток под углом (в среднем) близким 1° .

Условно площадь НКП по структурным особенностям можно разделить на четыре части (сегмента), разграниченные Южным и Кулисообразным разломами: северо-западную, северо-восточную, юго-западную и юго-восточную.

Северо-западная часть (четверть) поля, включающая все известные кимберлитовые тела, представляет собой выположенную, террасовидную площадку, в пределах которой градиент погружения пластов пород нижнего палеозоя составляет порядка 8 м на 1 км, что соответствует углу падения порядка $30'$. В юго-восточной части данного сегмента картируется слабовыраженное купольное поднятие, ограниченное с северо-запада Северным, с юго-востока – Южным, с юго-запада Кулисообразным разломами. Размеры поднятия 3х4 км, амплитуда около 30 м. С запада поднятие ограничено пологой депрессией неправильной формы, сопровождающей Кулисообразное нарушение, вытянутой в меридиональном направлении. Размеры ее составляют 10х2,5-3 км, амплитуда около 40 м. В центральной части участка на фоне пологого погружения нижнепалеозойских пород на юго-восток прослеживается довольно контрастный грабен, сопровождающий Ботубинский разлом. Протяженность грабена в пределах поля составляет около 17 км, его ширина 200-500 м, амплитуда 30-150 м. Прогиб трассируется в северо-восточном направлении за пределы Верхнедяхтарского блока и в целом НКП.



Шкала абсолютных отметок кровли мархинской свиты верхнего кембрия, м



Условные обозначения: 1-2 – зоны разломов: 1 – центральная подзона ВММЗ; 2 – центральная ветвь Среднемархинской зоны; 3-9 – тектонические нарушения, выделенные геолого-геофизическими методами (и их названия), в том числе: 3 – выполненные мощными протяженными дайками, 4 – заполненные маломощными непротяженными дайками, 5 – фрагментарно залеченные маломощными кулисообразными дайками, 6 – не содержащие магматических пород, предполагаемые; 7 – кимберлитовмещающие; 8 – сбросы; 9 – грабенообразные прогибы в структуре нижнепалеозойских пород; 10 – эруптивные тела базитовых брекчий; 11 – кимберлитовые тела; 12 – Накынское кимберлитовое поле; 13 – стратоизогипсы кровли мархинской свиты верхнего кембрия (м); 14 – области ВММЗ с различной степенью изученности буровыми работами: I – открытые, слабо изученные для структурных построений, II – изученные достаточно для выполнения структурных построений, III – закрытые, слабо изученные для структурных построений

Рисунок 20 – Современный структурный план нижнепалеозойских отложений Накынского кимберлитового поля (составлен автором по материалам ВГРЭ и НИГП).

Грабен разбит перемычками на отдельные фрагменты. К одной из перемычек приурочена Нюрбинская кимберлитовая трубка. Кроме описанных пликативных элементов в данном сегменте поля выделяется также ряд более мелких локальных малоамплитудных (до 10 м) структур.

Юго-западный сегмент поля представляет собой относительно опущенный блок, абсолютные отметки кровли кембрийских отложений здесь на 30-40 м ниже, чем в северо-восточной части поля. Кимберлитовмещающие породы в его пределах осложнены рядом пликативных форм различной амплитуды и морфологии, как изометричных, так и вытянутых, представленных брахиформными складками, тектоническими выступами и желобами. На их крыльях и бортах картируются существенные изменения как углов (от горизонтального до 3°), так и направления падения геологических слоев. Изометричные брахиантиклинали и синклинали характеризуются, в основном, небольшими размерами от первых сотен метров до километра, их амплитуды не превышают 40 м. Наиболее контрастные дислокации в структуре верхней части нижнепалеозойского разреза связаны с разломами Вилюйско-Мархинской и Среднемархинской зон.

Юго-восточная часть поля характеризуется наиболее сложным пликативным планом осадочного чехла. Здесь структуру нижнепалеозойских кимберлитовмещающих пород осложняют три фрагментарно проявленных грабенообразных прогиба северо-восточного простирания (Оперяющего, Дюостахского разломов и разломов Усть-Накынской ветви), Амплитуда прогибов составляет в среднем 30-50 м, но может увеличиваться и до 80-100 м на пересечениях с секущими разломами СМЗ. Также в данном сегменте выделяется большое количество локальных контрастных структур размерами преимущественно 1-3 км и амплитудой 50-100 м.

Практически всю площадь четвертого, северо-восточного сегмента поля, занимают три сходящихся в северо-восточном направлении линейных прогиба (Оперяющего, Дюостахского и Усть-Накынского нарушений). Ширина прогибов составляет 600-800 м, амплитуда – 30-50 м. В юго-восточной части сегмента прогибы разграничивают относительно выположенные площадки, перепад

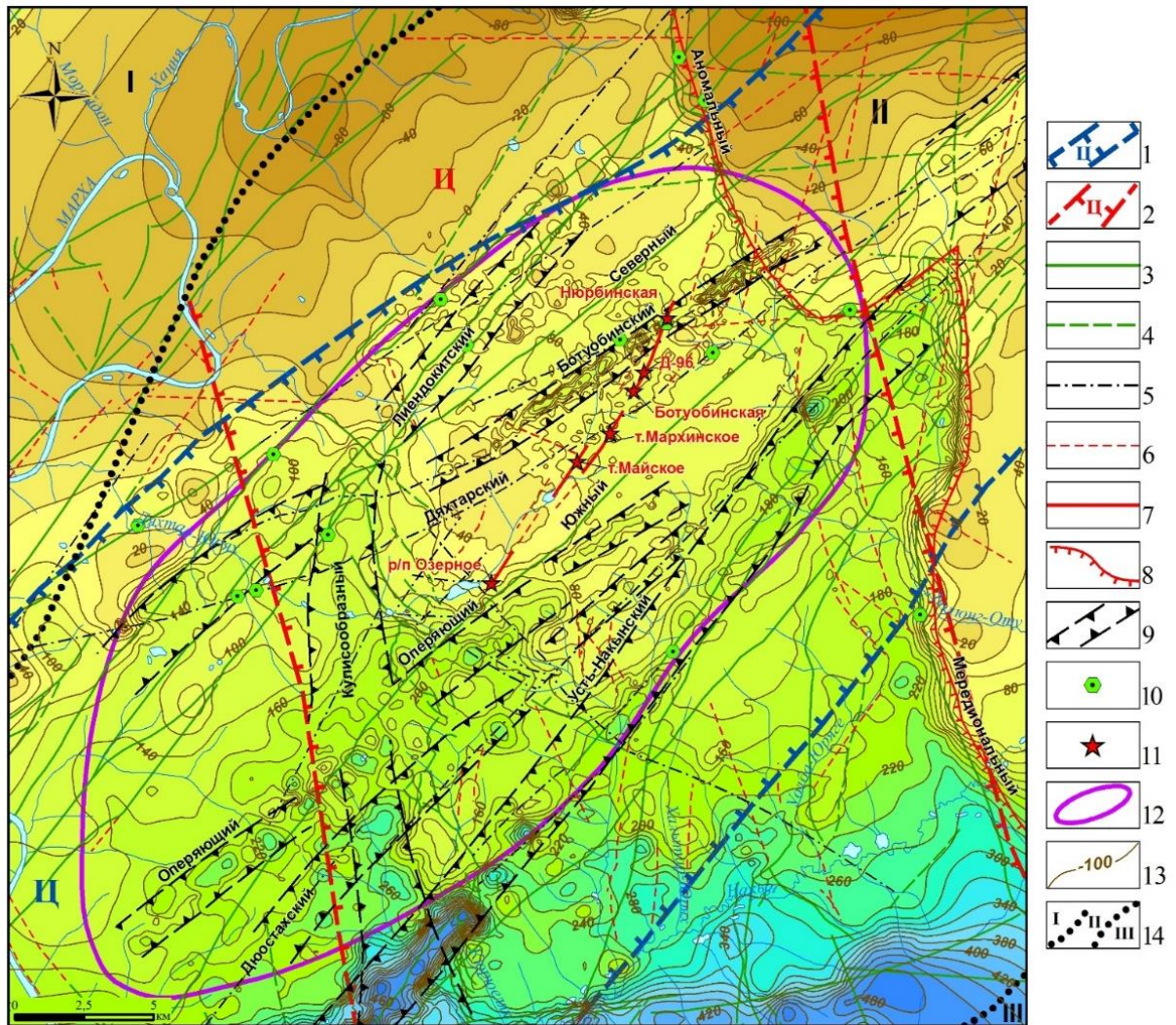
абсолютных отметок реперного горизонта в пределах, которых не превышает 10-20 м. У северо-восточных границ поля пространство между Южным разломом и узлом сочленения вышеназванных нарушений представляет собой пологую моноклираль со спокойным залеганием слоев.

Представления о возрасте пликативных и дизъюнктивных структур, выделенных в пределах НКП, были получены путем сравнительного анализа структурно-тектонической карты и построенных палеотектонических схем на среднепалеозойское и нижнетюньгское время.

По многочисленным источникам известно, что захоронение нижнепалеозойских пород на данной территории происходило в раннеюрское время в условиях прибрежно-морской выположенной низменности [Шаталов, 1997ф, Шаталов, Яныгин 2005ф и др.]. Колебания высотных отметок в этот период здесь были незначительны (не превышали первых десятков метров). Поэтому с определенной долей условности кровлю погребенных нижнепалеозойских пород можно использовать в качестве структурной геологической поверхности. Таким образом, палеотектоническая схема на среднепалеозойское время (Рисунок 21), представляющая собой отраженную в изопахитах остаточную мощность отложений ордовика, была получена вычитанием абсолютных отметок кровли карбонатного цоколя и кровли кембрия. По это схеме можно судить о тектонических движениях, сформировавших структурный план исследуемой территории в период между образованием нижнего реперного горизонта (верхний кембрий) и захоронением верхней структурной поверхности (ранняя юра).

Изучение данной схемы показывает, что остаточная мощность нижнепалеозойских отложений пределах Накынского поля изменяется от 0 до 200-250 м, увеличиваясь в южном - юго-восточном направлении (Рисунок 21).

В целом же, на схеме остаточных мощностей, как и на структурно-тектонической карте, видно, что поле состоит из четырех блоков (сегментов), имеющих свой тектонический облик, а основные структурные элементы, проявленные на современном тектоническом плане, находят свое отражение и на палеотектонической схеме.



Шкала остаточной мощности нижнепалеозойских отложений от кровли мархинской свиты верхнего кембрия, м



Условные обозначения: 1-2 – зоны разломов: 1 – центральная подзона ВММЗ; 2 – центральная ветвь Среднемархинской зоны; 3-9 – тектонические нарушения, выделенные геолого-геофизическими методами (и их названия), в том числе: 3 – выполненные мощными протяженными дайками, 4 – заполненные маломощными непротяженными дайками, 5 – фрагментарно залеченные маломощными кулисообразными дайками, 6 – не содержащие магматических пород, предполагаемые, 7 – кимберлитовмещающие, 8 – сбросы; 9 – грабенообразные прогибы в структуре нижнепалеозойских пород; 10 – эруптивные тела базитовых брекчий; 11 – кимберлитовые тела; 12 – Накынское кимберлитовое поле; 13 – изопакиты остаточной мощности нижнепалеозойских отложений от кровли мархинской свиты (м); 14 – области ВММЗ с различной степенью изученности буровыми работами: I – открытые, слабо изученные для структурных построений, II – изученные достаточно для выполнения структурных построений, III – закрытые, слабо изученные для структурных построений

Рисунок 21 – Палеотектоническая схема НКП на среднепалеозойское время (составлена автором по материалам ВГРЭ и НИГП).

Наибольшими значениями остаточных мощностей обладает юго-восточный сегмент поля. Это так называемый «входящий угол», трассирующийся на площадь поля со стороны Палеовиллюйского авлакогена.

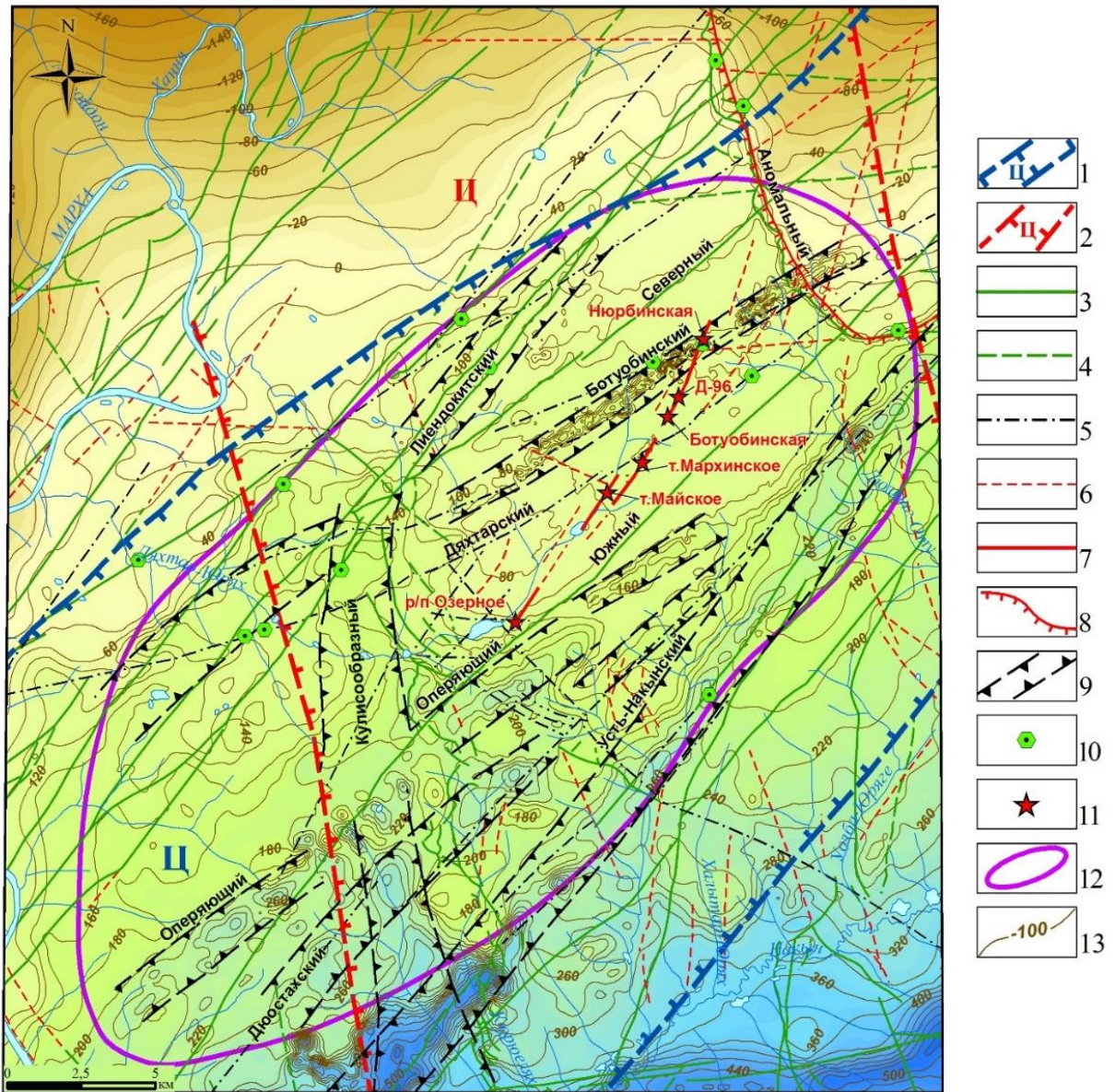
Центральная подзона ВММЗ, как и на современном структурном плане, на палеотектонической карте характеризуется большим количеством локальных структур (как положительных, так и отрицательных), проявленных в виде брахискладок небольших размеров, структурных валов и мысов. Амплитуды этих структур невелики, не превышают 10-20 м. Самой крупной из них, как и на структурно-тектонической карте, является купольное поднятие в центральной части поля, амплитуда которого в мощностях составляет порядка 20-30 м.

Также повышенными значениями остаточной мощности выделяются грабенообразные прогибы, которыми в структуре нижнепалеозойских пород проявлены разломы Виллюйско-Мархинской зоны, а также Кулисообразный разлом СМЗ. Амплитуда этих структур, выраженная в мощностях на палеотектонической схеме, невелика, составляет в среднем 20-40 м. Отдельные разломы, такие как Ботубинский, Усть-Накынский, выделяются более значительными амплитудами погружения осевых частей, которые могут достигать 100-150 м. Такая же картина (увеличение остаточной мощности нижнепалеозойских отложений) иногда наблюдается и в узлах пересечения разломов, либо на участках их сближенного расположения.

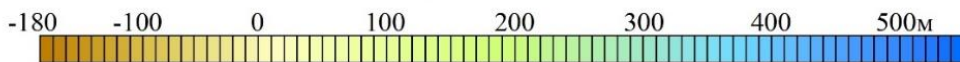
Привлечение к анализу палеотектонической схемы на нижнетюнгское время (Рисунок 22), позволило исключить возможную эрозионную составляющую, которую содержит схема остаточных мощностей.

На данной схеме отражена в изопахитах мощность интервала от кровли верхнего кембрия до кровли тюнгской свиты нижней юры, т. е. расстояние между двумя стратиграфическими (тектоническими) поверхностями.

Кровля тюнгской свиты в районе Накынского поля представляет собой пологую моноклираль, плавно погружающуюся в юго-восточном направлении (Рисунок 23). Здесь отсутствуют эрозионные формы, амплитудные дизъюнктивные и пликативные нарушения [Горев, Герасимчук, 2017].

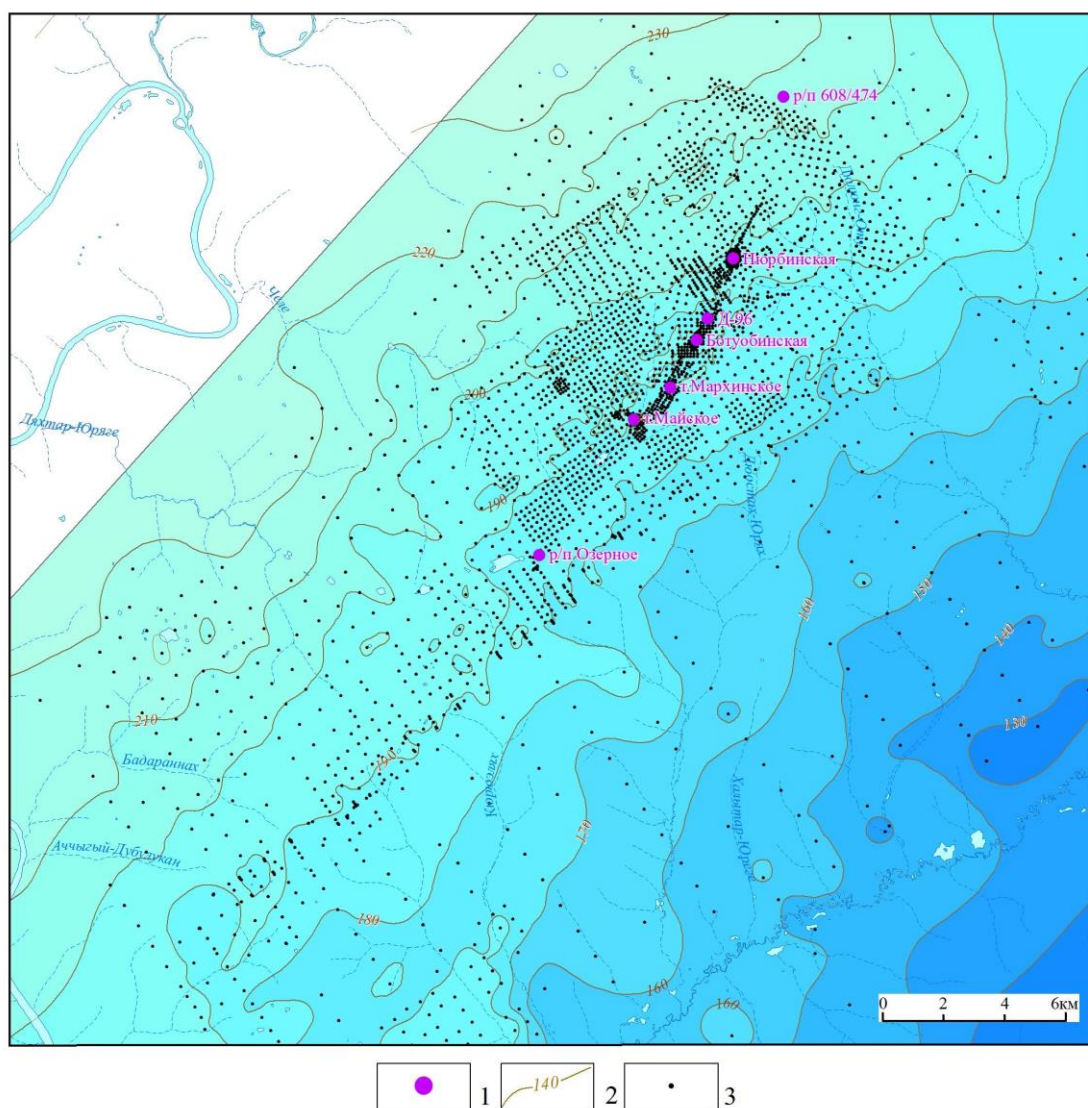


Шкала мощности интервала от кровли тюнгской свиты
нижней юры до кровли мархинской свиты верхнего кембрия



Условные обозначения: 1-2 – зоны разломов: 1 – центральная подзона ВММЗ: 2 – центральная ветвь Среднемархинской зоны; 3-9 – тектонические нарушения, выделенные геолого-геофизическими методами (и их названия), в том числе: 3 – выполненные мощными протяженными дайками, 4 – заполненные маломощными непротяженными дайками, 5 – фрагментарно залеченные маломощными кулисообразными дайками, 6 – не содержащие магматических пород, предполагаемые, 7 – кимберлитовмещающие, 8 – сбросы, 9 – грабенообразные прогибы в структуре нижнепалеозойских пород; 10 – эруптивные тела базитовых брекчий; 11 – кимберлитовые тела; 12 – Накынское кимберлитовое поле; 13 – изопахиты интервала от кровли тюнгской свиты нижней юры до кровли кембрия

Рисунок 22 – Палеотектоническая схема НКП на нижнетюнгское время (составлена автором по материалам ВГРЭ и НИГП).



Условные обозначения: 1 – кимберлитовые тела и их названия, 2 – стратоизогипсы кровли тюнговской свиты нижней юры, м; 3 – поисково-картировочные скважины

Рисунок 23 – Структурная схема среднемезозойского подъяруса Среднемархинского алмазоносного района [Горев, Герасимчук, 2017].

Таким образом, контрастные структуры, проявленные в мощностях данного интервала, имеют тектоническую природу и сформированы раньше нижнетюнговского времени.

Палеотектоническая схема на нижнетюнговское время (Рисунок 22) во многом аналогична схеме остаточных мощностей (палеотектонической схеме на среднепалеозойское время) (Рисунок 21). Повышенными мощностями на ней выделяются те же структурные элементы, что и на схеме остаточных мощностей. Это грабены ВММЗ, юго-восточный сегмент поля, блок, включающий Дыхтарский

куст кимберлитовых тел. Наряду с этим, данные структурные элементы не выражены в рельефе кровли нижнетюнгских отложений (Рисунок 23). Это позволяет считать их возраст доюрским.

Таким образом, основные элементы строения Накынского кимберлитового поля, фиксируемые на палеотектонических схемах, соответствуют тектоническим элементам, проявленным в современном структурном плане. В рельефе кровли нижнепалеозойских отложений, как и в рельефе кровли тюнгской свиты нижней юры, они не картируются.

Верхнепалеозойско-раннемезозойская эпоха, учитывая пограничное положение Среднемархинского района по отношению к Тунгусскому и Вилюйскому бассейнам седиментации, а также значительную удаленность Накынского поля от активных в тектоническом отношении областей, характеризовалась, вероятнее всего, спокойным тектоническим режимом [Кондратьев, Горев, 2005].

Это позволяет с большой долей уверенности утверждать, что все контрастные структуры, проявленные на площади НКП, имеют среднепалеозойский возраст.

3.2.3. Тектоника Сюльдюкарского кимберлитового поля

Сюльдюкарское кимберлитовое поле (СКП) находится в среднем течении р. Вилюй, в бассейне его левого притока р. Сюльдюкар. В минерагеническом отношении – это юго-западная периферия Ыгыаттинского алмазоносного района ЯАП.

СКП открыто в апреле 2015 г. В его пределах известно пока одна кимберлитовая трубка, состоящая из 2-х сближенных тел, открытых в результате

заверки аэромагнитной аномалии Т-54/14. Кимберлитовмещающие породы представлены карбонатными и терригенно-карбонатными породами возрастного интервала от венда до ордовика, мощностью 2,5-2,7 км. Перекрывающий комплекс сложен терригенными и вулканогенно-осадочными отложениями карбона, перми, нижнего триаса и нижней юры. В целом мощность покровных пород изменяется от 0 до 190 м.

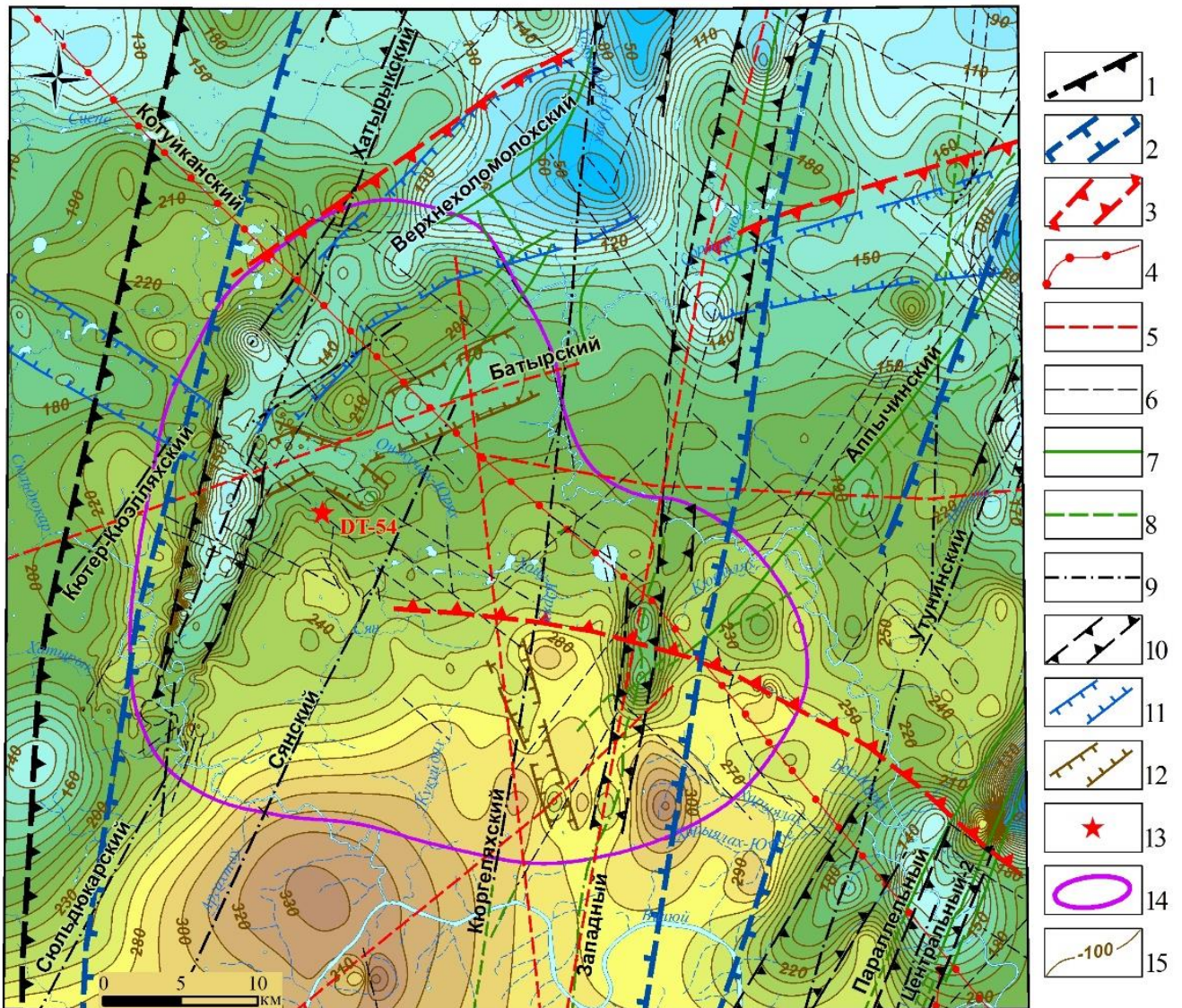
В структурах платформенного чехла поле располагается на сочленении северо-восточного крыла НБА с Сюгджерской седловиной. Дизъюнктивная позиция поля определяется областью пересечения западной подзоны ВММЗ с субширотными разломами Батырской ветви Джункун-Хампинской зоны.

Тектоника верхней части нижнепалеозойского разреза наиболее детально изучена по кровле третьей пачки холомолохской свиты (E_3h1^3). Структурно-тектоническая карта (Рисунок 24) составлена по данным бурения в комплексе с ГИС, с привлечением других геолого-геофизических материалов. Центральная часть поля изучена сетью скважин 2×2 км, его фланги – 4×2 км, а долина среднего течения р. Сюльдюкар - более детально, здесь на отдельных локальных участках скважины пробурены по сети 200×200 м. По густой, но неравномерной ($1 \times 0,2$ км) поисковой сети изучен участок вокруг кимберлитового тела Т-54.

На структурно-тектонической карте отчетливо прослеживается общее направление падения пластов нижнего палеозоя на север – северо-восток (Рисунок 24). Абсолютные отметки кровли реперного горизонта на юге составляют +310 м и понижаются до 160 м у северных границ поля.

В качестве основных структур, осложняющих строение рассматриваемой площади, выступают грабенообразные прогибы, сопровождающие нарушения ВММЗ, а также грабены других направлений, занимающие секущее положение по отношению к разломам Вилуйско-Мархинской зоны.

Наиболее контрастно на исследуемой площади в структуре кимберлитовмещающих пород проявлен Хатырыкский грабен. В пределах кимберлитового поля его протяженность составляет порядка 25 км, ширина – 3,5-4 км.



Шкала абсолютных отметок кровли третьей пачки холомоховской свиты, м



Условные обозначения: 1 – граница ВММЗ; 2 – западная подзона ВММЗ; 3 – Батыйская ветвь ДХЗ; 4-6 тектонические разломы, выделенные геолого-геофизическими методами: 4 – глубинные магистральные, 5 – основные, 6 – предполагаемые; 7-9 – дайки долеритов среднепалеозойского возраста: 7 – выходящие на поверхность кимберлитовмещающих пород, 8 – «слепые», 9 – трассируемые по косвенным признакам; 10 – грабены сложного строения ВММЗ; 11-12 – предполагаемые грабены Батыйской ветви ДХЗ: 11 – среднепалеозойского возраста, 12 – позднепалеозойско-мезозойского возраста; 13 – кимберлитовое тело Т-54; 14 – Сянецкое кимберлитовое поле; 15 – стратоизогипсы кровли мирнинской свиты среднего кембрия, м

Рисунок 24 – Структура нижнепалеозойских отложений Сянецкого кимберлитового поля [Проценко, 2018ф].

Грабен имеет север-северо-восточное простирание ($10-15^\circ$), четкие контуры и выдержанную амплитуду порядка 40-60 м, на отдельных участках до 80 м.

К южным границам поля амплитуда грабена уменьшается сначала до 30 м (левобережье р. Сюльдюкар), а затем прогиб выполаживается практически полностью. На правобережье р. Сюльдюкар его амплитуда уже не превышает 20 м. В северном направлении грабен теряет свою выдержанность, представлен серией непротяженных кулис, смещенных друг относительно друга. За контуры поля при данной степени изученности прогиб не трассируется. Вероятнее всего, грабен срезается Котуйканским глубинным разломом (шовной зоной).

В восточной части поля грабенообразным прогибом близмеридионального простирания картируется Западный разлом ВММЗ. Амплитуда прогиба сопоставима с амплитудой Хатырыкского грабена и составляет 80-100 м. Надежно установить протяженность и ширину структуры не представляется возможным, т.к. плотность сети буровых скважин с выполненным комплексом ГИС-исследований (4×2 км) в этой части поля недостаточна для надежного оконтуривания. Грабен трассируется от западных границ поля до Котуйканского разлома (протяженность его в пределах поля составляет около 15 км). Далее на север представлен коротким фрагментом (~ 3 км), смещенным относительно основного тела грабена в восточном направлении. В Мирнинском поле ширина прогиба, сопровождающего Западный разлом ВММЗ составляет 1,5 км. Схожесть отдельных идентификационных черт Западного нарушения с Хатырыкским свидетельствует о принадлежности этих структур к одному этапу тектонического развития.

Вторую группу линейных структур на Сюльдюкарской площади составляют два грабенообразных прогиба восток-северо-восточного простирания. Эти нарушения локализованы в северной части поля, и мы их относим к Батырской ветви Джункун-Хампинской зоны разломов, как наиболее близкой по простиранию. Грабены трассируются от восточных границ поля до пересечения с Хатырыкским грабеном, далее, на его западном борту, не прослежены. Простирание данных структур составляет около 60° . Ширина их оценивается в 4,5 – 5 км. Амплитуда прогибов различна.

Грабенообразный прогиб, расположенный непосредственно у северных границ поля, названный нами Верхнехоломолохским, имеет амплитуду 30-40 м, сложное (блоковое) строение, обусловленное его локализацией в узле пересечения разломов нескольких направлений. В целом сохраняя восток-северо-восточное направление, прогиб разбит на ряд фрагментов, смещенных относительно его осевой линии по разломам северо-западного простирания [Проценко, Горев, 2018]. Следует сказать, что изученность данной структуры бурением (скважинами с проведенным комплексом ГИС), недостаточна для уверенного определения ее границ и морфологии (плотность буровой сети на флангах 4×2 км, и примерно 10×10 км в ее центральной части). Поэтому данная структура отнесена к разряду грабенов условно.

Грабен, трассирующийся несколько южнее вышеописанного, названный нами Батырский, имеет более выдержанное простирание, в целом меньшую амплитуду (10-15 м), является отражением в верхних горизонтах осадочного чехла Батырского регионального разлома. Нарушение прослеживается на восток за пределы Сюльдюкарской площади. Там простирание грабена приближается к широтному, составляя порядка 80° .

Кроме вышеописанных, на площади закартированы структуры северо-западного простирания. В юго-восточной части поля, в долине р. Бысырдах, выделяется непротяженный грабен с простиранием порядка 160° , шириной около 1,5 км и амплитудой 20-35 м. Грабен выделяется условно в связи с недостаточной изученностью. В непосредственной близости от кимберлитового тела закартирована еще одна отрицательная структура, мульда, амплитудой около 30-40 м.

Известное кимберлитовое тело находится на борту малоамплитудной (10-15 м) мульдообразной структуры, выделенной по данным высокочастотной сейсморазведки на значительном удалении от вышеописанных линейных прогибов.

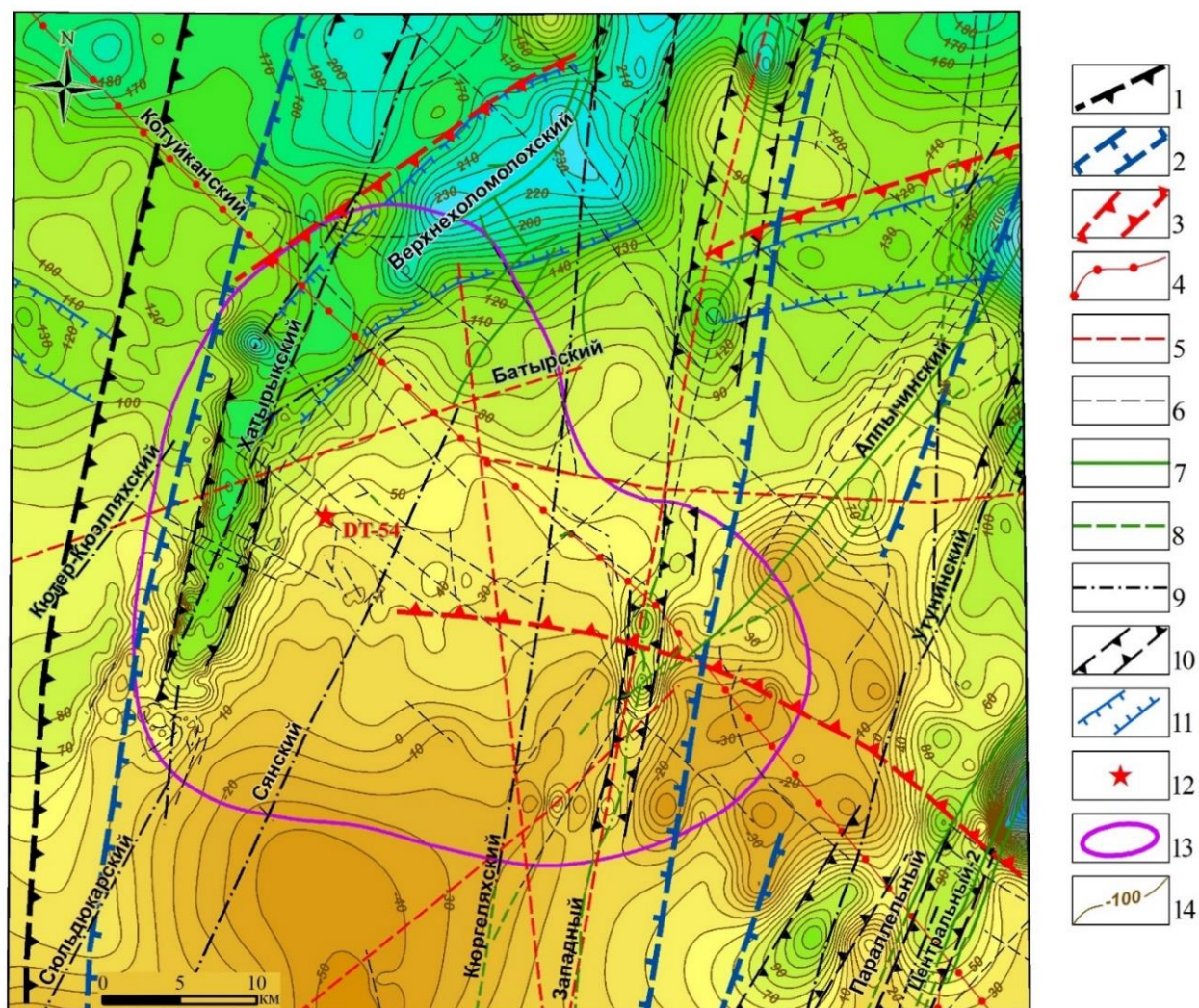
В целом наиболее сложным структурным планом осадочного чехла характеризуется северная и западная части поля, что свидетельствует о наличии на

данных участков узлов пересечения разломов нескольких направлений [Проценко, Горев, 2018]. В северной части поля это узел пересечения разломов север-северо-восточного (ВММЗ), восток-северо-восточного (Батырская зона), север-северо-западного (Котуйканская шовная зона?) и северо-западного направлений; в западной части – разломы север-северо-восточного и северо-восточного направлений (ВММЗ), а также разломы северо-западного направления.

Представление о возрасте структур, определяющих современный тектонический облик Сюльдюкарского кимберлитового поля, может быть получено путем комплексного анализа современного структурного плана нижнепалеозойских пород, карты остаточных мощностей и карты рельефа кровли карбонатного цоколя.

На карте остаточных мощностей (палеотектонической карте) в изопахитах отражена сохранившаяся от размыва мощность нижнепалеозойских отложений от кровли третьей пачки холомолохской свиты (C_3h1^3) (8 реперного пласта) (Рисунок 25). В целом по площади остаточная мощность нижнепалеозойских отложений увеличивается в северном направлении. У южных границ поля реперный пласт эродирован полностью, остаточная мощность составляет -40 м.

Максимальная остаточная мощность нижнепалеозойских отложений приурочена к северной оконечности Сюльдюкарской площади и достигает 230 м. Повышенной остаточной мощностью характеризуются грабены ВММЗ (Хатырыкский и Западный), а также Верхнехоломолохский прогиб Батырской ветви ДХЗ. Возраст активизации данных структур с большой долей вероятности можно считать среднепалеозойским, т. к. повышенной остаточной мощностью (минимальным эрозионным срезом), как правило, характеризуются структуры, сформировавшиеся до момента пенеппенизации и захоронения кимберлитовмещающих пород, т.е. в случае Сюльдюкарской площади – доверхнепалеозойские. Батырский грабен картируется повышенной остаточной мощностью за пределами Сюльдюкарского поля, а на исследуемой площади на карте остаточных мощностей не проявлен.



Шкала остаточной мощности нижнепалеозойских отложений от кровли третьей пачки холомолохской свиты верхнего кембрия, м



Условные обозначения: 1 – западная граница ВММЗ; 2 – западная подзона ВММЗ; 3 – Батырская ветвь ДХЗ; 4-6 тектонические нарушения, выделенные геолого-геофизическими методами: 4 – глубинные магистральные, 5 – основные, 6 – предполагаемые, 7-9 дайки долеритов среднепалеозойского возраста: 7 – выходящие на поверхность кимберлитовмещающих пород, 8 – «слепые», 9 – трассируемые по косвенным признакам; 10-11 – грабенообразные прогибы среднепалеозойского возраста в структуре нижнепалеозойских пород: 10 – Вилюйско-Мархинской зоны; 11 – Батырской ветви ДХЗ; 12 – кимберлитовое тело Т-54; 13 – Сюддюкарское кимберлитовое поле; 14 – изопахиты мощности нижнепалеозойских отложений от кровли третьей пачки холомолохской свиты, м

Рисунок 25 – Палеотектоническая схема на среднепалеозойское время Сюддюкарского кимберлитового поля [Проценко, 2018ф].

Подобная картина характеризует Батырский разлом как долгоживущий, фрагменты которого были активизированы в разное время.

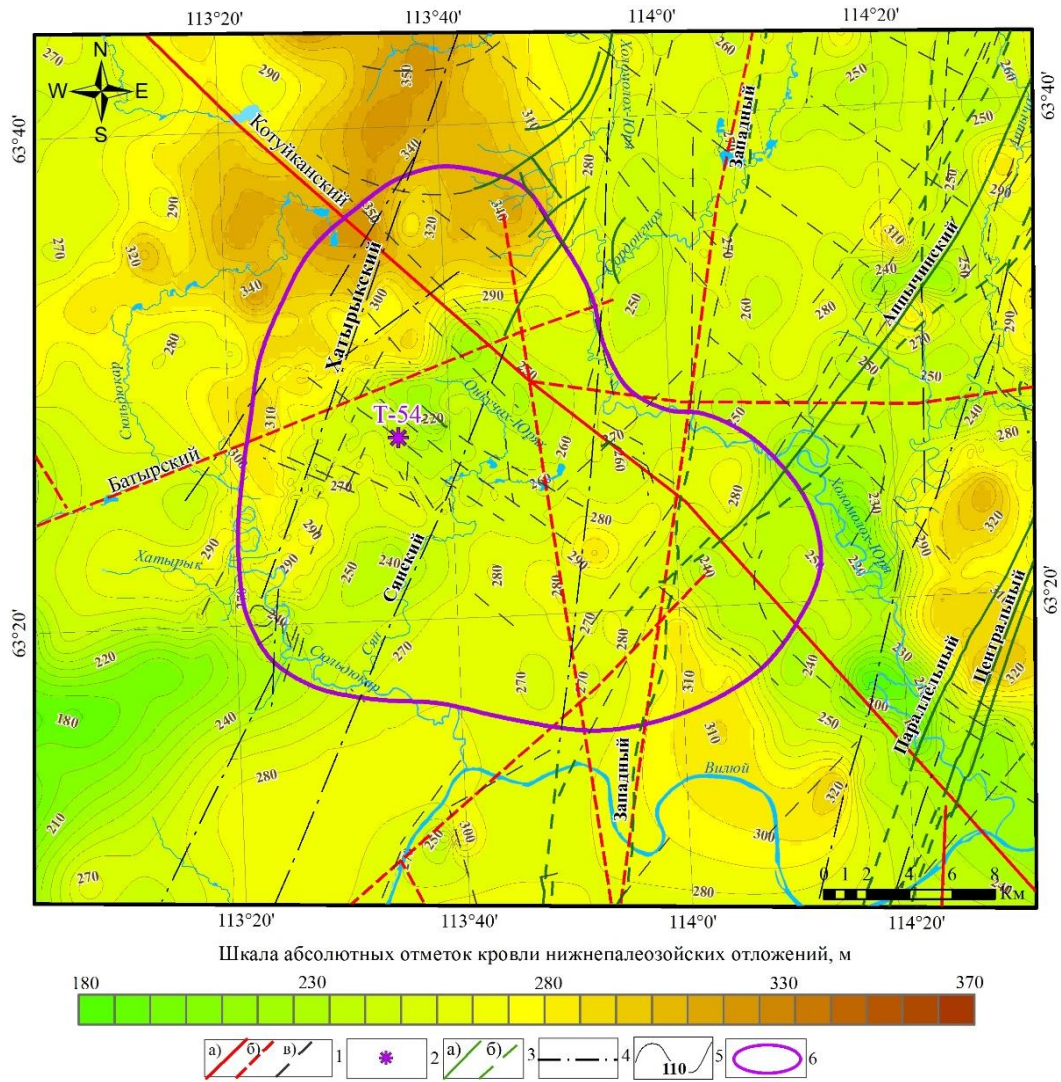
Прогибы северо-западного направления, фиксируемые на структурно-тектонической карте, в остаточных мощностях не проявлены, что свидетельствует о более позднем, чем среднепалеозойский, возрасте их формирования. Захоронение кровли нижнепалеозойских пород на исследуемой территории произошло в раннепермское время. Изучая ее рельеф (Рисунок 26), можно получить общее представление о тектонических движениях, имевших место на Сюльдюкарской площади от ранней перми до настоящих дней, а также о возрасте формирования отдельных структур. Выполнить корректно более детальный тектонический анализ по имеющимся материалам не представляется возможным из-за широкого развития на площади эрозионных процессов, а также значительного влияния траппового магматизма, изменившего структурный план территории в раннемезозойское время.

В рельефе кровли карбонатного цоколя наиболее приподнятой частью является северная, где абсолютные отметки кровли нижнепалеозойских образований составляют 350 м (Рисунок 26).

Общее понижение абсолютных отметок палеоповерхности в юго-восточном направлении до 280 м связано, по-видимому, с формированием в ранней юре Ангаро-Виллюйского прогиба. Субмеридианальные грабенообразные прогибы, Западный и Хатарыкский, в кровле нижнепалеозойских пород практически не проявлены.

Этот факт, наряду с повышенной остаточной мощностью нижнепалеозойских отложений в пределах этих структур, свидетельствует о среднепалеозойском возрасте их формирования. Незначительные локальные понижения в кровле кимберлитовмещающих пород по оси Хатырыкского грабена могут быть связаны как с подновлением тектонических движений в постраннепермское время, так и с эрозионной деятельностью каменноугольных рек.

Отражение грабенов Батырской ветви разломов в рельефе погребенной кровли нижнепалеозойских пород различно.



Условные обозначения: 1 – разрывные нарушения платформенного чехла, выделенные геолого-геофизическими методами: а) глубинные, б) основные, в) предполагаемые; 2 – кимберлитовое тело Т-54; 3-4 – дайки долеритов среднепалеозойского возраста: 3 – выделяемые уверенно: а) выходящие на поверхность кимберлитовмещающих пород, б) «слепые»; 4 – трассируемые по косвенным признакам; 5 – изогипсы кровли нижнепалеозойского карбонатного цоколя, (м); 6 – контур Сюльдюкарского кимберлитового поля

Рисунок 26 – Рельеф кровли нижнепалеозойских пород Сюльдюкарского кимберлитового поля [Проценко, 2018ф].

Это свидетельствует о том, что разломы Батырской ветви являются разновозрастными, сформированными в разные тектонические этапы. Верхнехолмолохский грабен в кровле карбонатного цоколя не проявлен, что определяет время его формирования как доверхнепалеозойское, предшествующее времени захоронения пород нижнепалеозойского комплекса. Батырский разлом по кровле нижнепалеозойских пород трассируется грабенообразным прогибом,

аналогичным картируемому на структурно-тектонической карте, т.е. имеет более поздний по отношению к процессам пенепленизации и захоронения цоколя возраст.

Прогиб северо-западного простирания в центральной части поля, как и Батырский грабен, фиксируется депрессией в кровле кимберлитовмещающих пород, к которой также приурочены повышенные мощности перекрывающих отложений.

Кроме того, локальными отрицательными структурами в кровле карбонатного цоколя проявлены мульдообразные прогибы, выделенные сейсморазведочными методами в центральной части поля. Ко многим из них приурочены и повышенные значения мощности перекрывающих отложений.

В этой связи следует отметить, что околотрубочные мульды оседания (ОМО), свойственные отдельным, преимущественно крупным, кимберлитовым телам Алакит-Мархинского поля, вряд ли имеют место на Сьюльдюкарской площади. Такие структуры формируются при проседании осадочных пород в результате эксплозивных процессов [Никинин, 1980, Никулин, Люлюх и др., 2002]. Их амплитуды не превышают 50 м, а размеры – 3-х диаметров трубки. Развиты ОМО в приповерхностных слоях разреза, приурочены к жерловым частям диатрем, а на глубоких горизонтах осадочного чехла не проявлены. Мульды характеризуются увеличенной остаточной мощностью нижнепалеозойских пород, что указывает на их допозднепалеозойский (среднепалеозойский) возраст. В некоторых мульдах эффект оседания фиксируется и по поверхности вмещающих пород, т.е. их развитие продолжалось и в более поздние эпохи или их образование осуществлялось под воздействием других (нетектонических) факторов [Горев, Герасимчук, 2017]. Дугообразные мульды, зафиксированные в центральной части СКП сейсморазведочными работами, отличаются от ОМО Алакит-Мархинского поля формой, значительными размерами, в остаточных мощностях нижнепалеозойского яруса не проявлены (возраст их формирования верхнепалеозойско-мезозойский). Верхняя часть нижнепалеозойского комплекса, вмещающая кратерные части кимберлитовых тел, в котором могут быть

приурочены околотрубочные мульды оседания, на Сюльдюкарской площади эродирована. На основании всего вышеперечисленного можно сделать вывод о том, что выделенные в центральной части СКП локальные отрицательные структуры (мульды), не являются классическими мульдами оседания, не имеют генетической связи с кимберлитовнедрением, и, следовательно, не могут служить крупномасштабным тектоническим критерием кимберлитового тела.

Таким образом, основные результаты комплексного изучения строения верхней части платформенного чехла продуктивных кимберлитовых полей Вилуйско-Мархинской минерагенической зоны сводятся к следующему.

1) Кимберлитовые поля располагаются в узлах пересечения отдельных подзон Вилуйско-Мархинской минерагенической зоны с секущими зонами, выходящими из Палеовилуйского авлакогена.

2) Продуктивные поля ВММЗ характеризуются спокойным залеганием нижнепалеозойских пород, осложненным наличием слабоконтрастных локальных структур и грабенообразных прогибов, которыми в толще кимберлитовмещающих пород проявлены отдельные разломы ВММЗ и секущих рудоносных зон.

3) Эти грабенообразные прогибы (грабены) характеризуются повышенной остаточной мощностью нижнепалеозойских пород и имеют, как правило, среднепалеозойский возраст.

Вышесказанное позволяет сформулировать второе защищаемое положение: *алмазоносные кимберлитовые поля в пределах ВММЗ контролируются узлами пересечения подзон с секущими зонами (размерами до 45 км в поперечнике), трассирующимися со стороны Палеовилуйского авлакогена, которые проявлены в структуре нижнепалеозойских пород линейными депрессиями либо серией линейных прогибов. Характерным признаком этих узлов является усложнение строения кимберлитовмещающей толщи, обусловленное широким развитием в их пределах пликтивных структур среднепалеозойского возраста с повышенной мощностью нижнепалеозойских образований.*

ГЛАВА 4. ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ КУСТОВ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТЕЛ В ИЗВЕСТНЫХ КИМБЕРЛИТОВЫХ ПОЛЯХ

Достоверность генетической связи кимберлитов с известными тектоническими элементами, за редким исключением, не доказана, а эмпирически – статистически, как правило, не представительна. Следует отметить, что известные тектонические критерии, за исключением рудовмещающих нарушений, могут быть обусловлены как кимберлитами, так и иметь с ними случайную связь. Тектонические критерии, как, впрочем, и другие, являются необходимым, но не достаточным условием для локализации месторождения. Данные обстоятельства не позволяют высоко оценивать прогнозную значимость отдельных критериев. В связи с этим, прогнозирование на современном уровне знаний, в особенности на закрытых площадях, целесообразно осуществлять не по отдельным признакам и критериям, а по их комплексу [Горев, 2005 и др.].

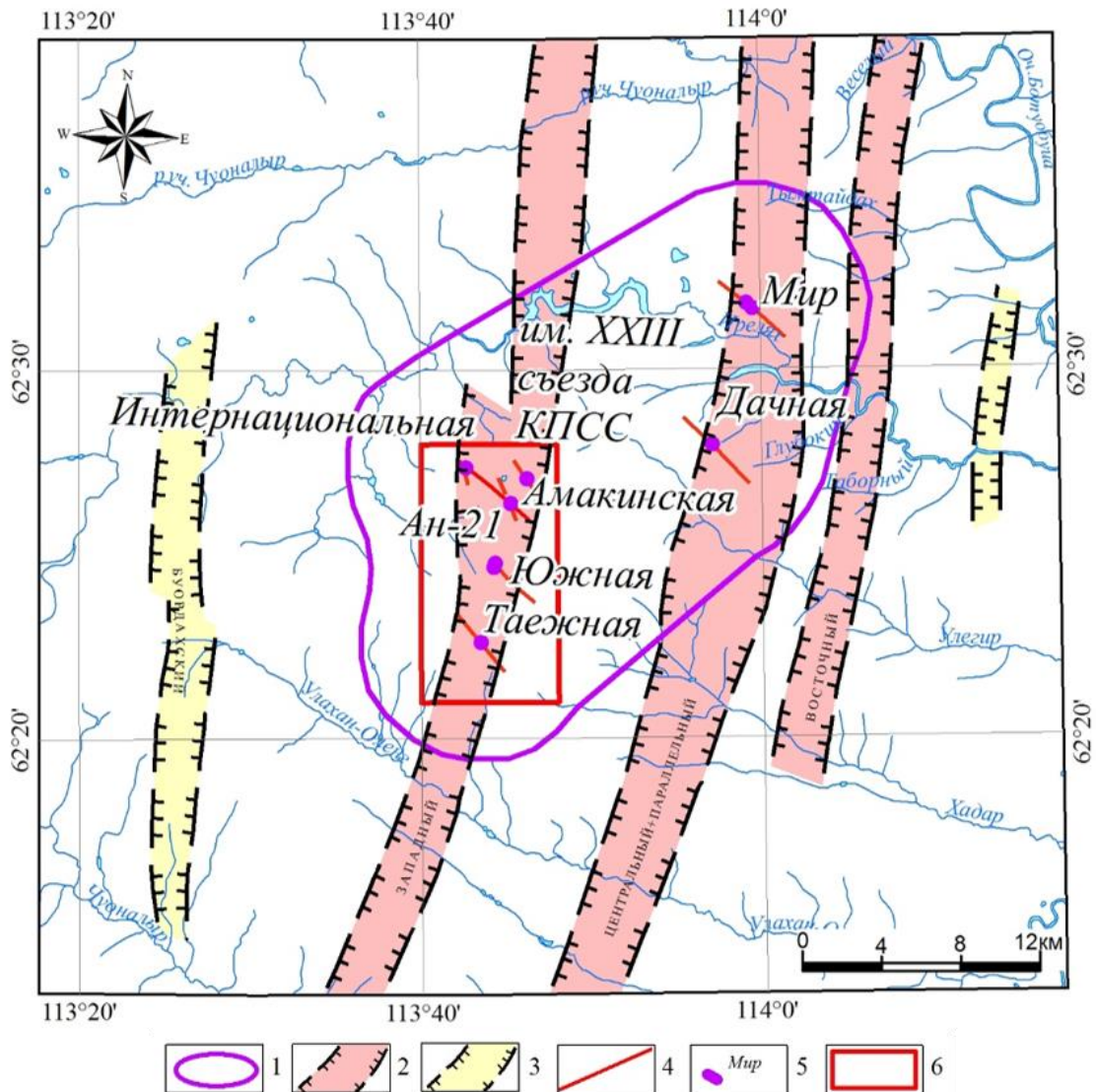
К крупномасштабным кимберлитовым объектам (таксонам), согласно общепринятому иерархическому ряду, относятся: 1 – куст кимберлитовых тел, 2 – отдельное кимберлитовое тело.

Куст кимберлитовых тел – это промежуточный объект поисков, включающий несколько сближенных тел – от 2 до 5-7 и более, занимающих площадь от первых десятков до нескольких км², со сходным вещественным составом [Ваганов, Голубев, Минорин и др., 2002; Подчасов, Минорин, Богатых и др., 2004; Харьков, Зинчук, Крючков, 1998 и др.]. В настоящее время по характеру размещения кимберлитовых тел рудные кусты делятся на: 1 – изометричные, в которых рудные тела располагаются незакономерно; 2 – линейные – рудные тела размещаются по одной линии (по дуге); 3 – смешанного типа. Считается, что цепочка кимберлитовых тел приурочена к разлому, а группа – к узлу пересечения разломов.

Для изучения закономерностей тектонического контроля крупномасштабных алмазоносных таксонов ранга «куст кимберлитовых тел» автором был выполнен

детальный структурный анализ участков локализации Западного (Мирнинское поле) и Дяхтарского (Накынского поле) кустов кимберлитовых тел на основе крупномасштабных тектонических карт (масштаба 1:10 000).

В **Мирнинском поле** известны две линейные группы (куста) кимберлитовых тел, вытянутых вдоль разломов ВММЗ – Западного и Параллельного, сближенного с Центральным (Рисунок 27).



Условные обозначения: 1 – контур Мирнинского кимберлитового поля; 2-3 – разломы ВММЗ, проявленные в породах нижнего палеозоя грабеном сложного строения; 2 – интродуцированные мощными протяженными дайками; 3 – фрагментарно залеченные маломощными кулисообразными дайками; 4 – кимберлитовмещающие разломы; 5 – кимберлитовые тела, их названия; 8 – участок Западного куста кимберлитовых тел, детально изученный в рамках данных исследований

Рисунок 27 – Тектоническая схема Мирнинского кимберлитового поля [Проценко, Горев, 2017].

Эти разломы с азимутом простирания $\sim 15^\circ$ считаются кимберлитоконтролирующими, а вмещают кимберлитовые тела, оперяющие их непротяженные разрывы северо-западного простирания ($\sim 325^\circ$), включающие одно, реже два сближенных рудных тела, редко выходящих за пределы кимберлитоконтролирующих зон.

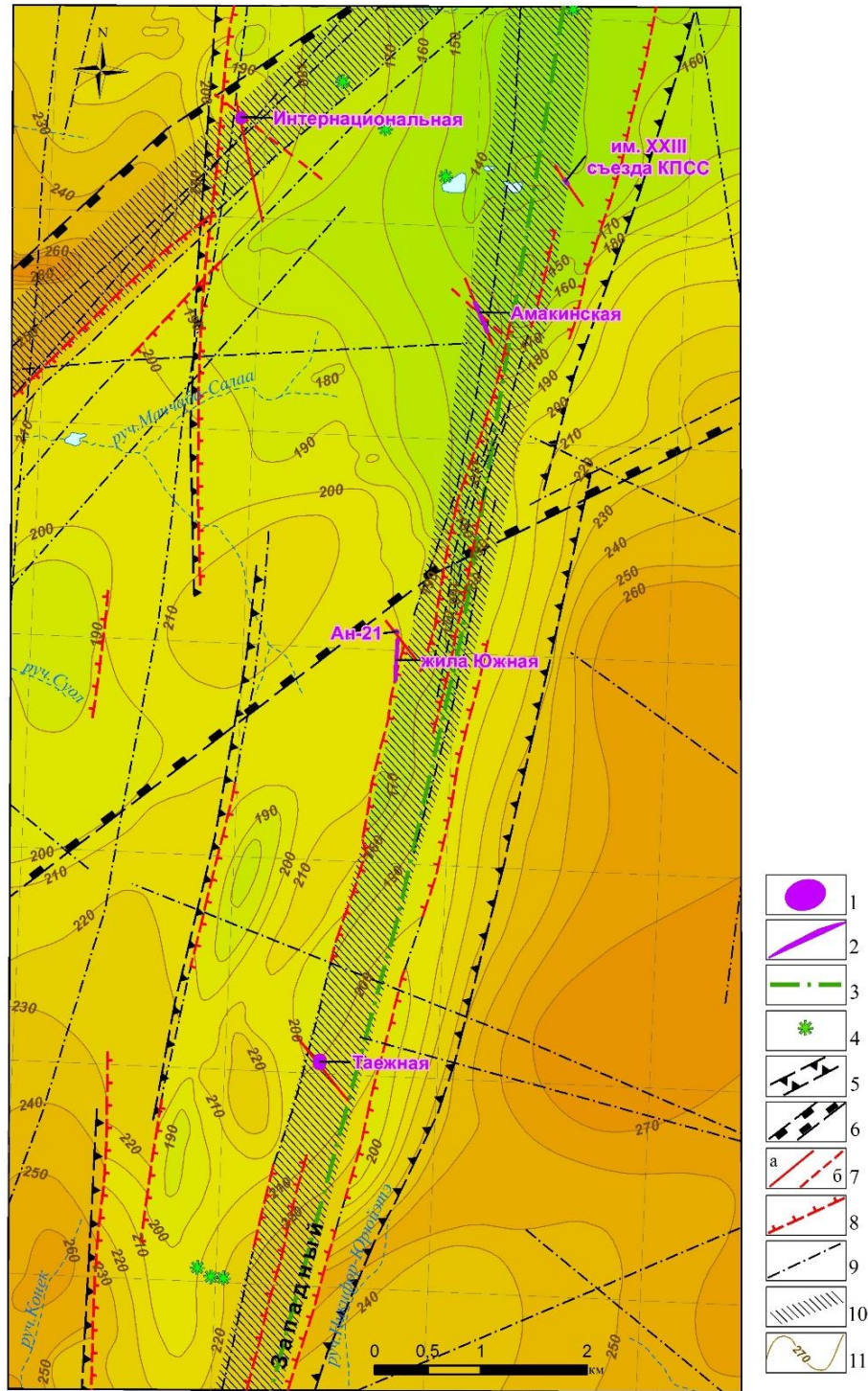
Строение участков локализации кустов кимберлитовых тел Мирнинского поля изучено более детально на примере куста Западного разлома – Западного куста кимберлитовых тел (ЗККТ).

Для анализа пликативных дислокаций ЗККТ построена структурная схема по кровле мирнинской свиты среднего кембрия, отражающая современный структурный план кимберлитовмещающей толщи (Рисунок 28). Выполненные построения базируются, в первую очередь, на результатах поискового бурения в комплексе с ГИС, а также на данных высокочастотной сейсморазведки, выполненной в зоне Западного разлома в 2005 – 2008 гг. [Трофимов, Малышева, 2008ф].

Отдельные дизъюнктивные нарушения выделены автором при составлении тектонических карт по резкому изменению абсолютных отметок реперного горизонта (сбросы), остальные вынесены на карты по результатам выполненных ранее геофизических исследований. Следует отметить, что изученность участка скважинами с ГИС весьма неравномерная, а в целом слабая, не отвечающая детальной стадии ГРП, как, впрочем, и изученность сейсморазведкой.

Ширина зоны Западного разлома на участке локализации кимберлитовых тел достигает 4 км на севере и уменьшается до 2,5 км на юге (Рисунок 28). Участок расположения Западного куста кимберлитовых тел в верхних горизонтах нижнепалеозойской толщи картируется линейным прогибом субмеридионального простирания. Прогиб осложнен мелкими горстами, гребневидными и локальными брахискладками. Общая амплитуда прогиба не превышает 70 м.

Дизъюнктивные нарушения Западного куста представлены серией разломов, большинство из которых являются сбросами.



Условные обозначения: 1 – кимберлитовые трубки; 2 – кимберлитовые дайки и жилы; 3 – дайка долеритов Западного разлома; 4 – базитовые трубки взрыва; 5 – зона Западного разлома; 6 – зона Маччобинского разлома; 7-10 – нарушения, выделенные геолого-геофизическими методами: 7 – разломы кимберлитовмещающие: а) установленные, б) предполагаемые; 8-9 – прочие разломы: 8 – сбросы, 9 – с неустановленной кинематикой; 10 – зоны повышенной дислоцированности нижнепалеозойских пород по данным высокочастотной сейсморазведки; 11 – стратоизогипсы кровли мирнинской свиты, м

Рисунок 28 – Структура кровли мирнинской свиты участка локализации ЗККТ [Проценко, Горев, 2017].

Протяженность отдельных нарушений до 10 км и более, амплитуды смещения пластов небольшие, максимальные (до 40 м) отмечаются восточней кимберлитовых жил Ан-21 и Южная. Наиболее крупные и амплитудные нарушения прослеживаются в центральной части ЗККТ в полосе шириной порядка 500 м. Погружен, как правило, центральный блок, в результате чего по центру ЗККТ образован грабен шириной 200-500 м и амплитудой до 40 м.

Наиболее крупный осевой разлом зоны залечен среднепалеозойской дайкой долеритов, не выходящей на поверхность. Мощность дайки изменяется от 28 до 58 м. Падение ее субвертикальное с небольшим наклоном к востоку 3-4°.

Северная оконечность участка локализации ЗККТ пересекается Маччобинским разломом, относимым к Укугутской ветви Джункун-Хампинской зоны. Разлом в структуре нижнепалеозойских пород выражен грабеном шириной 2,5 км. Общая амплитуда погружения слоев в центральной части составляет порядка 50-80 метров. В пределах ЗККТ северо-западный борт грабена осложнен контрастными разрывными нарушениями с вертикальной амплитудой перемещения пластов кембрия до 50 м. Западное крыло структуры приподнято. (Рисунок 28). В волновом поле сбросу соответствует сложная зона разрывов и ступенчатых смещений, особенно ярко проявленных на уровне кровли ОГ К2m (отражающий горизонт – кровля метегерской свиты среднего кембрия). Восточное крыло осложнено малоамплитудным взбросом [Башкуев, Немзоров, Малышева, 2006ф].

Два конкретных разлома северо-восточного простирания закартированы геологами объединения «Якуталмаз» в карьере тр. Интернациональная, они изучались в скважинах № 54 и 51. Оба разлома прослежены по всей ширине карьера и на всех его горизонтах. Разломы в карьере проявлены зонами дробления, мощностью от нескольких см до 2 м. Простирание их северо-восточное - 40-60°; падение сравнительно пологое - 58-62° на северо-запад; амплитуда смещений 3 - 10 м [Варламов, Фельдман, 1984ф].

Кимберлитовмещающие разломы Западного куста геолого-геофизическими методами практически не картируются. Они установлены при проведении

специализированных тектонических и разведочных работ на глубоких горизонтах месторождений, где эти разломы залечены дайками кимберлитов [Харькив, Зинчук, 1998 и др.].

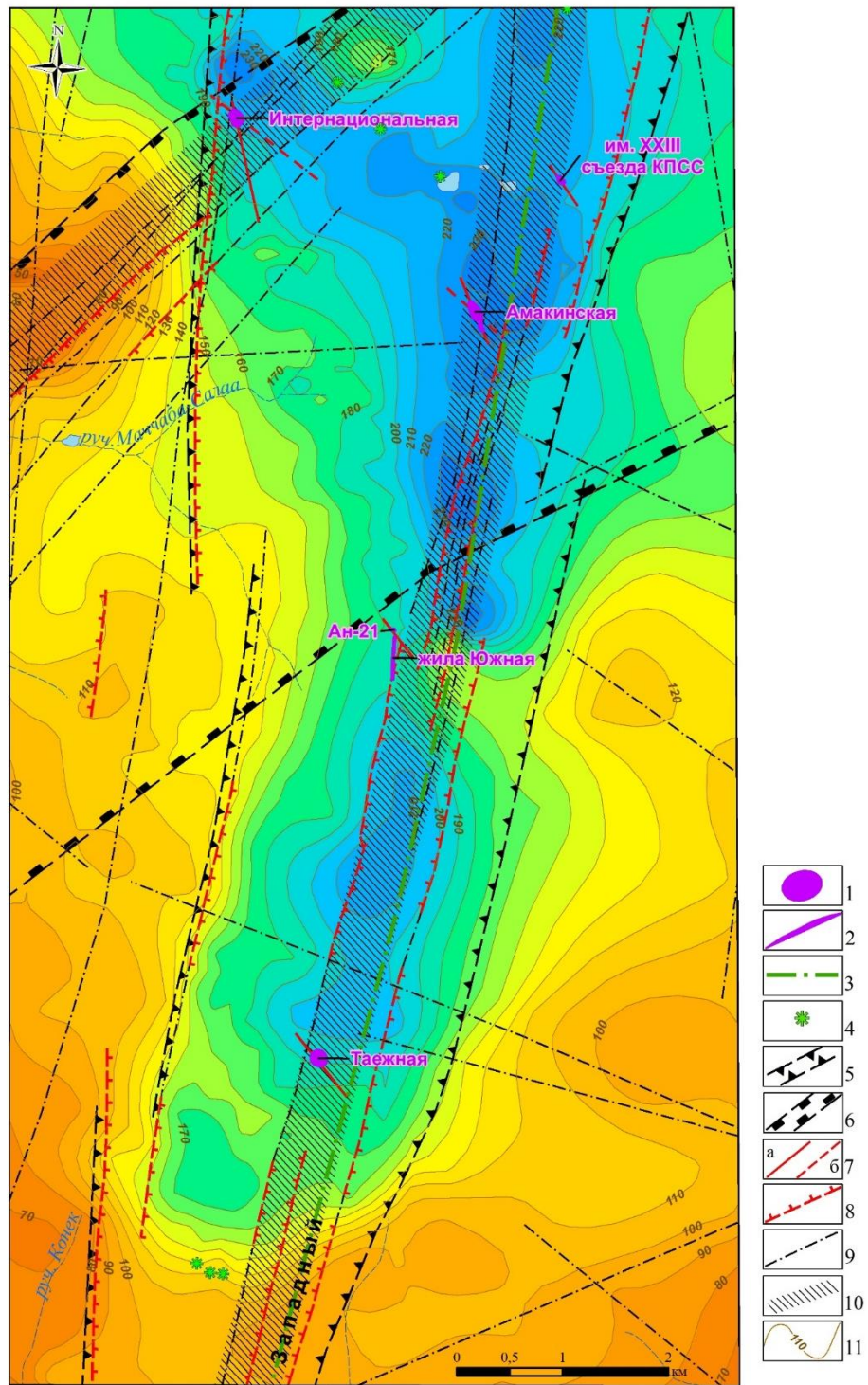
В процессе изучения околотрубочных пространств кимберлитовых тел ЗККТ [Варламов. Фельдман, 1984ф] были закартированы структурные купола, вмещающие трубки Интернациональная, Им. XXIII съезда КПСС и Амакинская. Амплитуды структурных куполов 15-20 м, а у трубки Интернациональная до 25-30 м.

Другими исследователями [Судаков, 1983ф; Волотовский, 1995ф и др.] по результатам предварительной обработки ГИС отмечается ненарушенная послойная корреляция разрезов вмещающих пород и субгоризонтальное залегание пластов вблизи рудовмещающих разломов. Комплексным анализом тектонических материалов по МКП [Граханов, 2015ф] структурные купола над кимберлитовыми трубками не подтвердились, хотя слабая изученность структуры нижнепалеозойских пород вряд ли позволяет однозначно отрицать их наличие.

При этом следует отметить, что слабоалмазоносные кимберлитовые тела – трубки Таежная и Амакинская, жилы Южная и Ан-21 находятся в непосредственной близости от даечного тела долеритов в осевой зоне Западного разлома, а месторождения – тр. Интернациональная и Им. XXIII съезда КПСС располагаются, первая – в 2,7 км к западу от дайки Западного разлома, а вторая – в 400 м к востоку от нее.

На схеме остаточных мощностей, где в изопахитах отображена мощность сохранившихся от размыва нижнепалеозойских отложений от кровли мирнинской свиты, картируются те же структуры, что и на современном структурном плане (Рисунок 29). Зона Западного разлома выделяется повышенной мощностью сохранившихся от размыва нижнепалеозойских отложений.

Размеры области повышенных значений остаточных мощностей в целом соответствуют размерам грабена Западного разлома – 4 км на севере и 2,5 км в южной части ЗККТ, в районе трубки Таежная.



Условные обозначения: 1 – кимберлитовые трубки; 2 – кимберлитовые дайки и жилы; 3 – дайка долеритов Западного разлома; 4 – базитовые трубки взрыва; 5 – зона Западного разлома; 6 – зона Маччобинского разлома; 7-10 – нарушения, выделенные геолого-геофизическими методами: 7 – разломы кимберлитовмещающие: а) установленные, б) предполагаемые; 8-9 – прочие разломы: 8 – сбросы, 9 – с неустановленной кинематикой; 10 – зоны повышенной дислоцированности нижнепалеозойских пород по данным высокочастотной сейсморазведки; 11 – изопахиты хололохской свиты верхнего кембрия, м

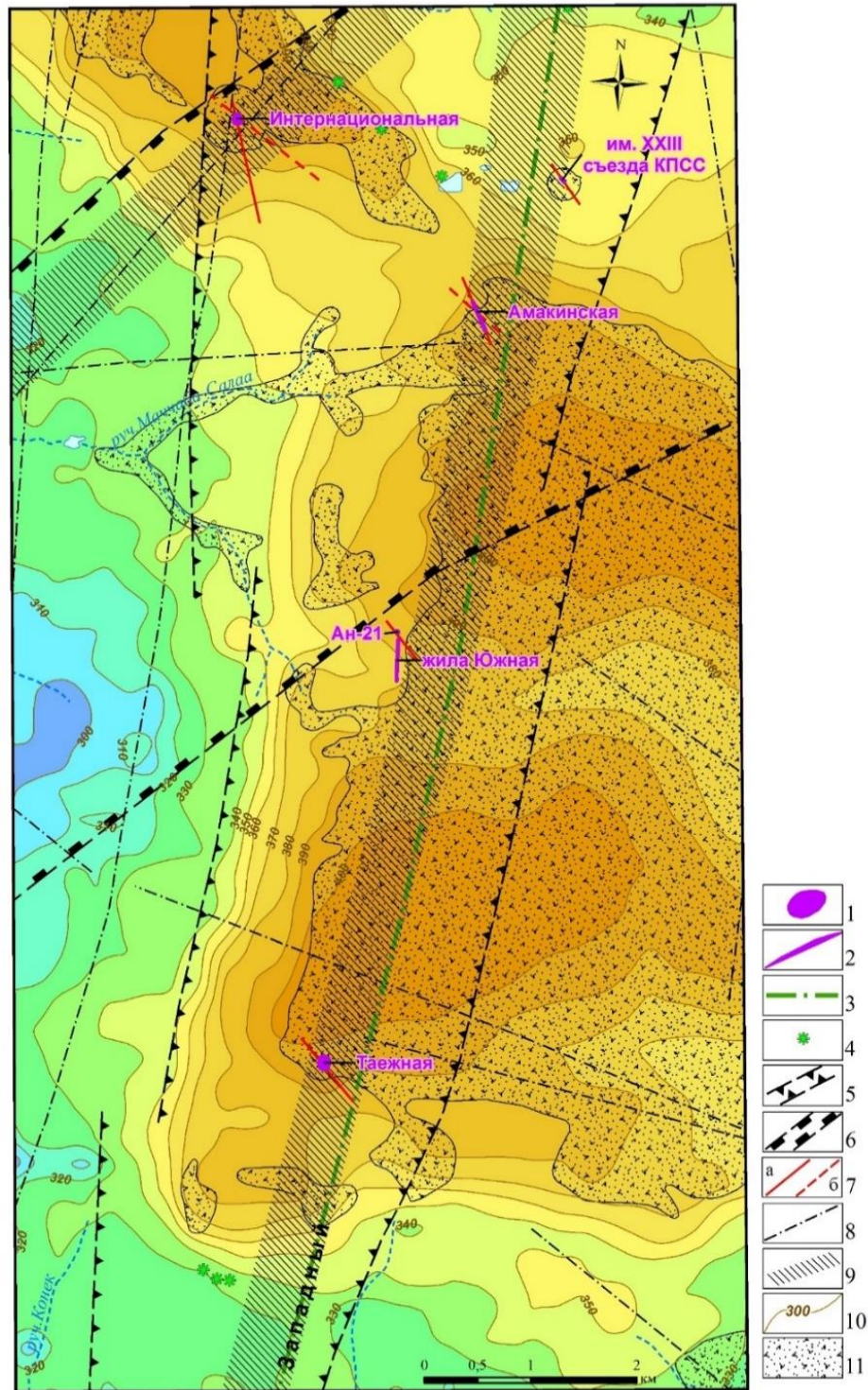
Рисунок 29 – Схема остаточной мощности нижнепалеозойских отложений участка локализации ЗККТ [Проценко, 2018ф].

Разница остаточных мощностей в осевой части зоны Западного разлома и на его крыльях в целом сопоставима с амплитудой прогиба, картируемого в структурном плане нижнепалеозойских отложений, и не превышает 70 м.

В погребенном рельефе кровли кимберлитовмещающих пород контрастные грабенообразные структуры, выделяемые на современном структурном плане и на карте остаточных мощностей, не проявлены (Рисунок 30).

Это свидетельствует о том, что формирование этих прогибов ко времени захоронения комплекса нижнепалеозойских пород более молодыми верхнепалеозойско-мезозойскими образованиями уже было завершено. К северу от Мирнинского поля зона Западного разлома перекрыта со стратиграфическим несогласием (без смещения пластов) отложениями карбона. Это указывает на ее докаменноугольный возраст, то есть образование данного нарушения, наиболее вероятно, происходило в среднепалеозойскую эпоху, синхронную кимберлитовнедрению.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что тектонический контроль Западного куста кимберлитовых тел осуществляется узлом пересечения грабенов сложного строения, среднепалеозойского заложения, относительно закрытого типа [Проценко, Горев, 2017]. Промышленные месторождения (тр. Интернациональная и Им. XXIII съезда КПСС) располагаются за пределами осевого грабена на расстоянии 300 м к востоку и более 2 км к западу, соответственно, от осевой линии (дайки) Западного разлома. Слабо алмазоносные тела (тр. Таежная, Амакинская и др.) тяготеют к осевой наиболее нарушенной части разлома. То есть благоприятными для локализации алмазоносных кимберлитов являются участки, в пределах которых отсутствуют высокоамплитудные разломы, крутые складки, хотя данный факт при слабой изученности куста нельзя признать бесспорным. Каких-либо других признаков отличия рудоносных фрагментов разломов от безрудных, пока не установлено. То есть, не ясно, обязательным ли условием является наличие базитовых даек, а также их «слепой» характер. Связано ли образование грабенов с внедрением долеритов, или кимберлитов, либо наоборот.



Условные обозначения: 1 – кимберлитовые трубки; 2 – кимберлитовые дайки и жилы; 3 – дайка долеритов Западного разлома, не выходящая на поверхность нижнепалеозойских пород; 4 – базитовые трубки взрыва; 5 – зона Западного разлома; 6 – зона Мачобинского разлома; 7-10 – нарушения, выделенные геолого-геофизическими методами: 7-8 разломы: 7 – кимберлитовмещающие: а) установленные, б) предполагаемые; 8 – прочие; 9 – зоны повышенной дислоцированности нижнепалеозойских пород по данным высокочастотной сейсморазведки; 10 – изогипсы рельефа кровли нижнепалеозойских пород, м; 11 – выходы нижнепалеозойских пород на дневную поверхность

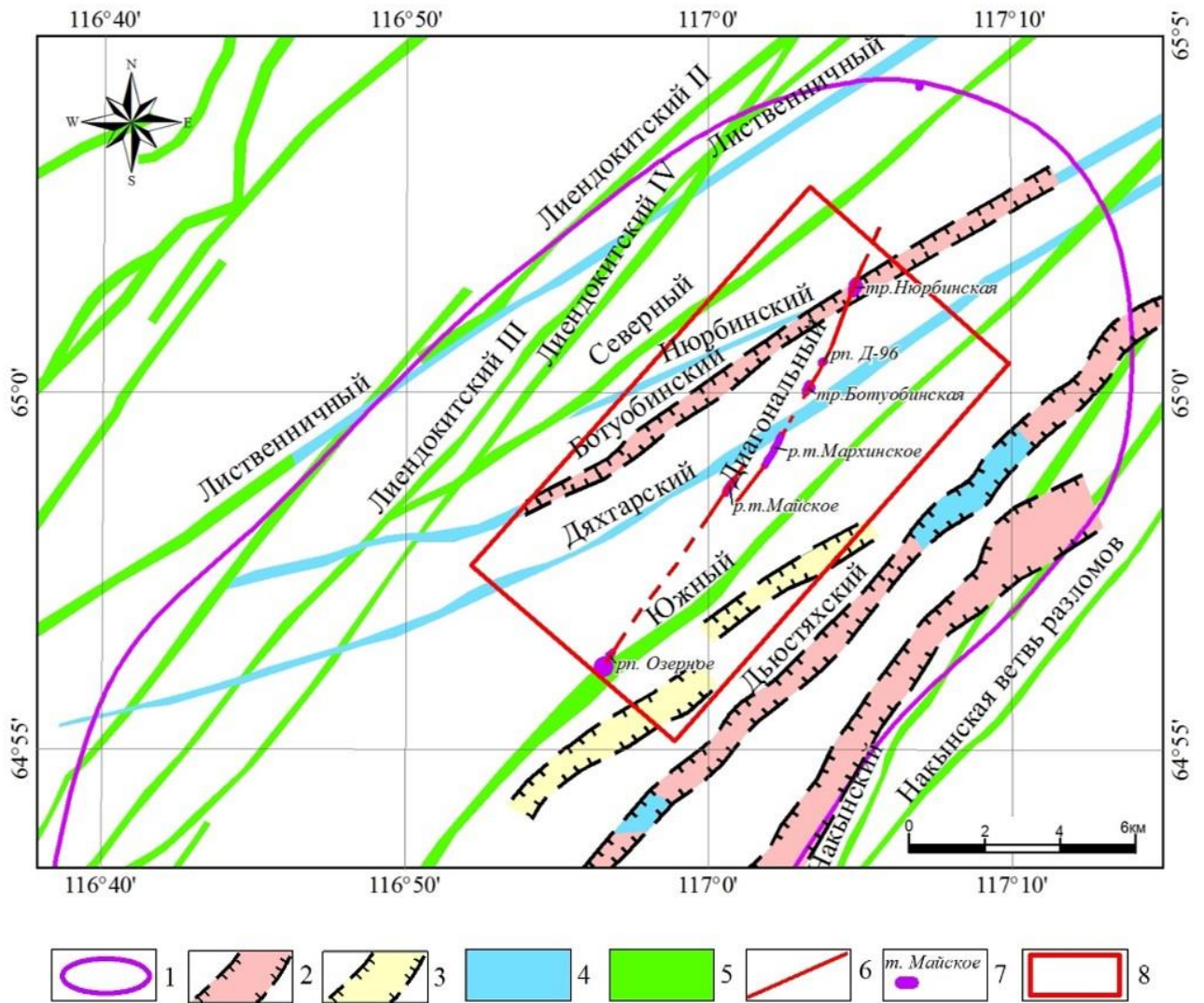
Рисунок 30 – Рельеф кровли нижнепалеозойских отложений участка локализации ЗККТ [Проценко, 2018ф].

Наиболее вероятной представляется точка зрения, что дайки, как и кимберлиты, пассивно заполняли уже сформированный Вилуйско-Мархинский рифтогенный ослабленный структурно – тектонический пояс, обрамляющий Патомско-Вилуйский авлакоген. Скрытый характер рудоносных разломов обеспечивал, по-видимому, термодинамические условия, необходимые для сохранения алмазов и продвижения кимберлитовой магмы к поверхности. При таком подходе разломы относительно открытого типа представляются не благоприятными для локализации кимберлитовых тел [Проценко, Горев, 2017].

Таким образом, главным тектоническим критерием куста кимберлитовых тел в Мирнинском поле признается фрагмент разлома ВММЗ, контролирующей известные кимберлитовые тела (месторождения) МКП, в месте его пересечения разломом секущей зоны. При этом разломы ВММЗ и ДХЗ выражены в структуре кимберлитовмещающей толщи линейными прогибом (грабенами) и характеризуются повышенной остаточной мощностью нижнепалеозойских пород. Кимберлитовые тела приурочены к скрытым, непротяженным нарушениям северо-западного простирания, оперяющим разломы ВММЗ.

В Накынском поле все кимберлитовые тела локализованы в Дяхтарском кусте кимберлитовых тел (ДККТ). Куст включает 6 кимберлитовых тел: трубки Нюрбинская и Ботубинская, дайкообразные тела Майское и Мархинское, самостоятельную жилу Д-96, расположенных друг от друга на расстоянии от 650 м до 2 км. Рудопоявление Озерное находится в ~5 км к юго-западу от месторождения Майское. Особенностью локализации кимберлитовых тел Дяхтарского участка является то, что все кимберлитовые тела располагаются по дугообразной траектории, определяемой Диагональными рудовмещающими нарушениями (Рисунок 31).

Кимберлитоконтролирующими считаются Ботубинское и Дяхтарское нарушения Вилуйско-Мархинской зоны с азимутом простиранием $50-60^\circ$, а вмещают все кимберлитовые тела разломы Диагональный и Диагональный-1 с простиранием 20° на севере и 35° на юге, которые в виде кулис прослеживаются на 12 км [Зуев, Безбородов, Черный и др., 1998].



Условные обозначения: 1 – контур Накынского алмазоносного поля; 2-4 – зоны разломов ВММЗ: 2, 3 – проявленные в породах нижнего палеозоя грабеном сложного строения: 2 – содержащие дайки долеритов; 3 – не содержащие долеритов; 4 – не выраженные (либо слабо проявленные) в структуре нижнепалеозойских пород, не содержащие магматических образований; 5 – разломы (зоны), не выраженные (слабо выраженные) в структуре нижнепалеозойских пород, содержащие мощные и протяженные дайки долеритов; 6 – Диагональные кимберлитовмещающие нарушения; 7 – кимберлитовые тела, их названия; 8 – участок локализации Дягтарского куста кимберлитовых тел

Рисунок 31 – Тектоническая схема Накынского алмазоносного поля [Проценко, Горев, 2017].

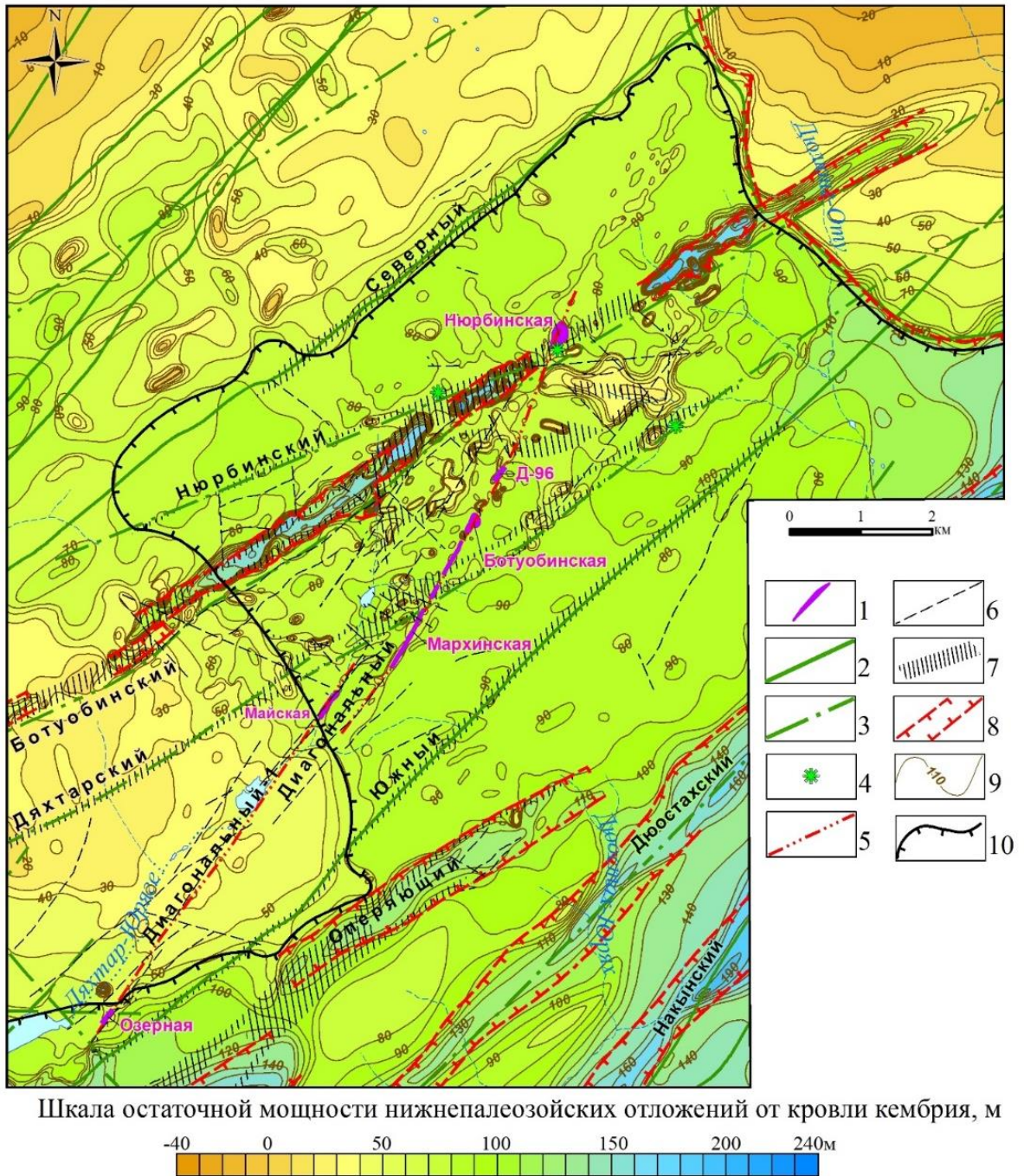
Более детальное изучение участка локализации Дягтарского куста показало, что в пликативном плане – это участок достаточно спокойного залегания пород платформенного чехла, осложненный отчетливо выраженным Ботубинским разломом (Рисунок 32).

В северной части участка абсолютные отметки кровли верхнего кембрия составляют 120-140 м, а в южной понижаются до 0 м. То есть, отложения нижнего палеозоя слабо (градиент 10 м на 1 км, что соответствует углу падения порядка 35') погружаются на юго-восток. Центральная полоса, включающая все известные кимберлитовые тела, ограниченная по простиранию разломами ВММЗ Южным и Нюрбинским, представляет собой выположенную террасовидную площадку, где отложения нижнего палеозоя с абсолютными отметками 70-110 м залегают с незначительным погружением на юг, юго-восток, а в центральной части участка – практически горизонтально (Рисунок 32).

ДККТ приурочен к пологой мульдообразной депрессии, где абсолютные отметки кровли кембрия изменяются от 70 до 90 м. Кимберлитовые тела в структуре кимберлитовмещающих пород нижнего палеозоя не выражены. Наиболее контрастные дислокации в структуре верхней части нижнепалеозойского разреза связаны с разломами Вилуйско-Мархинской минерагенической зоны. В пределах ДККТ – это Ботубинский кимберлитоконтролирующий разлом, прослеживающийся грабеном шириной 250-300 м, редко шире, и амплитудой до 100 м. К рудоконтролирующим для Накынского кимберлитового поля относится также Дяхтарский разлом [Шаталов, 1997ф; Шаталов, Яныгин, 2005ф и др], структурно он не выражен. То есть, в отличие от участка Западного куста, участок локализации ДККТ – не выделяется в целом контрастным среднепалеозойским прогибом, а представляет собой слабоконтрастную впадину в структуре нижнепалеозойских пород, еще одним значимым отличием, как уже отмечалось, является локализация кимберлитовых тел в виде протяженной цепочки, приуроченной к кимберлитовмещающим нарушениям.

На схеме остаточных мощностей участка размещения ДККТ картируются те же структуры, что и на структурно-тектонической карте (Рисунок 33).

Выраженный в остаточных мощностях Дяхтарский куст кимберлитовых тел также представляет собой понижение в кровле кембрийских образований, в пределах которого остаточная мощность кимберлитовмещающих отложений колеблется незначительно, изменяясь в среднем от 70 до 90 м.



Условные обозначения: 1 – алмазоносные кимберлитовые тела; 2 – дайки долеритов большой мощности и протяженности; 3 – дайки долеритов маломощные, прерывистые; 4 – эруптивные тела базитовых брекчий; 5-8 тектонические нарушения, выделенные комплексом геолого-геофизических методов: 5-6 – разломы: 5- кимберлитовмещающие, 6 – прочие; 7 – зоны повышенной дислоцированности нижнепалеозойских пород по данным высокочастотной сейсморазведки; 8 – грабены; 9 – изопакиты остаточной мощности нижнепалеозойских отложений от кровли кембрия, м; 10 – область повышенных значений остаточной мощности нижнепалеозойских отложений

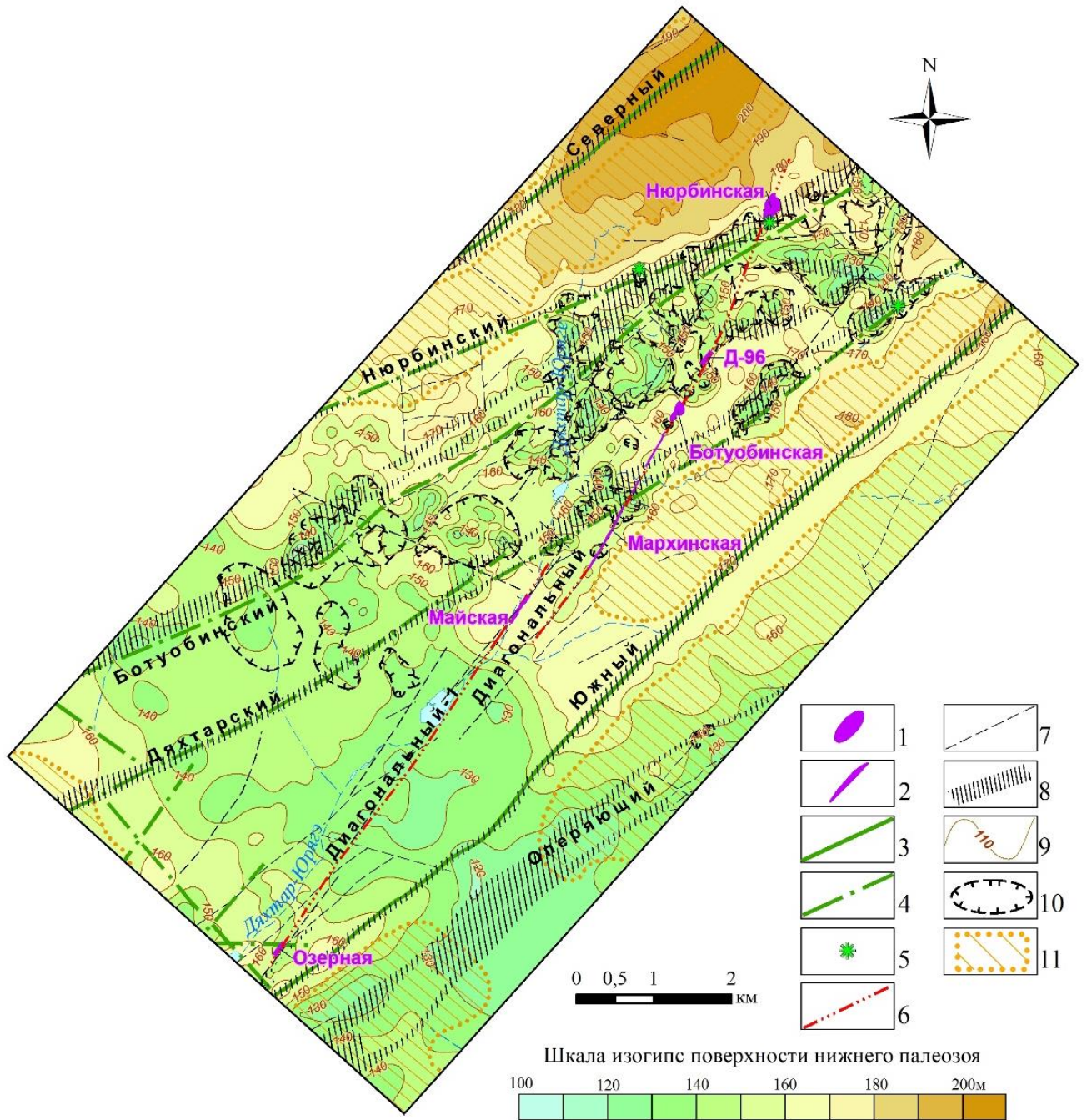
Рисунок 33 – Схема остаточной мощности нижнепалеозойских отложений участка локализации ДККТ (составлена автором по материалам ВГРЭ и НИГП).

Повышенные остаточные мощности нижнепалеозойских отложений приурочены к зоне Ботуобинского разлома, в пределах которого характеризуемая величина возрастает до 160-170 м.

Отдельными локальными участками пониженной остаточной мощности (до 40 м) выделяются экзогенные структуры карстового происхождения, фиксируемые и в кровле карбонатного цоколя (эрозионные депрессии) (Рисунок 34).

Совместный анализ схемы остаточных мощностей и карты рельефа кровли нижнепалеозойских пород указывает на доюрский возраст зоны Ботуобинского разлома, поскольку на палеотектонической схеме грабен над разломом фиксируется повышенной остаточной мощностью нижнепалеозойских пород, а в рельефе цоколя он не выражен. Юго-западной, где подобные структуры, сопровождающие разломы ВММЗ, перекрыты верхнепалеозойскими отложениями, их возраст установлен достоверно как доверхнепалеозойский, а, наиболее вероятно, среднепалеозойский – синхронный кимберлитовому магматизму.

В качестве крупномасштабных критериев ДККТ можно выделить следующие особенности тектонического контроля. В современном структурном плане нижнепалеозойских пород Дяхтарский куст кимберлитовых тел приурочен к малоамплитудной мульдообразной впадине, включающей сближенные кимберлитоконтролирующие нарушения – Ботуобинский и Дяхтарский разломы. Ботуобинский разлом проявлен контрастным грабеном сложного строения и сопровождается дайкой долеритов, зачастую выходящей за пределы грабена. Дяхтарский разлом в структуре осадочных пород практически не выражен и фрагментарно залечен дайками долеритов. Дайки, наиболее вероятно, «слепые». Участок локализации ДККТ характеризуется повышенной относительно сопредельных участков остаточной мощностью нижнепалеозойских кимберлитовмещающих отложений. Кимберлитовые тела локализованы в рудовмещающих нарушениях скрытого типа и приурочены к участкам, характеризующимся спокойным залеганием вмещающих пород (отсутствуют высокоамплитудные разломы, крутые складки и пр.).



Условные обозначения: 1 – кимберлитовые трубки; 2 – кимберлитовые дайки и жилы; 3 – дайки долеритов большой мощности и протяженности; 4 – дайки долеритов маломощные, прерывистые; 5 – эруптивные тела базитовых брекчий; 6-9 тектонические нарушения, выделенные комплексом геолого-геофизических методов: 6-7 – разломы: 6 – кимберлитовмещающие, 7 – прочие; 8 – зоны повышенной дислоцированности нижнепалеозойских пород, выделенные высокочастотной сейсморазведкой; 9 – изогипсы рельефа карбонатного цоколя, м; 11 – эрозионно-карстовые депрессии, 12 – кора выветривания

Рисунок 34 – Рельеф кровли нижнепалеозойских отложений участка локализации ДККТ [Проценко, 2018ф].

Из вышесказанного следует, что участки локализации кустов кимберлитовых тел в алмазоносных полях ВММЗ по-разному проявлены в структуре нижнепалеозойских пород (узел пересечения грабенообразных прогибов – мульдообразная депрессия), но при этом одинаково характеризуются повышенной относительно сопредельных участков мощностью нижнепалеозойских отложений, что может быть использовано в качестве дополнительного тектонического критерия при крупномасштабном прогнозировании.

Таким образом, сравнительный анализ строения тектоники участков локализации кимберлитовых кустов в продуктивных полях Вилуйско-Мархинской минерагенической зоны позволил выявить их основные структурные особенности, что позволяет сформулировать третье защищаемое положение: *кусты алмазоносных кимберлитовых тел в пределах Мирнинского и Накынского полей ВММЗ приурочены к локальным структурам среднепалеозойского возраста с повышенной мощностью нижнепалеозойских пород. В Мирнинском поле эти структуры представлены узлами пересечения грабенообразных прогибов, сопровождающих отдельные разломы Вилуйско-Мархинской и Джункун-Хампинской зон, в Накынском — малоамплитудной мульдообразной депрессией.*

ГЛАВА 5. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ В ПРЕДЕЛАХ ВИЛЮЙСКО-МАРХИНСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Несмотря на интенсивное опоскование территорий, сопряженных с обрабатываемыми месторождениями, результативность поисков на протяжении последних лет недостаточна. При этом нельзя не обратить внимание, что большинство крупных и уникальных месторождений алмазов было открыто на новых территориях в первые годы их опоскования. Это диктует необходимость обоснованного выхода на новые площади, где принципиально возможно выявление новых полей кимберлитового магматизма с крупными и уникальными месторождениями алмазов. Такими площадями, по нашему мнению, являются фланги Вилюйско-Мархинской зоны, где присутствуют все необходимые для проявления кимберлитового магматизма признаки и предпосылки.

Но и перспективы известных алмазоносных районов центральной части ВММЗ на обнаружение новых коренных источников алмазов по мнению многих геологов далеко не исчерпаны [Васильев, Коваленко, 2014; Прокопьев, 2014 и др]. Открытие в их пределах даже небольших по размерам либо содержанию алмазов месторождений экономически выгодно, в силу хорошо развитой в этих районах инфраструктуры, значительно снижающей затраты на освоение данных месторождений. Поисковые работы в центральных районах ВММЗ, как уже отмечалось ранее, ведутся на закрытых территориях, где в основании перекрывающего комплекса залегают малоинформативные в шлихо-минералогическом плане отложения прибрежно-морского генезиса либо породы трапповой формации. Это значительно усложняет, а иногда и делает абсолютно неэффективным шлихо-минералогический метод поисков, хорошо себя зарекомендовавший на открытых территориях. Ни в коем случае не умаляя значение минералогических признаков, которые единственные могут достоверно свидетельствовать о присутствии коренного алмазоносного источника, мы считаем, что в сложных геологических условиях структурно-тектонические

критерии могут иметь решающее значение при определении перспективности той или иной площади [Зинчук, 2014].

Благодаря выполненным в рамках данной работы исследованиям в пределах Вилуйско-Мархинской минерагенической зоны были выделены тектонические узлы, благоприятные по выявленным структурно-тектоническим критериям для проявлений кимберлитового магматизма.

Наиболее интересные из них, имеющие значимые черты сходства с известными кимберлитовыми полями, обладают также набором других прогнозно-поисковых признаков и предпосылок, повышающих их перспективность.

Это две площади, выделенные на флангах Вилуйско-Мархинской зоны, Верхнемурбайская и Юлэгирская (Тюнгская), перспективные для обнаружения алмазонасных кимберлитовых полей, требующие, по нашему мнению, дальнейшего изучения (Рисунок 9).

5.1. Верхнемурбайская перспективная площадь

Верхнемурбайская перспективная площадь занимает водораздел верхнего течения рек Большая и Малая Ботубия (правые притоки р. Вилуй), в 35 км к югу от Мирнинского кимберлитового поля.

Все основные водотоки площади изучены специализированными на алмазы маршрутными поисками м-ба 1:100 000-1:200 000 со шлиховым опробованием через 300-500 м. Бурением исследуемая площадь, являющаяся практически полностью закрытой для поисков кимберлитовых тел среднепалеозойского возраста, изучена слабо и весьма неравномерно. Нефтеразведочные скважины сосредоточены преимущественно в центральной части площади на правом берегу р. Большая Ботубия. Данные выработки не несут специализированной на алмазы информации, однако стратиграфическое и литологическое расчленение их разрезов может быть использовано для структурных построений и решения других

геологических задач. Алмазопроисхождение было выполнено по нерегулярной сети при проведении ГС-50 на прилегающих к площади территориях, севернее и восточнее ее границ, а также пройден 1 профиль поисковых скважин на левобережье р. Большая Ботубия, но в пределах самой перспективной площади древние коллекторы алмаза буровыми работами не изучены.

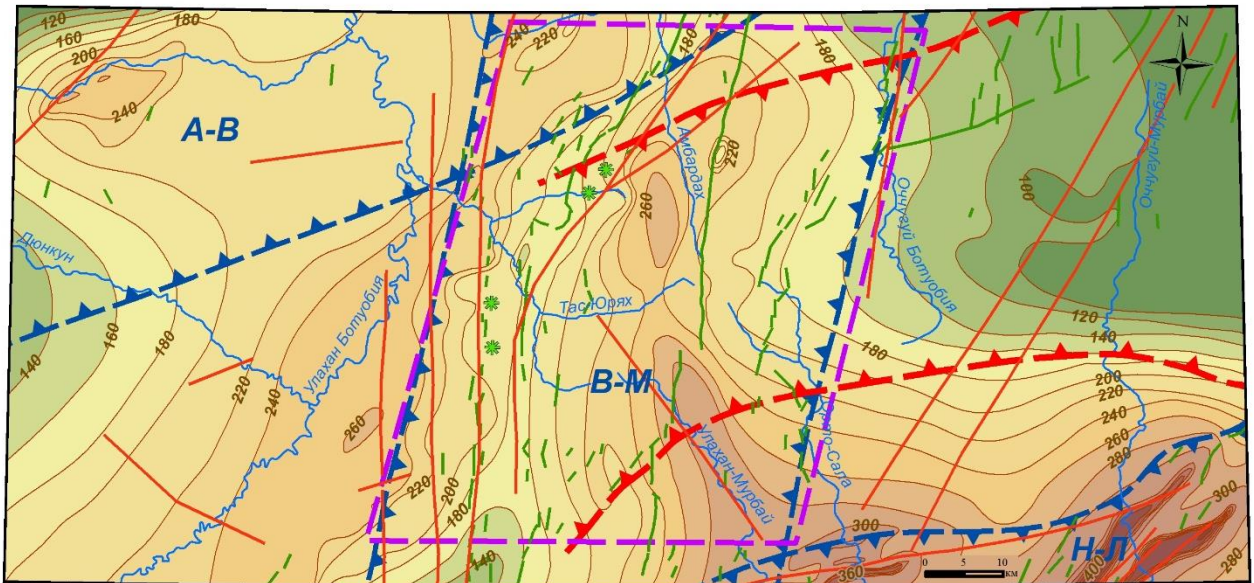
Таким образом, закрытый характер и слабая алмазопроисхождение изученность территории осложняет объективную оценку ее реальных перспектив на выявление коренных источников алмазов.

В структурах платформенного чехла рассматриваемая территория находится на северо-восточном борту Непско-Ботубинской антеклизы, граничащей на востоке с Ыгыаттинской впадиной, а на юге – с Нюйско-Джербинским прогибом, и приурочена к южной оконечности ВММЗ.

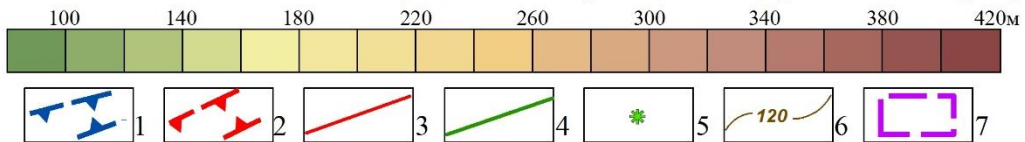
Современный структурный план нижнепалеозойских отложений изучен по кровле метегерской свиты среднего кембрия, которая уверенно картируется как в керне скважин, так и на каротажных диаграммах.

Анализ структурно-тектонической схемы показал, что в структуре нижнепалеозойских пород центральная часть исследуемой площади располагается на восточном склоне Мирнинского выступа – наиболее приподнятой части Непско-Ботубинской антеклизы. Абсолютные отметки кровли метегерской свиты в его пределах в среднем составляют 160-260 м (Рисунок 35). В современном структурном плане Мирнинский выступ имеет ассиметричное строение, его ось проходит существенно ближе к юго-восточной границе, чем к северо-западной, где трассируется в бассейнах р. Большой Мурбай и Амбардах по повышению гипсометрических отметок кровли метегерской свиты до 265-280 м.

На Верхнемурбайской площади Мирнинский выступ осложнен рядом пликативных форм более высоких порядков. Все, как положительные, так и отрицательные структуры, вытянуты в меридиональном или северо-восточном направлении, их размеры в поперечнике не превышают первых десятков километров, а амплитуды – 100 м.



Шкала абсолютных отметок кровли метегерской свиты среднего кембрия, м



Условные обозначения: 1-2 – зоны разломов: 1 – I порядка (В-М – Вилуйско-Мархинская, А-В – Ангаро-Вилуйская, Н-Л – Непско-Ленская), 2 – Вилуйчанская секущая зона II порядка; 3 – основные разрывные нарушения осадочного чехла, выделенные геолого-геофизическими методами; 4 – дайки долеритов; 4 – базитовые трубки взрыва; 6 – стратоизогипсы кровли метегерской свиты среднего кембрия, м; 7 – Верхнемурбайская перспективная площадь

Рисунок 35 – Структура кровли метегерской свиты среднего кембрия Верхнемурбайской перспективной площади [Проценко, Толстов, Горев, 2018].

Самой крупной из положительных структур III порядка является Среднеботуобинское поднятие, тяготеющее к юго-западному флангу Мирнинского выступа. Размеры Среднеботуобинской структуры – длина 75-80 км, ширина – 14-26 км. Амплитуда поднятия – 30-60 м. Восточнее Среднеботуобинской антиклинали расположено Тас-Юряхское поднятие. Его амплитуда по кровле метегерской свиты около 40 м, ширина 8-10 км, длина 25-28 км. Разделяет Среднеботуобинское и Тас-Юряхское поднятия отрицательная структура незначительной амплитуды, вытянутая, как и все пликативные дислокации изучаемой территории, в меридианальном направлении.

Севернее бассейна р. Тас-Юрях ось данной структуры склоняется к северо-востоку. Абсолютная отметка кровли реперного горизонта здесь уменьшается до

170-180 м, по отдельным скважинам еще меньше (Тас-Юряхская 561 – 168 м, Среднеботуобинская 88 – 148 м, Среднеботуобинская 40 – 125 м).

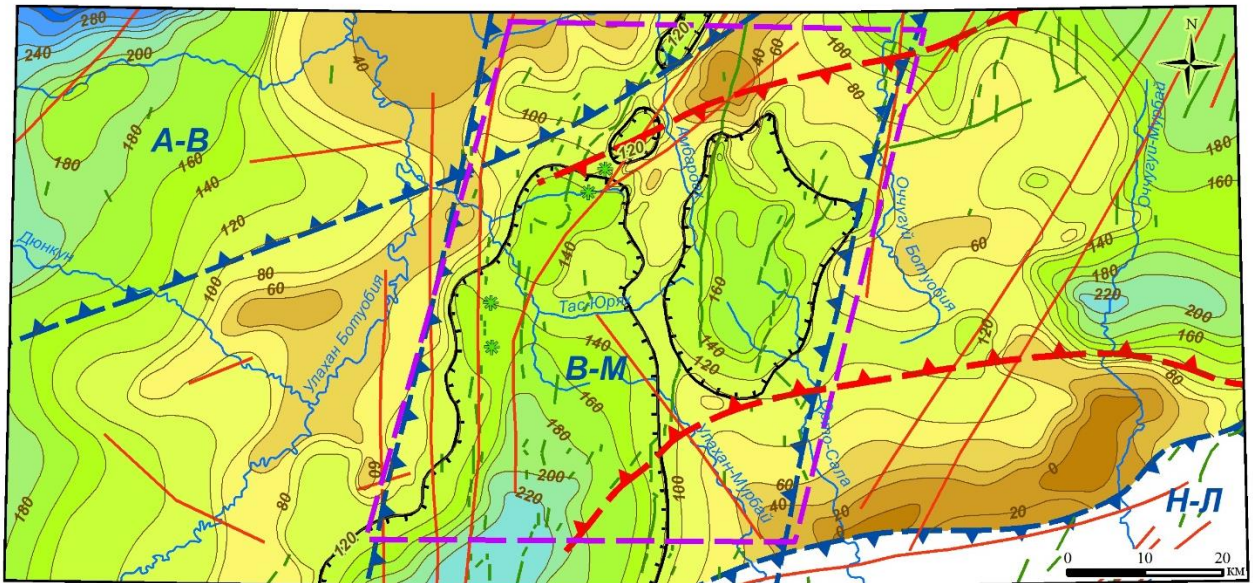
Таким образом, Верхнемурбайская площадь, как и Мирнинское кимберлитовое поле, характеризуется наиболее сложным пликативным планом кимберлитовмещающих пород. Это обусловлено, по-видимому, пересечением разломов ВММЗ с разрывными нарушениями других направлений и их неоднократной активизацией [Проценко, Горев, Граханов, 2014].

Вилуйско-Мархинская зона разломов прослеживается через всю площадь в виде широкой полосы меридионального простираения. Разрывные нарушения Вилуйско-Мархинской зоны образуют цепочки сближенных разломов, ветви, кулисы, протягиваясь на значительные расстояния. В связи со слабой изученностью сведения о кинематике разломов отсутствуют. Учитывая, что преобладающая часть разломов сопровождается дайками долеритов, внедрение которых по плоскостям разрыва произошло в среднем палеозое, разломы имели, по-видимому, и раздвиговую компоненту. На картах локальной составляющей магнитного поля ΔT они четко прослежены в виде контрастных и высокоградиентных линейных аномалий. Наличие даек зачастую является подтверждением наличия разрывных нарушений в тех случаях, когда отсутствует вертикальная составляющая.

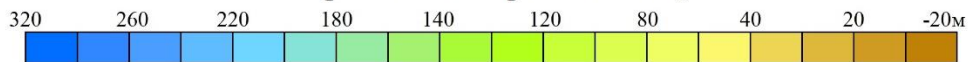
Вилуйчанская секущая (рифтоподобная) зона была намечена ранее по сейсморазведочным данным. В выполненных построениях (Рисунок 35) она выделяется входящим углом (отрицательной желобообразной структурой), вдающимся со стороны Патомско-Вилуйского авлакогена [Проценко, Горев, Граханов, 2014].

Похожие пликативные структуры, аналогичные картируемым в современном структурном плане, фиксируются и на палеотектонической схеме (Рисунок 36).

На ней отражена в изопахитах остаточная (сохранившаяся от размыва) мощность пород нижнего палеозоя от кровли метегерской свиты среднего кембрия.



Шкала остаточной мощности нижнепалеозойских отложений
от кровли метегерской свиты, м



Условные обозначения : 1-2 – зоны разломов: 1 – I порядка (В-М – Вилюйско-Мархинская, А-В – Ангаро-Вилюйская, Н-Л – Непско-Ленская), 2 – Вилюйчанская секущая зона II порядка; 3 – основные разрывные нарушения осадочного чехла, выделенные геолого-геофизическими методами; 4 – дайки долеритов; 5 – базитовые трубки взрыва; 6 – изопахиты мощности нижнепалеозойских отложений от кровли метегерской свиты среднего кембрия; 7 – область повышенных значений остаточной мощности нижнепалеозойских отложений; 8 – Верхнемурбайская перспективная площадь

Рисунок 36 – Схема остаточной мощности нижнепалеозойских отложений Верхнемурбайской перспективной площади [Проценко, Толстов, Горев, 2018].

То есть, на данной схеме находят отражение структуры, формировавшиеся от среднего кембрия, времени образования опорной поверхности и до нижней юры, времени захоронения карбонатного цоколя. Поскольку нижний палеозой и мезозой характеризовались плитным режимом тектонического развития, контрастные структуры, отраженные на предлагаемой схеме, имеют, вероятнее всего, среднепалеозойский возраст.

Повышенными остаточными мощностями до 160 – 220 м, а, следовательно, и минимальным эрозионным срезом, отмечены отрицательные структуры предположительно среднепалеозойского возраста. Это, в первую очередь, Вилюйчанская секущая зона, а также отдельные структуры в пределах Вилюйско-

Мархинской зоны, морфология которых пока остается не ясной в силу слабой изученности.

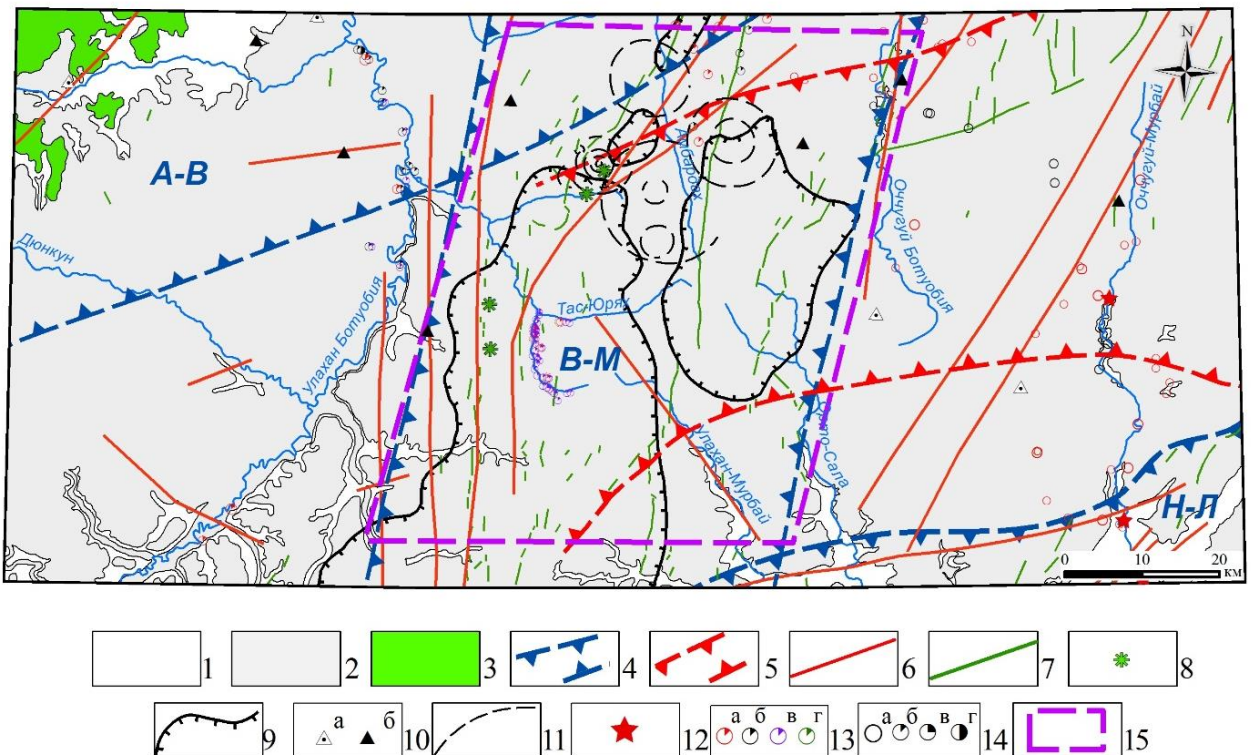
О перспективах коренной алмазности площади свидетельствуют и магматические предпосылки. Магматические породы представлены дайками, силлами и трубками взрыва основного состава. Дайки среднепалеозойских долеритов картируются в магнитном поле линейными контрастными аномалиями. Они имеют меридиональное или северо-восточное простирание. На рассматриваемой площади часто наблюдается изменение простирания дайковых тел, их дугообразные изгибы, взаимные пересечения, что является характерным признаком тектонических узлов. Подобные явления отмечаются и в известных кимберлитовых полях.

Туфовые трубки пространственно приурочены к центральной части района – к междуречью Большой и Малой Ботубии (Рисунок 35). В Малоботубинском районе базитовые трубки пользуются широким распространением, но их максимальная концентрация отмечается в пределах Мирнинского кимберлитового поля.

На Верхнебурбайской площади по результатам АМС выделен ряд локальных магнитных аномалий (Рисунок 37), рекомендованных к наземной детализации и заверке бурением, что может быть использовано в качестве крупномасштабных геофизических критериев кимберлитового магматизма.

Находки индикаторных минералов кимберлитов (ИМК) на Верхнемурбайской площади весьма редки и представлены в основном пиропом, сосредоточены в долинах рр. Амбардах и Малая Ботубия. Кристаллы присутствуют в мелких гранулометрических классах (-1 мм), характеризуются сильной степенью механического износа и площадной разобщенностью, что не позволяет выделить ореолы их распространения [Проценко, Толстов, Горев, 2018]. Информация по химизму этих индикаторных минералов отсутствует. Находок алмазов на Верхнемурбайской площади пока не установлено, но, учитывая направления сноса теригенного материала в нижнеюрское время, алмазы,

обнаруженные в долине р. Малый Мурбай, могли иметь свои коренные источники в пределах выделенной перспективной площади.



Условные обозначения: 1-3 – геотипы поисковых площадей: 1 – открытые, 2 – перекрытые комплексом мезозойско-кайнозойских пород мощностью до 200 м, 3 – широкого развития пород трапповой формации; 4-5 – зоны разломов: 4 – I порядка (В-М – Вилуйско-Мархинская, А-В – Ангаро-Вилуйская, Н-Л – Непско-Ленская), 5 – Вилуйчанская зона разломов II порядка; 6 – основные разрывные нарушения осадочного чехла, выделенные геолого-геофизическими методами; 7 – дайки долеритов; 8 – базитовые трубки взрыва; 9 – область повышенных значений остаточной мощности нижнепалеозойских отложений; 10 – магнитные аномалии, рекомендованные: а) к геологической заверке, б) к наземной детализации; 11 – Восточномурбайская система кольцевых структур, выделенная по результатам космодешифрирования; 12 – отдельные находки алмазов; 13 – находки ИМК: а) пирропа, б) пикроильменита, в) хромшпинелида, г) хромдиопсида; 14 – содержание ИМК: а) менее 5 знаков на пробу, б) от 5 до 10 знаков на пробу, в) от 10 до 25 знаков на пробу, г) от 25 до 50 знаков на пробу; 15 – Верхнемурбайская перспективная площадь

Рисунок 37 – Схема прогноза коренной алмазоносности Верхнемурбайской площади [Проценко, Толстов, Горев, 2018].

Площадь располагается в пределах водораздела двух мезозойских палеоводотоков и в реннеюрское время была областью денудации. В основании перекрывающего комплекса здесь широким развитием пользуются малоформативные в шлихо - минералогическом плане озерно-болотные и

прибрежно-морские осадки юры. Вышеперечисленные причины наряду с неудовлетворительной изученностью древних коллекторов, по-видимому, и обусловили слабую проявленность минералогических признаков. Несмотря на это, площадь, по нашему мнению, является перспективной для обнаружения нового алмазоносного поля и требует дальнейшего изучения.

5.2. Юлэгирская перспективная площадь

Юлэгирская площадь располагается на левобережье р. Тюнг в бассейнах его левых притоков рр. Илин-Сала, Аллара- и Уесся- Декучча. Площадь является преимущественно закрытой, в ее пределах широко развиты нижнеюрские прибрежно-морские отложения, мощность которых изменяется от первых метров до 170 м, увеличиваясь в юго-восточном направлении. Геофизической службой Ботуобинской БГРЭ на Юлэгирской площади выполнена аэромагнитная съемка масштаба 1:10 000. Благодаря проведенному на данной площади бурению структурно-картировочных скважин по сети 8×4 (2) км, появилась возможность уточнить строение Юлэгирской площади, выявить тектонические элементы, осложняющие ее структурный план кимберлитовмещающих пород, что и было сделано в рамках данной работы. Следует отметить, что тектоника осадочного чехла данной территории изучалась и ранее [Морозова, 2002ф; Горев, 2005ф]. Недостатком этих структурных построений являлась их низкая точность, поскольку базировались они на геологических картах. На них хорошо прослеживаются региональные структурные единицы, а вот осложняющие их структуры II и более мелкого порядков не всегда находят отражение, либо изображены в самом общем виде.

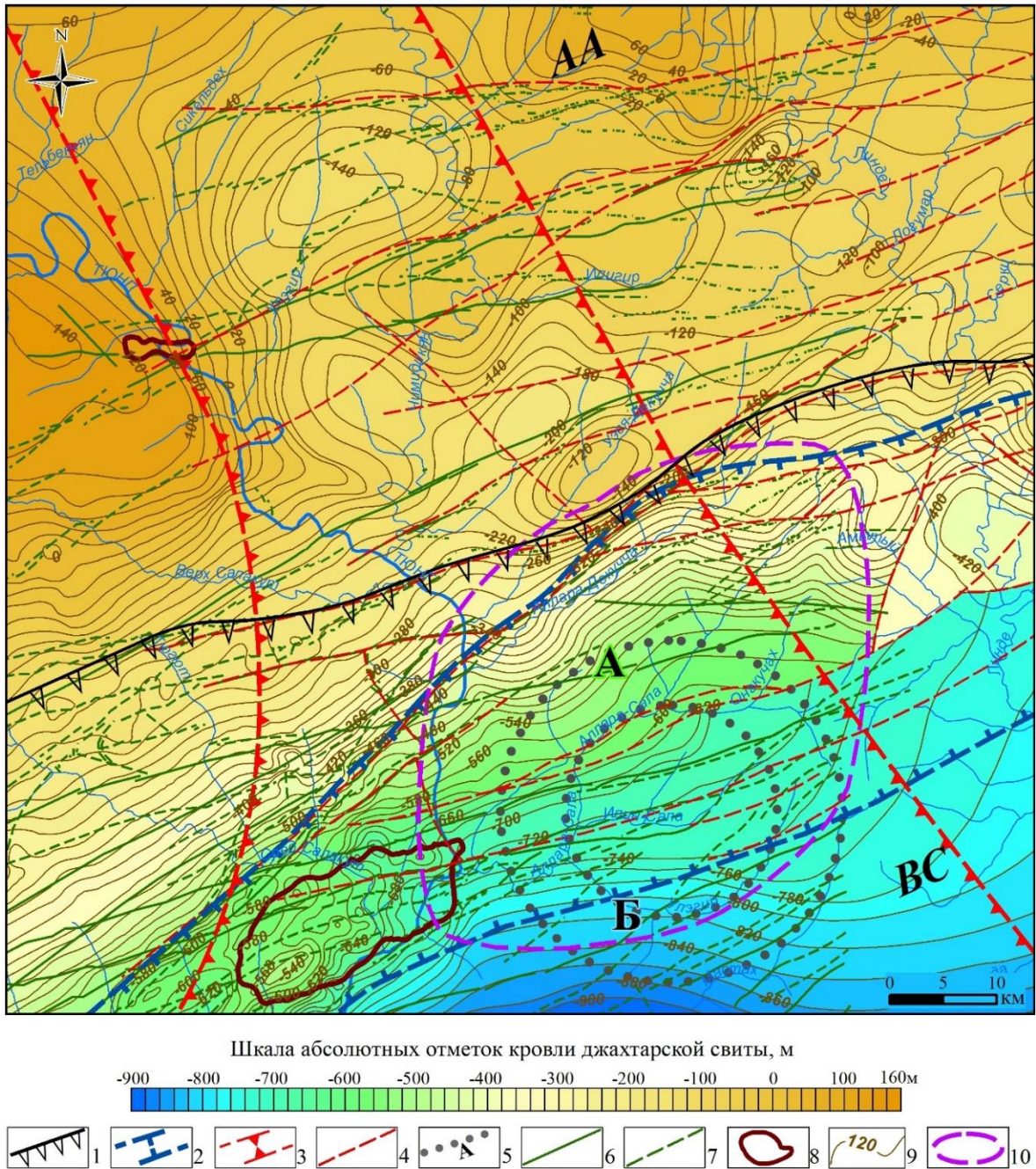
В структурах платформенного чехла площадь находится на юго-западном крыле Анабарской антеклизы в зоне ее сочленения с Виллюйской синеклизой и приурочена к северо-восточному окончанию Виллюйско-Мархинской

минерагенической зоны. Область перехода от платформенных структур к подвижным областям выражена более резким перегибом слоев нижнепалеозойских пород, что подчеркивается сгущением стратоизогипс. Градиент погружения составляет 30 м на 1 км, что отвечает углам падения слоев $1^{\circ}40'$. Далее к югу углы падения пород уменьшаются до десятков минут.

Юлэгирская площадь расположена в узле пересечения центральной подзоны ВММЗ с Тюнгской секущей зоной и характеризуется более сложным тектоническим строением пород нижнепалеозойского кимберлитовмещающего яруса по сравнению с сопредельными территориями.

На современном структурном плане кровли джахтарской свиты среднего кембрия (Рисунок 38), прослежена центральная подзона Вилуйско-Мархинской минерагенической зоны, представляющая собой относительно выположенную на фоне флексурного перегиба область шириной от 20 до 35 м [Проценко, Граханов, Разумов, 2012]. Внутренняя структура центральной подзоны ВММЗ изучена слабо, поскольку она прослеживается в области развития отложений чукукской свиты среднего-верхнего кембрия, которая расчленяется на геологические и геофизические пласты ненадежно. В пределах зоны по данным буровых работ прослеживается два довольно контрастных грабена, в днище которых вскрываются отложения мархинской свиты. В рельефе нижнепалеозойской поверхности они не проявлены, следовательно, их возраст доюрский. Некоторые участки (блоки) зоны имеют приподнятое положение, что свидетельствует о разнонаправленности тектонических движений в период формирования структуры. Следует отметить, что положение и строение отдельных блоков в южной части площади, по отмеченным выше причинам, отражено на структурно-тектонической карте весьма условно.

Доминирующее положение на площади принадлежит нарушениям Вилуйско-Мархинской минерагенической зоны, разломы которой прослеживаются с юго-запада на северо-восток, пересекая всю площадь, и выходят за ее пределы. Некоторые разломы меняют свое простирание с северо-восточного на восток–северо-восточное (до субширотного).



Условные обозначения: 1- границы структур I-го порядка (AA – Анабарская антеклиза, BC – Вилуйская синеклиза); 2-3 – зоны разломов: 2 – центральная (осевая) подзона Вилуйско-Мархинской зоны; 3 – Тюнгская секущая зона II порядка; 4 – разломы осадочного чехла, выделенные геолого-геофизическими методами; 5 – кольцевые структуры: А – Аллара-Сала-Мастахская, Б – Юлэгирская; 6-7 дайки среднепалеозойских долеритов: 6 – мощные, 7 – маломощные или не имеющие выхода на дневную поверхность; 8 – пластовые интрузии долеритов среднепалеозойского возраста, выходящие на нижнепалеозойскую поверхность; 9 – стратоизогипсы кровли джахтарской свиты среднего кембрия, м; 10 – контур Юлэгирской перспективной площади

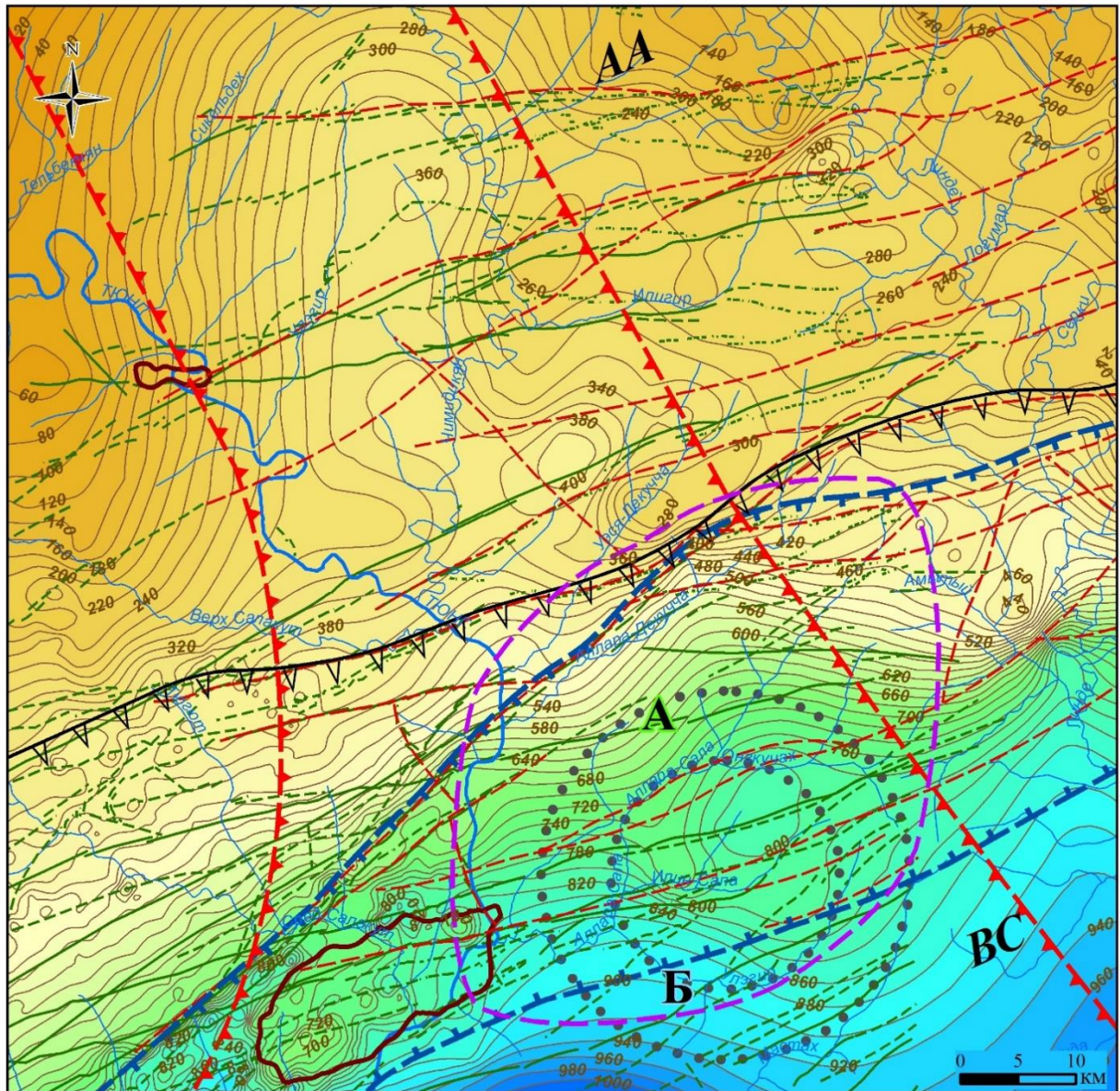
Рисунок 38 – Современный структурный план нижнепалеозойских отложений Юлэгирской площади (составлена автором по материалам ВГРЭ и НИГП).

На северо-востоке, за пределами Юлэгирской площади, многие нарушения, подходя к Попигайско-Жиганской зоне, выклиниваются, некоторые - секут ее и уходят в сторону Приверхоянского прогиба, а некоторые – меняют свое направление на юго-восточное. С точки зрения кинематики дизъюнктивы представлены в основном сбросами и разломами, не имеющими видимых перемещений.

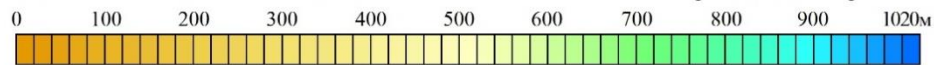
На северо-западном фланге Виллюйской синеклизы сбросы формируют ступенчатые структуры, опущенными являются, как правило, южные (юго-восточные) крылья. Большинство нарушений ВММЗ залечено даечными телами. Дайки картируются в магнитном поле линейными аномалиями различной интенсивности, протяженность их варьирует от 1-1,5 до 25-40 км. Простираются в основном северо-восточное и восток-северо-восточное. Интрузивные тела образуют здесь сближенные цепочки, ветви, кулисы, протягиваясь на значительные расстояния. Дайки погребены под мезозойскими и четвертичными отложениями и выходят на дневную поверхность лишь в бассейнах рек, где данные отложения отсутствуют. Максимальная мощность и плотность даек наблюдается в центральной подзоне ВММЗ.

Также на площади закартирована Тюнгская зона разломов II порядка в виде линейной отрицательной структуры размерами 70x35 км с амплитудой 50-140 м субмеридиональной ориентировки, осложняющей строение нижнепалеозойского структурного яруса [Проценко, Толстов, Горев, 2018]. В осадочном чехле зона трассируется также отдельными разломами, протяженностью 10-30 км, которые веером расходятся в северном и северо-западном направлении. По данным МТЗ прогибу соответствует зона повышенной линейной проводимости пород [Полтарацкая, Романов, Манаков, 1997; Поспеева, Поспеев, 1987]. Перечисленные признаки характерны для рифтоподобных структур, контролирующих кимберлитовый магматизм.

Вышеописанные тектонические элементы находят свое отражение и на палеотектонической карте (Рисунок 39) на среднепалеозойское время.



Шкала остаточной мощности нижнепалеозойских отложений от кровли джахтарской свиты, м



Условные обозначения: 1 – границы структур I-го порядка (AA – Анабарская антеклиза, BC – Вилуйская синеклиза); 2-3 – зоны разломов: 2 – центральная подзона Вилуйско-Мархинской зоны; 3 – Тюнгская секущая зона II порядка; 4 – разломы осадочного чехла, выделенные геолого-геофизическими методами; 5 – кольцевые структуры: А – Аллага-Сала-Мастахская, Б – Юлэгирская; 6-7 дайки среднепалеозойских долеритов: 6 – мощные, 7 – маломощные или не имеющие выхода на дневную поверхность; 8 – пластовые интрузии долеритов среднепалеозойского возраста, выходящие на нижнепалеозойскую поверхность; 9 – изопахиты нижнепалеозойских отложений от кровли джахтарской свиты среднего кембрия, м; 10 – контур Юлэгирской перспективной площади

Рисунок 39 – Палеотектоническая схема Юлэгирской площади на среднепалеозойское время (составлена автором по материалам ВГРЭ и НИГП).

На ней в изопахитах отражена остаточная (сохранившихся от размыва) мощность нижнепалеозойских отложений от кровли джахтарской свиты среднего кембрия. Повышенными остаточными мощностями здесь выделяются Тюннская секущая зона и узел ее пересечения с центральной подзоной ВММЗ.

В вышележащих мезозойских отложениях вышеописанные структуры не прослеживаются (Рисунок 40), что может свидетельствовать об их доюрском, и скорей всего, среднепалеозойском возрасте [Проценко, 2012ф].

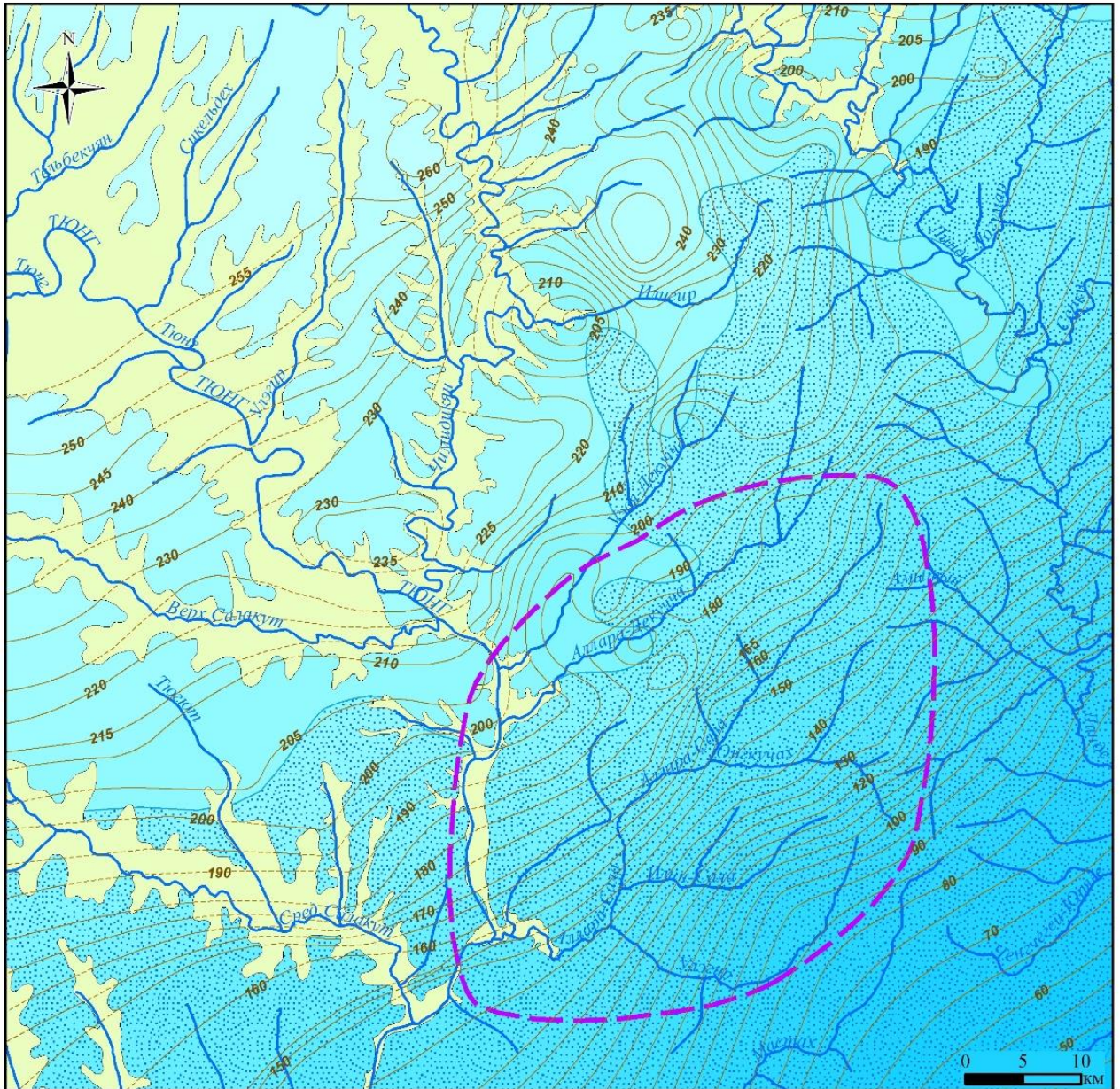
Таким образом, пересечение центральной подзоны Вилуйско-Мархинской зоны и Тюннской зоны разломов образует узел, который характеризуется усложнением структурного плана кимберлитовмещающих пород, а также повышенной остаточной мощностью нижнепалеозойских отложений, что характерно для известных кимберлитовых полей ЦСС, и позволяет считать эту площадь благоприятной по выявленным структурно-тектоническим критериям для локализации кимберлитового поля.

В пределах площади по космофотоматериалам дешифрируются Аллара-Сала-Мастахская и Юлэгирская кольцевые структуры, отождествляемые с кимберлитовым полем [Лоскутов, Антипин, Горев, 2010].

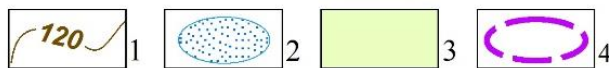
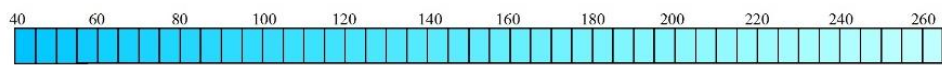
Усиливают перспективы обнаружения нового кимберлитового поля на Юлэгирской площади и установленные здесь геолого-геофизической службой Ботубинской ГРЭ геофизические предпосылки кимберлитового магматизма. По результатам поисковых работ [Бондаренко, 2008ф] выделен Илин-Салинский тектонический блок, по многим параметрам сходный с Дяхтарским блоком, к которому приурочено Накынское кимберлитовое поле.

Среди многочисленных линейных магнитных аномалий, отвечающих дайкам среднепалеозойских долеритов, выполняющим разломы ВММЗ, прослежены и основные разломы, трассирующиеся с Накынского кимберлитового поля.

На картах магнитного поля выделяются нарушения, подобные Дяхтарскому и Ботубинскому, а также слабоконтрастные линейные магнитные аномалии - в некотором роде аналоги Диагонального кимберлитовмещающего нарушения.



Шкала высот кровли J1mt1



Условные обозначения: 1 – стратозигопсы кровли нижней подсвиты моторчунской свиты нижней юры (J_1mt_1); 2 – область распространения более поздних юрских отложений; 3 – область отсутствия юрских отложений; 4 – контур Юлэгорской площади

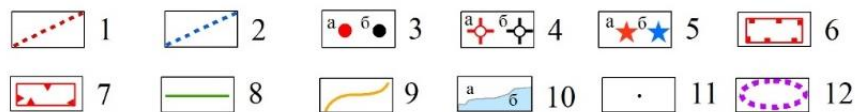
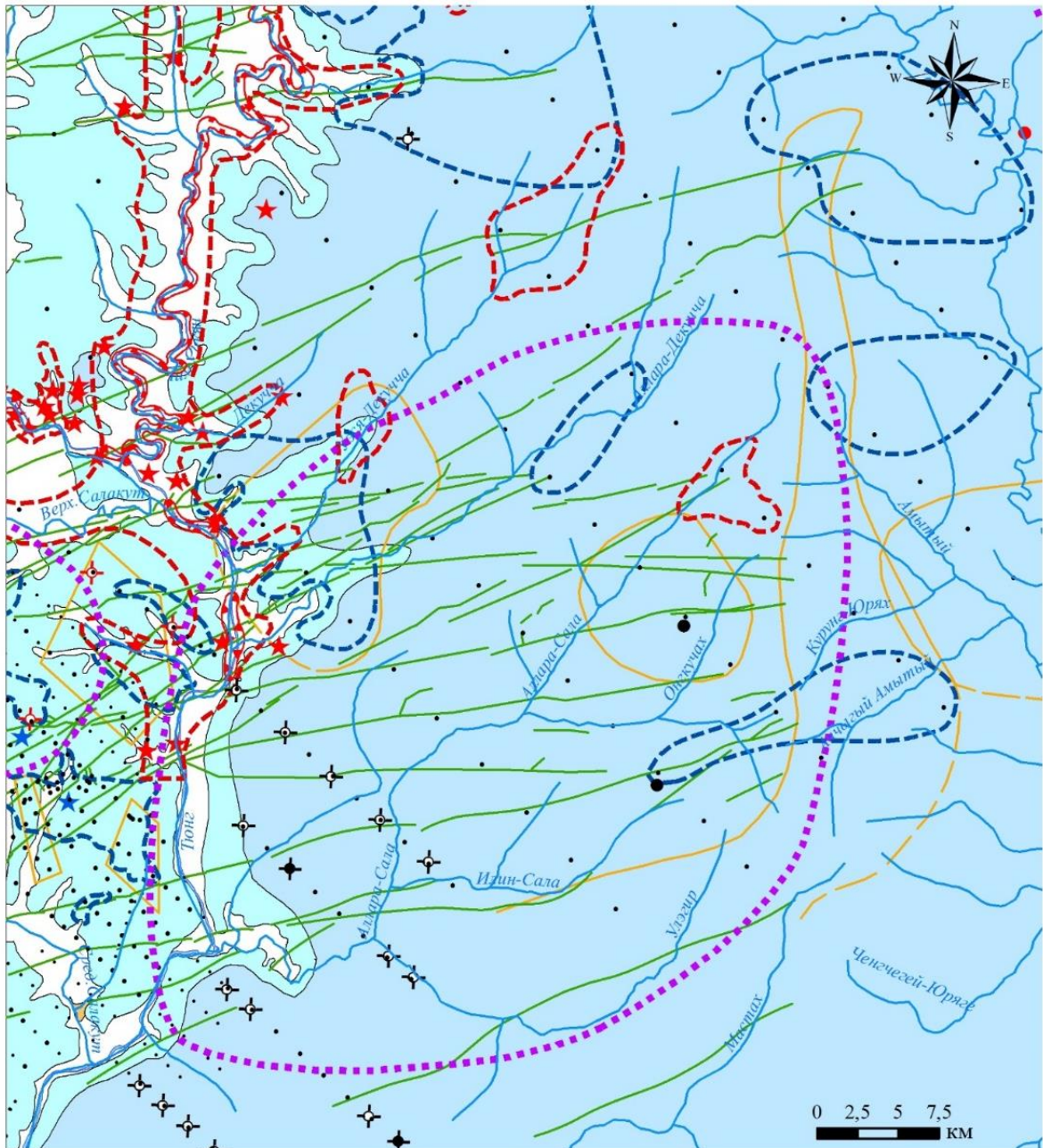
Рисунок 40 – Структура нижних горизонтов перекрывающей толщи Юлэгорской площади [Проценко, 2012ф].

Этими же работами [Бондаренко, 2008ф] выделены локальные магнитные аномалии, которые рекомендованы к детализации наземной магнитометрией с последующей заверкой бурением.

Кроме того, поисковыми работами в пределах Юлэгирской площади в различных возрастных срезах от нижней юры до современных отложений установлены многочисленные находки алмазов и их минералов-спутников (Рисунок 41).

Их изучение показало, что они оторваны от своих коренных источников и испытали неоднократное переотложение в течение своей постмагматической истории. Ореолы ИМК имеют обычно площадной характер в большинстве случаев, не обладают надежными векторными характеристиками, позволяющими определять направление их перемещения [Проценко, 2012ф]. Однако, находки высокосохранных минералов не исключают возможность происхождения хотя бы части из них из собственных (неизвестных пока) коренных источников, расположенных на рассматриваемой территории. В бассейне р. Тюнг отмечены отдельные находки алмазов в четвертичных и нижнеюрских отложениях, а также россыпепроявления алмазов (участки Широкий и Перекатный). В отдельных скважинах [Хмельков, 2007ф], установлены минералы-спутники алмазов, в том числе хорошей сохранности, хотя редкая сеть наблюдений не позволяет пока надежно оконтурить ореолы ИМК и дать им достоверную прогнозную оценку. В западной, открытой части площади находятся два участка с контрастно проявленными минералогическими признаками.

Первый участок, Илин-Сала, расположен в устье реки с одноименным названием, здесь в отложениях тюнгской свиты нижней юры установлены минералогические аномалии. При проведении поисковых работ [Николаев, 2000ф] были выявлены четыре зерна пиропов 0 класса и 10 зерен I класса сохранности, а также зерна пикроильменита с “шиповидной” поверхностью, среди которых высокосохранные I-II класс составляют $\approx 30\%$. Кроме того, на участке известны находки 4 кристаллов алмаза в конгломератах тюнгской свиты.



Условные обозначения: 1-2 – ореолы ИМК: 1 – в кайнозойских коллекторах, 2 – в мезозойских коллекторах; 3-4 – минералогические аномалии ИМК в мезозойских коллекторах: (а - пиропы, б - пикроильмениты): 3 – с содержанием более 100 знаков на пробу, 4 – сохранностью I, II класса; 5 – находки алмазов (а - в четвертичных отложениях, б - в мезозойских отложениях); 6 – россыпи алмазов; 7 – россыпепроявления алмазов; 8 – дайки долеритов, выделенные по геолого-геофизическим данным; 9 – площадные комплексные геохимические аномалии; 10 – типы поисковых обстановок: а – открытые площади, б – закрытые площади; 11 – скважины; 12 – контур Юлэгирской площади

Рисунок 41 – Проявленность минералогических признаков на Юлэгирской площади [Проценко, Толстов, Горев, 2018].

Второй участок, Декучча, занимает нижние течения рр. Декучча, Аллара-Декучча и Уэся-Декучча. Здесь в базальном горизонте юрских отложений оконтурен контрастный ореол ИМК, который характеризуется повышенным содержанием оранжевых разностей пиропса (до 20%), повышенной гранулометрией пиропсов, где доля зерен в классе -2+1 мм составляет 82 %, присутствуют пиропсы в классе -4+2мм (10%). Для пикроильменитов зерна крупнее 1 мм здесь составляют 31 %. Присутствуют как пиропсы, так и пикроильмениты I+II класса сохранности. В пределах данного ореола хорошосохраненные зерна ИМК были выявлены и в буровых скважинах [Хмельков, 2007ф].

Установленные значимые минералогические признаки, а также охарактеризованные выше геофизические предпосылки, наряду с благоприятной структурно-тектонической позицией Юлэгирской площади, позволяют прогнозировать в ее пределах обнаружение нового кимберлитового поля.

Таким образом, из вышеизложенного вытекает четвертое защищаемое положение: *выявленные структурно-тектонические закономерности локализации алмазоносных кимберлитовых полей (в составе прогнозно-поисковых критериев, включающих геолого-геофизические и магматические предпосылки и минералогические признаки) позволили выделить на южном фланге Вилюйско-Мархинской минерагенической зоны Верхнемурбайскую, а на северо-восточном – Юлэгирскую (Тюнгскую) перспективные площади ранга кимберлитового поля.*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплект структурно-тектонических и палеотектонических карт, в том числе и высокоточных, позволил охарактеризовать строение верхней части нижнепалеозойского комплекса Вилуйско-Мархинской зоны в целом, ее продуктивных кимберлитовых полей и рудных кустов.

Посредством анализа региональных построений установлена латеральная зональность ВММЗ, при которой на общем фоне моноклинального залегания нижнепалеозойских пород были выявлены области усложненного структурного плана, образующие подзоны – центральную и западную. Было показано, что секущие зоны, трассирующиеся со стороны Палеовилуйского авлакогена, в верхней части кимберлитовмещающего разреза проявлены пологими линейными прогибами или серией одиночных грабенообразных структур.

Выполненные исследования показали, что алмазоносные кимберлитовые поля, тяготеющие к узлам пересечения подзон ВММЗ с секущими зонами, обладают более сложным, относительно сопредельных территорий, тектоническим строением кимберлитовмещающих толщ, что обусловлено широким развитием в их пределах локальных пликтивных структур и погруженных линейных прогибов.

Палеотектонический анализ позволил определить время формирования основных контрастных структур ВММЗ как среднепалеозойское. В региональном тектоническом плане это подзоны усложненного строения ВММЗ и секущие зоны, в пределах алмазоносных кимберлитовых полей – это, в первую очередь, грабенообразные прогибы, которыми в структуре нижнепалеозойских пород проявлены отдельные разломы ВММЗ и секущих зон, на детальном плане – это локальные отрицательные структуры, вмещающие кусты кимберлитовых тел.

Характерной чертой этих среднепалеозойских структур является повышенная мощность нижнепалеозойских кимберлитовмещающих отложений, что может служить их идентификационным признаком, а также дополнительным

структурно-тектоническим критерием выделения площадей, благоприятных для локализации кимберлитового магматизма.

Анализ тектонических особенностей участков размещения кустов кимберлитовых тел в Мирнинском и Накынском полях ВММЗ показал, что они приурочены к областям с повышенной мощностью нижнепалеозойских отложений, но в структуре кимберлитовмещающих образований различных полей проявлены по-разному. В Накынском поле кимберлитовые тела расположены в пределах пологой мульдообразной депрессии, а в Мирнинском поле – на борту грабенообразных прогибов, сопровождающих разломы ВММЗ. Это может быть использовано в качестве дополнительного тектонического критерия при крупномасштабном прогнозировании.

На основе структурно-тектонических критериев с учетом комплекса прогнозно-поисковых признаков и предпосылок в пределах ВММЗ автором выделены две перспективные площади, благоприятные для локализации кимберлитовых полей: Юлэгирская (Тюнгская) – на северо-восточном и Верхнемурбайская – на южном флангах.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АмГРЭ – Амакинская геологоразведочная экспедиция
АМС – аэромагнитная съемка
БГРЭ – Ботуобинская геологоразведочная экспедиция
ВГРЭ – Вилюйская геологоразведочная экспедиция
ВММЗ – Вилюйско-Мархинская минерагеническая зона
ВММО – Вилюйско-Мархинская минерагеническая область
ГИС – геофизические исследования скважин
ГРР – геологоразведочные работы
ДККТ – Дяхтарский куст кимберлитовых тел
ДХЗ – Джункун-Хампинская зона
ЗКД – зона краевых дислокаций
ЗККТ – Западный куст кимберлитовых тел
ИМК – индикаторные минералы кимберлитов
ЛАС – Лено-Анабарская субпровинция
МКП – Мирнинское кимберлитовое поле
МТЗ – магнитотеллурическое зондирование
НБА – Непско-Ботуобинская антеклиза
НИГП – Научно-исследовательское геологическое предприятие
НКП – Накынское кимберлитовое поле
ОДВА – область динамического влияния авлакогена
ОМО – околотрубочная мульда оседания
СЗ – секущая зона
СКП – Сюльдюкарское кимберлитовое поле
СМЗ – Среднемархинская зона
ТСЗ – Тюннская секущая зона
ЦСС – Центрально-Сибирская субпровинция
ЯАП – Якутская алмазоносная провинция

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**Опубликованная**

1. Антипин, И.Ин. Среднемасштабное алмазопрогнозирование на примере Центрально-Сибирской субпровинции / И.Ин. Антипин, И.И. Антипин // Руды и металлы. – 2018. – № 1. – С. 4-10.
2. Арсеньев, А.А. О закономерности размещения кимберлитов в восточной части Сибирской платформы / А.А. Арсеньев // Доклады АН СССР. – 1961. – Т. 137. – № 5. – С. 1170-1173.
3. Арсеньев, А.А. Трещинная тектоника и алмазоносность восточной части Сибирской платформы / А.А. Арсеньев // Геология алмазных месторождений. Серия геологическая – 1963. – № 9. – С. 39-44.
4. Бабаян, Г.Д. Отражение разломной тектоники Мало-Ботуобинского района в гравитационном поле / Г.Д. Бабаян, Ю.Д. Молчанов, Д.И. Саврасов // Применение геофизических методов при поисках кимберлитовых тел в Якутской провинции. – 1976. – С. 97-100
5. Борис, Е.И. О закономерностях размещения кимберлитовых тел в Мало-Ботуобинском районе (Западная Якутия) / Е.И. Борис, Е.В. Францессон // Известия ВУЗов. Геология и разведка. – 1992. – № 5. – С. 68-75.
6. Божевольный, И.И. Перспективы выявления новых кимберлитовых тел в юго-восточной части Якутской алмазоносной провинции / И.И. Божевольный, А.В. Манаков, С.Д. Черный [и др.] // Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов. – Мирный, 1998. – С.235-237.
7. Божевольный, И.И. Закономерности размещения среднепалеозойских кимберлитовых полей юго-восточной части Якутской алмазоносной провинции / И.И. Божевольный, С.Д. Черный // Отечественная геология. – 1997. – №5. - С. 7-9.

8. Брахфогель, Ф.Ф. Геологические аспекты кимберлитового магматизма северо-востока Сибирской платформы / Ф.Ф. Брахфогель. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1984. – 128 с.

9. Ваганов, В.И. Алмазные месторождения России и мира (Основы прогнозирования) / В.И. Ваганов. – М. ЗАО «Геоинформмарк», 2000. – 371 с.

10. Ваганов, В.И. Прогнозно-поисковые системы для месторождений алмазов / В.И. Ваганов, В.А. Варламов, А.А. Фельдман [и др.] // Отечественная геология. – 1995. – №3. – С.42 – 52.

11. Ваганов, В.И. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Выпуск «Алмазы» / В.И. Ваганов, Голубев Ю.К., Минорин В.Е. [и др.] Под редакцией Ю.К. Голубева. – М.: ЦНИГРИ, 2002. – 106 с.

12. Васильев, А.А. Перспективы Малоботуобинского района на открытие новых месторождений алмазов / А.А. Васильев, Н.И. Коваленко // Геологическое обеспечение минерально-сырьевой базы алмазов: проблемы, пути решения, инновационные разработки и технологии: Материалы IV Региональной научно-практической конференции. – Мирный, 2014. – С.70-73.

13. Владимиров, В.М. Глубинный кимберлитовый магматизм и вопросы его структурного контроля / В.М. Владимиров, М.М. Одинцов // Сб. Геология и геофизика Восточной Сибири. – № 2. – Иркутск, 1971. – С. 46-58.

14. Геологический словарь: [в 3 т.] / гл. ред. О. В. Петров; ред.-сост.: С. И. Андреев [и др.]. – Т. 2 – Изд. 3-е, перераб. и доп. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011. – 476 с.

15. Герасимчук А.В. Глубинное строение алмазоносных районов и смежных с ними территорий в связи с проблемой алмазоносности новых площадей / А.В. Герасимчук, Н.Н. Романов // Методы прогноза и поисков месторождений алмазов на юге Восточной Сибири. – Иркутск, ВостСибНИИГГиМС, 1990. – С.11-13.

16. Гладков, А.С. Тектонофизические исследования при алмазопроисковых работах. Методическое пособие / А.С. Гладков, С.А. Борняков, А.В. Манаков, В.А. Матросов. – М.: Научный мир, 2008. – 175 с.

17. Гладков, А.С. Новые данные о внутреннем строении и механизме образования зон кимберлитовмещающих разломов Мало-Ботуобинского района (Якутская алмазоносная провинция) / А.С. Гладков, Н.Н. Зинчук, С.А. Борняков, С.И. Шерман, А.В. Манаков, В.А. Матросов, М.Н. Гарат, И.А. Дзюба (Потехина) // ДАН, 2005. – Т.402. – №3. – С.366-369.

18. Гладков, А.С. Структурный контроль кимберлитовых тел Мало-Ботуобинского района (Якутия) / А.С. Гладков, Н.Н. Зинчук, С.И. Шерман, А.В. Манаков, С.А. Борняков, В.А. Матросов, И.А. Дзюба, М.Н. Гарат // Геология алмаза – настоящее и будущее (геологи к 50-летнему юбилею г. Мирный и алмазодобывающей промышленности России). – Воронежский государственный университет, 2005. – С. 49-63.

19. Гладков, А.С. Строение разломного узла как поисковый признак коренных месторождений алмазов /А.С. Гладков, Д.А. Кошкарев // Геологическое обеспечение минерально-сырьевой базы алмазов: проблемы, пути решения, инновационные разработки и технологии: Материалы IV Региональной научно-практической конференции. – Мирный, 2014. – С.44-48.

20. Горев, Н.И. Кимберлитоконтролирующие зоны северо-востока Сибирской платформы / Н.И. Горев //Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов. – Мирный, 1998. – С.246-248.

21. Горев, Н.И. Особенности тектонического строения и развития осадочного чехла Якутской алмазоносной субпровинции в связи с размещением кимберлитов: диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук: 04.00.01 / Горев Николай Иванович. – Мирный, 1999 г. – 148 с.

22. Горев, Н.И. Тектоническая позиция кимберлитовых районов и полей юга Якутской кимберлитовой провинции/ Н.И. Горев // Сб. Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов. – Мирный, 1998. – С. 249-251.

23. Горев, Н.И. Тектонические исследования при прогнозировании коренных источников алмазов / Н.И. Горев // Алмазная геология в АК «АЛРОСА» – настоящее и будущее (геологи АК «АЛРОСА» к 50-летию юбилею алмазодобывающей промышленности России). – Воронеж, ВГУ, 2005. – С. 1175-1202.

24. Горев, Н.И. Специализированные тектонические карты при прогнозировании коренных месторождений алмазов на Сибирской платформе: методика составления и анализа / Н.И. Горев, А.В. Герасимчук // Руды и металлы. – 2017. – №4. – С. 25-41.

25. Горев, Н.И. Тектонические аспекты строения Вилуйско-Мархинской зоны, их использование при прогнозировании кимберлитовых полей / Н.И. Горев, А.В. Герасимчук, Е.В. Проценко, А.В. Толстов // Наука и образование. – 2011. – №3. – С.5-10.

26. Горев, Н.И. Отражение Мирнинского кимберлитового поля в структуре осадочного чехла / Н.И. Горев, А.В. Манаков, Ю.М. Эринчек, Е.А. Бардина, А.Т. Васильев, М.Н. Гарат, С.Д. Черный [и др.] // ДАН, 1988. – Т. 303. – № 3. – С. 685-689.

27. Горев, Н.И. Новая методика анализа геофизических данных при прогнозно-поисковых исследованиях в Накынском кимберлитовом поле (Западная Якутия) / Н.И. Горев, А.В. Новопашин, А.В. Герасимчук, Е.В. Проценко, Ф.К. Зайцевский // Наука и образование. – 2016. – № 2(82). – С. 7-15.

28. Готовцев, В.В. Геология и структура кимберлитового поля трубки Удачная / В.В. Готовцев // Геология и полезные ископаемые Восточной Сибири. – Новосибирск, Наука, 1985. – С. 92-98.

29. Гусев, Г.С. Новые представления о закономерностях размещения кимберлитовых тел на северо-востоке Сибирской платформы / Г.С. Гусев, К.Н. Никишев, А.Ф. Петров // Корреляция эндогенных процессов Сибирской платформы и её обрамления. – Новосибирск: Наука, 1982. – С. 37-43.

30. Дэвис, Г.Л. Новые данные о возрасте кимберлитов Якутии, полученные уран-свинцовым методом по цирконам / Г.Л. Дэвис, Н.В. Соболев, А.Д. Харьков // Докл. АН СССР, 1980. – Т.254. – №1. – С. 175-179
31. Дукардт, Ю. А. Контроль кимберлитового вулканизма Якутской алмазоносной провинции палеорифтовыми структурами / Ю.А. Дукардт, Е.И. Борис // Отечественная геология. – 1996. – № 10. – С. 28-34.
32. Дукардт, Ю.А. Авлакогенез и кимберлитовый магматизм / Ю.А. Дукардт, Е.И. Борис. – Воронеж: Изд. ВГУ, 2000. – 162 с
33. Дукардт, Ю.А. Нереализованные перспективы Мирнинского кимберлитового поля и рекомендации по направлению ревизионных поисковых работ / Ю.А. Дукардт, Е.И. Борис // Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов. – Мирный, 1998. – С. 254-256.
34. Дукардт, Ю.А. Кольцевые структуры древних платформ и поиски кимберлитов / Ю.А. Дукардт, Е.И. Борис, Н.Н. Зинчук // Прогнозирование и поиски коренных алмазных месторождений. – Симферополь, 1999. – С. 18-21.
35. Евстратов А.А. Структурно-тектоническое строение глубоких горизонтов осадочного чехла Накынского кимберлитового поля (Западная Якутия) / А.А. Евстратов, Е.В. Проценко // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 150-летию со дня рождения академика В. А. Обручева и 130-летию академика М. А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы. Том I; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – С. 182-184.
36. Емельянов, В.С. Новые данные о перспективах коренной алмазоносности Вилуйско-Мархинской зоны разломов / В.С. Емельянов, А.В. Толстов, Е.И. Борис // Вопросы методики прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых. – Якутск: Изд-во СО РАН, 2004. – С. 115-123.
37. Журавлев, А.З. Sn-Nb и Rb-Sr геохронология эклогитов из трубки Мир / А.З. Журавлев, Д.З. Журавлев, А.И. Пономаренко, И.В. Чернышов // Проблемы

изотопного датирования метаморфизма и метосоматоза (тезисы докладов). – М.: ГЕОХИ, 1985. – С.17-19.

38. Зайцев, А.И. О возрасте кимберлитовых пород Накынского поля (Якутия) / А.И. Зайцев, В.П. Корнилова, А.С. Фомин, М.Д. Томшин // Проблемы алмазной геологии и некоторые пути их решения. – Воронеж: ВГУ, 2001. – С. 47-54.

39. Зайцев, А.И. Изотопная геохронология пород кимберлитовой формации Якутской провинции / А.И. Зайцев, А.П. Смелов. – Якутск: Офсет, 2010. – 108 с.

40. Зинчук, Н.Н. Некоторые актуальные задачи повышения эффективности прогнозно-поисковых работ на алмазы (на примере Сибирской платформы) / Н.Н. Зинчук // Геологическое обеспечение минерально-сырьевой базы алмазов: проблемы, пути решения, инновационные разработки и технологии. Материалы IV Региональной научно-практической конференции. – Мирный, 2014. – С.70-73.

41. Зуев, В.М. Структуры, контролирующие положение кимберлитов Среднемархинского района / В.М. Зуев, С.М. Безбородов, С.Д. Черный, Ю.Т. Яныгин, Ю.Д. Молчанов, П.А. Игнатов, Я.И. Штейн // Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов // Материалы научно-практической конференции, посвящённой 30-летию ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА». – Мирный, 1998. – С. 260-262.

42. Игнатов, П.А. Методы обнаружения скрытых рудоконтролирующих структур в осадочных толщах на примерах месторождений урана и алмазов / П.А. Игнатов // В сб. Фундаментальные проблемы геологии месторождений полезных ископаемых и металлогении: XXI Междунар. научн. конф., посвящ. 100-летию академика В.И.Смирнова. М. МГУ Сб. трудов в 2-х томах. – Том 1. – М.: МАКС Пресс, 2010. – С. 169-186.

43. Игнатов, П.А. Картирование скрытых сдвиговых кимберлитоконтролирующих структур в Накынском поле / П.А. Игнатов, К.Ю. Бушков, А.В. Толстов, Ю.Т. Яныгин // В сб. Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях. – Якутск: Изд. ЯНЦ СОРАН, 2008. – С. 325-331.

44. Игнатов, П.А. Моделирование структур, вмещающих алмазоносные кимберлиты на закрытых территориях / П.А. Игнатов, И.Д. Васильев, К.В. Новиков, А.М. Шмонов // «Руды и металлы». – 2011. – № 3. – С. 74-75.

45. Игнатов, П.А. Возможности локального прогноза кимберлитов и их кустов по косвенным признакам при поисках на закрытых территориях на примере Накынского поля Якутии / П.А. Игнатов, К.В. Новиков, А.М. Шмонов, А.Н. Разумов, О.К. Килижеков // Руды и металлы. – 2013. – № 5. – С. 34-41.

46. Игнатов, П.А. Строение Диагонального разлома, вмещающего кимберлиты Накынского поля, и прогноз новых тел / П.А. Игнатов, К.В. Новиков, А.М. Шмонов, А.Н. Разумов, О.К. Килижеков // Геологическое обеспечение минерально-сырьевой базы алмазов АК «АЛРОСА»: проблемы, пути решения, инновационные разработки и технологии. Айхал: Материалы V полевого научно-практического семинара. – Айхал, 2015. – С. 85-88.

47. Игнатов, П.А. Новые приемы оценки локальных площадей на коренные алмазные месторождения. / П.А. Игнатов, Я.И. Штейн, С.Д. Черный, Ю.Т. Яныгин // Руды и металлы. – 2001. – № 5. – С. 32-42.

48. Кабышев, Б. П. Палеотектонические исследования и нефтегазоносность в авлакогенных областях / Б.П. Кабышев. – Л.: Недра, 1987. – 191 с.

49. Киселев, А.И. Геодинамика развития кимберлитового и базитового магматизма в области Вилюйского палеорифта / А.И. Киселев, К.Н. Егоров, М.Н. Масловская // Отечественная геология. – 2002. – №4. – С. 40-45.

50. Ковальский, В.В. Кимберлитовые породы Якутии и основные принципы их петрогенетической классификации / В.В. Ковальский. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 184 с

51. Колодезников, И.И. Геология и перспективы алмазоносности юго-восточной окраины Сибирской платформы и Сетте-Дабана/ И.И. Колодезников, К.К. Левашов, В.К. Маршинцев [и др.] – М.: Недра, 1996. – 160 с

52. Комаров, А.Н. Геохронология кимберлитов Сибирской платформы по данным метода треков / А.Н. Комаров. И.П. Илупин // Геохимия. – 1990. – № 3. – С. 365-372

53. Кондратьев, А.А. Тектоническое строение и история развития Средне-Мархинского алмазоносного района Западной Якутии / А.А. Кондратьев, Н.И. Горев // Сб. Геология алмаза – настоящее и будущее. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2005. – С. 95-105.

54. Константинов, К.М. Магнетизм кимберлитов и траппов зоны сочленения Вилюйской и тунгусской синеклиз Сибирской платформы: диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук: 25.00.10. / Константинов Константин Михайлович. – Иркутск, 2014. – 368 с.

55. Коробков, И.Г. Кимберлитовый магматизм как продукт эволюции древних структур. / И.Г. Коробков // Суперконтиненты в геологическом развитии докембрия: Материалы Всероссийского совещания. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2001. – С. 111-115.

56. Коробков, И.Г. Вулкано-тектонические структуры Патомско-Вилюйского авлакогена и их минерагеническое значение при прогнозе алмазных месторождений / И.Г. Коробков, Е.В. Проценко, А.А. Поцелуев, А.И. Коробкова // Развитие минерально-сырьевой базы Сибири: от Обручева В.А., Усова М.А., Урванцева Н.Н. до наших дней: Материалы Всероссийского форума с международным участием, посвященного 150-летию академика Обручева В.А., 130-летию академика Усова М.А. и 120-летию профессора Урванцева Н.Н.; Томский политехнический университет – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – С. 191-195.

57. Коробков, И.Г. Структуры осадочного чехла высокопродуктивных кимберлитовых полей Вилюйско-Мархинской минерагенической зоны (Якутская алмазоносная провинция) / И.Г. Коробков, Е.В. Проценко, А.И. Коробкова // Вестник ВГУ, Серия: Геология. – 2015. – № 1. – С. 22-28.

58. Кривонос, В.Ф. Относительный и абсолютный возраст кимберлитов / В.Ф. Кривонос // Отечественная геология. – 1997. – №1. – С.41-51.

59. Кушев, В.Г. Структурная позиция и продуктивность кимберлитов Восточно - Сибирской (Якутской) провинции. / В.Г. Кушев, А.В. Синицын, А.М. Мишин, Л.М. Натапов // Геология и геофизика. – 1992. – № 10. – С. 61-74.
60. Левченков, О.А. U-Pb-возраст циркона из кимберлитовых трубок Мир и 325 лет Якутии / О.А. Левченков, И.М. Гайдамако, Л.К. Левский [и др.] // Докл. РАН. – 2005. – Т. 400. – № 2. – С.233-235
61. Логачев, М.А. Рифтогенез и кимберлитообразование / М.А. Логачев, Б.М. Владимиров // Проблемы кимберлитового магматизма. – Новосибирск: Наука, 1989. – С. 6-12.
62. Лоскутов, Ю.И. Перспективы открытия алмазоносного кимберлитового поля, аналогичного Накынскому / Ю.И. Лоскутов, И.И. Антипин, Н.И. Горев // Геология и минерагения Сибири: Сборник научных трудов. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2010. – С. 96-101.
63. Лурье, М.Л. Магматизм Сибирской платформы / М.Л. Лурье, В.Л. Масайтис // Советская геология. – 1959. – №4. – С.50-66.
64. Лурье, М.Л. Интрузивные траппы западной окраины Сибирской платформы/ М.Л. Лурье, В.Л. Масайтис, Л.А. Полунина // Петрография Восточной Сибири. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – Т.1. – С. 5-70.
65. Малич, Н.С. Тектоническое развитие чехла Сибирской платформы/ Н.С. Малич. – М.: Недра, 1975. – 216 с.
66. Манаков, А.В. Новые данные о строении Вилуйско-Мархинской системы разломов / А.В. Манаков, И.В. Оськин, Ю.В. Антонов, А.В. Слюсарев // Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов. – Мирный, 1998. – С.270-272
67. Манаков, А.В. Особенности строения литосферы Якутской кимберлитовой провинции / А.В. Манаков. – Воронеж: изд-во ВГУ. – 1999. – 57с.
68. Манаков, А.В. Кимберлитовые поля Якутии / А.В. Манаков, Н.Н. Романов, О.Л. Полторацкая. – Воронеж: изд-во ВГУ, 2000. – 82 с.
69. Масайтис, В.Л. Трапповая формация бассейна р. Вилуей / В.Л. Масайтис // Петрография Восточной Сибири. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – Т.1. – С.178-193.

70. Масайтис, В.Л. Вулканизм и тектоника Патомско-Вилуйского среднепалеозойского авлакогена / В.Л. Масайтис, М.В. Михайлов, Т.В. Селивановская // Тр. ВСЕГЕИ. – Т. 192. – М.: Недра, 1975. – 182 с.

71. Матросов, В.А. Особенности строения Вилуйско-Мархинской зоны разломов в Среднемархинском районе / В.А. Матросов, А.В. Сильчев // Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века. Материалы региональной научно-практической конференции "Актуальные проблемы геологической отрасли АК "АЛРОСА" и научно-методическое обеспечение их решений, посвящённой 35-летию ЯНИГП ЦНИГРИ АК "АЛРОСА". – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2003. – С.319-321.

72. Милашев, В.А. Кимберлитовые провинции / В.А. Милашев. – Л.: Недра, 1974. – 224 с.

73. Милашев, В.А. Структуры кимберлитовых полей / В.А. Милашев. – Л.: Недра, 1979. – 183 с.

74. Милашев, В.А. Трещиноватость, блоковое строение платформенного чехла и локализация диатрем / В.А. Милашев. – Спб., 1997. – 145 с.

75. Милашев, В.А. Некоторые закономерности размещения и образования кимберлитовых полей / В.А. Милашев, В.П. Соколова // Геология и геофизика. – 1989. – №4. – С. 78-85.

76. Митюхин, С.И. Геолого-генетические и эмпирические основы выделения таксонов класса субпровинция кимберлитов и конвергентных им пород / С.И. Митюхин // Отечественная геология. – 1997. – №1. – С.23-29.

77. Митюхин, С.И. Прогнозирование кимберлитопроявлений: состояние и нерешенные проблемы / С.И. Митюхин // Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов. – Мирный, 1998. – С. 272-274.

78. Мишнин, В.М. Якутский мегакратон: нетрадиционные аспекты тектоники минерагении / В.И. Мишнин, Ю.Н. Бадарханов, В.И. Болознев. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987.

79. Мокшанцев, К.Б. Структурный контроль проявлений кимберлитового магматизма на северо-востоке Сибирской платформы / К.Б. Мокшанцев, В.В. Еловских, В.В. Ковальский [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1974. – 98 с.

80. Мокшанцев, К.Б. Структурно-тектонические условия и геофизические критерии локализации кимберлитового магматизма восточной части Сибирской платформы / К.Б. Мокшанцев, Г.Д. Бабаян, Г.И. Штех, Ф.Ф. Брахфогель // Применение геофизических методов при поисках кимберлитовых тел в Якутской провинции. – 1976. – С. 16-39.

81. Молчанов, Ю.Д. Физико-геологическая характеристика кимберлитоконтролирующих разломов Мирнинского кимберлитового поля / Ю.Д. Молчанов, Д.И. Саврасов // Геология и полезные ископаемые Восточной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1985. – С. 85-91.

82. Молчанов, Ю.Д. Новое в закономерностях размещения кимберлитовых полей Западно-Якутской алмазоносной провинции / Ю.Д. Молчанов, Ю.Т. Яныгин // Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов. Материалы научно-практической конференции, посвящённой 30-летию ЯНИГП ЦНИГРИ АК "АЛРОСА". – Мирный, 1998. – С. 278-279.

83. Никитин, Б.М. Деформации вмещающих пород при формировании кимберлитовых трубок / Б.М. Никитин // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1980. – № 11. – С. 41–49.

84. Никишов, К.Н. Петролого-минералогическая модель кимберлитового процесса / К.Н. Никишов. – М.: Наука, 1984. – 213 с.

85. Никулин, В. И. Алмазопрогностика: Методическое пособие / В.И. Никулин, М.И. Лелюх, Г.С. Фон-дер-Флаас. — Иркутск, 2002. – 320 с.

86. Олейников, Б.В. Геохимия и рудогенез платформенных базитов / Б.В. Олейников. – Новосибирск: Наука, 1979. – 264 с.

87. Олейников, Б.В. Петролого-геохимические черты глубинной эволюции вещества кимберлитовой и базитовой магматических систем / Б.В. Олейников, К.Н. Никишов, В.В. Ковальский. – Якутск, 1985. – 200 с.

88. Олейников, Б.В. Основные типы трапповых интрузивов среднепалеозойской и верхнепалеозойско-мезозойской трапповых формаций зоны сочленения Тунгусской и Виллюйской синеклиз / Б.В. Олейников, В.Т. Савинов, М.А. Погудина // Геология и геохимия базитов восточной части Сибирской платформы. – М.: Наука, 1973. – С. 4-76

89. Подвысоцкий, В.Т. Терригенные алмазоносные формации Сибирской платформы / В.Т. Подвысоцкий. – Якутск: ЯФ. Изд-во СО РАН, 2000. – 332 с.

90. Подвысоцкий, В.Т. Состав и условия формирования древних осадочных коллекторов и россыпей алмазов / В.Т. Подвысоцкий, Е.Н. Белов. – Якутск, 1995. – 164 с.

91. Подчасов, В.М. Геология, прогнозирование, методика поисков, оценки и разведки коренных месторождений алмазов / В.М. Подчасов, В.Е. Минорин, И.Я. Богатых, Ю.К. Голубев, С.А. Граханов, В.Ф. Кривонос, В.Т. Подвысоцкий, А.Д. Харьков, Ю.М. Эринчек, Б.С. Ягнышев // Книга 1. Коренные месторождения. – Якутск: ЯФ ГУ «Издательство СО РАН», 2004. – 548 с.

92. Полторацкая, О.Л. Специфика строения земной коры в районах кимберлитового магматизма разного возраста / О.Л. Полторацкая, Н.Н. Романов, А.В. Манаков // Материалы Международн. геофиз. геоинф. и выставки. – М., 1997. – С.162-164.

93. Поспеева, Е.В. Результаты глубинных магнитотеллурических исследований в Якутской алмазоносной провинции / Е.В. Поспеева, В.И. Поспеев // Обеспечение научно-технического прогресса при геофизических исследованиях в Восточной Сибири – Иркутск, 1987. – С. 107-115.

94. Прокопьев, С.А. О принципах прогнозирования и прогнозной оценке перспектив коренной алмазоносности Якутской алмазоносной провинции / С.А. Прокопьев // Геологическое обеспечение минерально-сырьевой базы алмазов: проблемы, пути решения, инновационные разработки и технологии: Материалы IV Региональной научно-практической конференции. – Мирный, 2014. – С.70-73.

95. Проценко, Е.В. Тектонические особенности размещения кимберлитовых тел и их использование при прогнозировании (на примере кимберлитовых полей

Западной Якутии) / Е.В. Проценко, Н.И. Горев // Руды и металлы. – 2017. – №4. – С.62-69.

96. Проценко, Е.В. Сюльдюкарское кимберлитовое поле, его границы и перспективы коренной алмазоносности по результатам тектонического анализа/ Е.В. Проценко, Н.И. Горев // Эффективность геологоразведочных работ на алмазы: прогнозно-ресурсные, методические, инновационно-технологические пути ее повышения: Материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 50-летию Алмазной лаборатории ЦНИГРИ. – НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО). – Мирный, 2018. – С.148 – 151

97. Проценко, Е.В. Тектонические критерии кимберлитовых полей Вилюйско-Мархинской минерагенической зоны / Е.В. Проценко, Н.И. Горев // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов. Сборник тезисов докладов IX Международной научно-практической конференции (17-19 апреля 2019 г., Москва, ФГБУ «ЦНИГРИ»). – М.: ЦНИГРИ, 2019. – С. 39.

98. Проценко, Е.В. Тектонические предпосылки кимберлитового магматизма на юге Якутской алмазоносной провинции / Е.В. Проценко, Н.И. Горев, О.С. Граханов // Наука и образование. – 2014. - №3. – С .69-73.

99. Проценко, Е.В. Перспективы коренной алмазоносности закрытых территорий Центрально-Сибирской субпровинции / Е.В. Проценко, О.С. Граханов, А.Н. Разумов // Актуальные проблемы геологии, прогноза, поисков и оценки месторождений твердых полезных ископаемых: Материалы научно-практической конференции / Крымское отделение Украинского государственного геологоразведочного института (КО Ук рГГРИ). – Киев: Академперіодика, 2012. – С. 63-65.

100. Проценко, Е.В. Критерии поисков кимберлитов и новые перспективы коренной алмазоносности Якутии / Е.В. Проценко, А.В. Толстов, Н.И. Горев // Руды и металлы. – 2018. – №4. – С. 14-23.

101. Прусакова, Н.А. Локализация площадей под поисковые работы на основе геолого-геофизических предпосылок коренной алмазоносности/ Н.А.

Прусакова // Эффективность геологоразведочных работ на алмазы: прогнозно-ресурсные, методические, инновационно-технологические пути ее повышения: Материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 50-летию Алмазной лаборатории ЦНИГРИ. – НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО). – Мирный, 2018. – С.152-156.

102. Прусакова, Н.А. Принципы выделения локальных участков ранга куста кимберлитовых трубок на основе структурно-геофизического районирования / Н.А. Прусакова // Эффективность прогнозирования и поисков месторождений алмазов: прошлое, настоящее и будущее (Алмазы-50). – Санкт-Петербург, 2004. – С. 272-274.

103. Саблуков, С.М. Литосферная мантия Накынского кимберлитового поля (Якутия) по данным изучения мантийных ксенолитов и базальтов трубки Нюрбинская / С.М. Саблуков, Л.И. Саблукова, Ю.Б. Стегницкий, В.И. Банзерук // Щелочный магматизм, его источники и плюмы. – Иркутск: Глазковская типография, 2007. – С.168-185

104. Сарсадских, Н.Н. Региональные и локальные закономерности размещения эндогенных месторождений алмаза / Н.Н. Сарсадских // Материалы к совещанию "Основы научного прогноза". – Л.: Недра, 1973. – С.544-568.

105. Сарсадских, Н.Н. Структурный фактор размещения кимберлитов на Сибирской платформе и прогнозирование коренной алмазоносности / Н.Н. Сарсадских // Прогнозирование и методы поисков месторождений никеля, олова и алмазов в Советской Арктике. Материалы конф. – Л.: Изд.НИИГА, 1969. – С.72-76.

106. Сафьянников, В.И. Среднепалеозойские структуры юга Сибирской платформы и прогноз алмазоносности / В.И. Сафьянников, С.В. Сафьянников // Методы прогноза и поисков месторождений алмазов на юге Восточной Сибири. – Иркутск, ВостСибНИИГГиМС, 1990. – С.7-9.

107. Сафьянников, С.В., Ангаро-Ботуобинская зона среднепалеозойской активизации: геодинамика и минерагения / С.В. Сафьянников // Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов. – Мирный, 1998. – С. 295-297.

108. Синицын, А.В. Принципы тектонического анализа кимберлитовых провинций / А.В. Синицын // Геология и геофизика. – 1992. – №10. – С. 8-12.
109. Темников, И.А. Структурно-тектоническое строение кимберлитовых полей Сибирской платформы / И.А. Темников // Методы прогноза и поисков месторождений алмазов на юге Восточной Сибири. – Иркутск, ВостСибНИИГГиМС, 1990. – С.13-15.
110. Трофимов, В.С. Основные закономерности размещения и образования алмазных месторождений на древних платформах и в геосинклинальных областях / В.С. Трофимов. – М.: Недра, 1967.
111. Фельдман, А.А. Глубинная физико-геологическая модель кимберлитового поля / А.А. Фельдман, Л.В. Морозова // Тр. ЦНИГРИ, вып. 237. – М., 1989. – С. 3-10.
112. Францессон, Е.В. Роль авлакогенов в формировании кимберлитов на древних платформах / Е.В. Францессон // Геология рудных месторождений. – 1986. – №5. – С.91-93.
113. Францессон, Е.В. Кимберлитовый магматизм древних платформ / Е.В. Францессон, Б.Г. Лутц. – М.: Недра, 1995. – 342 с.
114. Хаин, В.Е. Глубинные разломы, основные признаки, признаки классификации и значение в развитии земной коры / В.Е. Хаин // Изв. вузов. Геология и разведка – 1963. – № 3. – С.18-26.
115. Хаин, В.Е. Общая геотектоника / Хаин В.Е. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1973. – 511 с.
116. Харьков, А.Д. Коренные месторождения алмазов Мира / А.Д. Харьков, Н.Н. Зинчук, А.И. Крючков. – М.: "Недра", 1998. – 555 с.
117. Шпунт, Б. Р. Позднедокембрийский рифтогенез Сибирской платформы / Б.Р. Шпунт. – Якутск, 1987. – 140 с.
118. Шпунт, Б.Р. Кимберлитоконтролирующие структуры Сибирской платформы / Б.Р. Шпунт // Проблемы прогнозирования коренных месторождений алмазов различных генетических типов. – М.: изд. ЦНИГРИ, 1991. – С. 23-32.

119. Эринчек Ю.М. Перспективы алмазоносности Сибирской платформы на основе анализа глубинного строения территории / Ю.М. Эринчек // Проблемы алмазоносной геологии и некоторые пути их решения. – Воронеж, ВГУ, 2001. – С.561-568.

120. Эринчек, Ю.М. Структура литосферы в районах проявления алмазоносных кимберлитов (Сибирская платформа) / Ю.М. Эринчек, Е.Д. Мильштейн, А.В. Егоркин // Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов. – Мирный, 1998. – С.78-80.

121. Эринчек, Ю.М. Структура среднепалеозойского дайкового пояса (Сибирская платформа) / Ю.М. Эринчек, Е.Д. Мильштейн, О.Г. Салтыков // ДАН. – 1998. – Т. 359, – № 2. – С. 231-234.

122. Эрлих, Э.Н. Тектоника Анабарской антеклизы и закономерности проявления кимберлитового и траппового магматизма / Э.Н. Эрлих // Геология алмазных месторождений. – 1963. – № 6. – С.5-10.

123. Янсе, А.Д. Новый подход к классификации кратонов / А.Д. Янсе // Геология и геофизика. – 1992. – № 10. – С. 12-32.

124. Agashev, A.M. Preliminary age determinations of recently discovered kimberlites of the Siberian Kimberlite province / A.M. Agashev, A. S, Fomin, T. Watanabe, N.P. Pokhilenko // 7th International Kimberlite Conference. Extended Abstracts. – Cape Town, 1998. – P. 9-10

125. Bardet, M.G. Geologie du diamant / M.G. Bardet // Memo du D.R.G.M. – 1973. – P. 83-227.

126. Bardet, M.G. Gisements de diamants d'Afrique / M.G. Bardet // Geologie du diamant. Memoires du B.R.G.M. (Editions B.R.G.M.). – Paris, 1974. – Vol.132. – P. 159-172.

127. Clifford, T.N. Tectono-metallogenic units and metallogenic provinces of Africa / T.N. Clifford // Earth. Planet. Sci. Lett. – 1966. – V.1. – P.421-434.

128. Crough, S.T., Kimberlite: their relationship to mantle hot spots / S.T. Crough, J.W. Morgan, R.B. Hargraves // Earth and Planet.Sci. Lett. – 1974.

129. England, Ph. On the geodynamic setting of kimberlite genesis / Ph. England, G. Houseman // Earth and Planet. Sci. Lett. – 1984. – Vol.50. – P. 109-122.
130. Hobbs, W.H. Lineaments of The Atlantic horder region / W.H. Hobbs //Bull. Geol. Soc. Amer. – 1904.

Фондовая

131. Башкуев, Д.М. Отчет о результатах проведения поисковых и ревизионно-поисковых работ на алмазы в пределах перспективных участков Малоботуобинского района в 2001 - 2005 гг. (объект Ревизионный-2) / Д.М. Башкуев, В.П. Немзоров, Е.Н. Малышева [и др.]. – Мирный, 2006.

132. Бондаренко, С.В. Отчет о проведении высокоточной аэромагнитной съемки в комплексе с наземными детализационными геофизическими работами в пределах Вилюйско-Мархинской минерагенической зоны в 2008-2013 гг. (Объект Аэросъемочный) / С.В. Бондаренко, А.Н. Максимова, М.В. Покровский [и др.]. – Мирный, 2013.

133. Бондаренко, С.В. Отчет о проведении аэрогеофизических съемок в пределах Вилюйско-Мархинской зоны разломов в 2013-2018гг. (Объект Аэросъемочный-1) / С.В. Бондаренко, М.В. Покровский, И.П. Кашетина [и др.]. – Мирный, 2018.

134. Варламов, В.А. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка структурных критериев локального прогноза и методов поисков погребенных месторождений алмазов в Мало-Ботуобинском и Чернышевском районах Якутской алмазонасной провинции» / В.А. Варламов, А.А. Фельдман. – Мирный, 1984.

135. Волотовский, А.Г. Особенности структурно-тектонического строения Мирнинского кимберлитового поля и месторождения алмазов – трубки Мир за 1994-1995 гг. / А.Г. Волотовский, Ю.Д. Молчанов [и др.]. – Мирный, 1995.

136. Горев, Н.И. Отчет о проведении научно-исследовательских работ по теме: «Прогнозный мониторинг геологоразведочной деятельности АК "АЛРОСА" (ЗАО) на Сибирской платформе, на основе составления специализированных на алмазы разномасштабных карт» в 2002–2005 гг. (объект «Прогнозный-2») /. Н.И. Горев, И.Г. Коробков, В.М. Иванов, В.А. Веретенников [и др.]. – Мирный, 2005.

137. Граханов, О.С. Отчёт по теме: "Прогнозно-ревизионная оценка алмазоносных территорий Сибирской платформы с целью локализации площадей, перспективных на выявление кимберлитовых полей, и обеспечения планирования геологоразведочных работ АК "АЛРОСА" в 2012-2015гг (объект "Прогнозно-ревизионный") / О.С. Граханов, Н.И. Горев, Е.В. Проценко, К.М. Константнов [и др.]. – Мирный, 2015.

138. Калмыков, Б.А. Отчет о результатах поисковых работ по оценке перспектив алмазоносности междуречья Вилюй - Моркока в 1988 - 1996г.г. (объект «Региональный») / Б.А. Калмыков, Ф.В. Мясников, А.Т. Васильев [и др.]. – Айхал, 1997.

139. Молчанов, Ю.Д. Отчет по теме: «Структурно-тектоническое и геолого-минералогическое районирование междуречья Марха-Муна в целях локализации площади для постановки работ на алмазы» за 1998-2001 гг. (Тюнгский объект). / Ю.Д. Молчанов, Ю.В. Турушев, В.И. Шаталов [и др.]. – Мирный, 2001.

140. Морозова, Н.Е. Отчет о результатах поисковой аэромагнитной съемки масштаба 1:25 000 в бассейнах р.р. Моторчуна и Сянгюде и опытно-методических работ по освоению и внедрению аэромагнитной градиентометрии масштаба 1:10 000 в условиях поисков на площадях Муно-Тюнгского, Приленского, и Далдыно-Оленекского районов в 1997-2002 гг. / Н.Е. Морозова, В.М. Морозов, И.П. Кашетина [и др.]. – Айхал, 2002.

141. Николаев, А. В. Отчет о результатах поисковых работ, проведенных в Муно-Тюнгском и Средне-Мархинском алмазоносном районах на северо-западном борту Вилюйской синеклизы в 1992-2000 гг. (Разломный объект) / А.В. Николаев, К.А. Ивлиев, А.А. Васильев [и др.]. – Мирный, 2000.

142. Проценко, Е.В. Отчет по договору № 25/04 от 23.04.2010 г. о научно-исследовательских работах по теме: «Прогнозная оценка алмазности Чимидикян-Линденской площади на основе изучения тектонического строения и анализа типоморфных и химических особенностей ореолов ИМК» (Объект Чимидикян-Линденский-2) / Е.В. Проценко, Н.И. Горев, Б.С. Помазанский [и др.]. – Мирный, 2012.

143. Проценко, Е.В. Отчет по теме: «Совершенствование технологии локального прогноза коренных месторождений алмазов на основе комплекса структурных, тектонофизических, минералогических и геолого-геофизических данных и её апробация на поисковых площадях в пределах Вилуйско-Мархинской минерагенической зоны» в 2015-2018 гг. (объект «Локальный прогноз») / Е.В. Проценко, Н.И. Горев, Л.В. Максимкина [и др.]. – Мирный, 2018.

144. Судаков, В.М. Отчет о результатах изучения структурных особенностей коренного месторождения алмазов – трубка "Мир" и оценки алмазности сопряженных с ней дайкообразных тел (1981-1983 гг.) / В.М. Судаков, В.Д. Судариков [и др.]. – Мирный, 1983.

145. Трофимов, А.Ф. Отчет о результатах поисков месторождений алмазов комплексом геолого-геофизических методов на перспективных участках в центральной части Малоботубинского алмазного района в 2004 – 2008 годах (объект Центральный-2) / А.Ф. Трофимов, Е.Н. Малышева, А.Т. Дерр [и др.]. – Мирный, 2008.

146. Хмельков, А.М. и др. Отчет о результатах поисков коренных месторождений алмазов на Тюнг-Линденском междуречье в 2004-2007 гг. (Объект Чимидикян-Линденский) / А.М. Хмельков, Н.В. Мартынюк, С.А. Пирогов [и др.]. – Айхал, 2007.

147. Храмцов, А. А. Отчет о результатах поисков месторождений алмазов в пределах перспективной площади в верховьях р. Накын в 2005-2008 гг. (Тенкеляхский объект) / А.А. Храмцов, Н.И. Коваленко, С.В. Бондаренко, Ю.А. Дукардт и [и др.]. – Мирный, 2008.

148. Шаталов, В.И. Отчет по теме: "Перспективно-прогнозная оценка алмазоносности Средне-Мархинского и Муно-Тюнгского районов" за 1993-1997 гг. (Эйикский объект) / В.И. Шаталов, Ю.Д. Молчанов [и др.]. – Мирный, 1997.

149. Шаталов, В.И. Отчет по теме: «Структурно-тектоническое и геолого-минералогическое районирование Виллойско-Мархинской зоны в междуречье Ыгыатта-Марха-Тюнг в целях локализации площадей, перспективных на выявление месторождений алмазов» за 2001-2005 гг. (объект Ыгыатто-Тюнгский) / В.И. Шаталов, Ю.Т. Яныгин, Ю.А. Дукардт [и др.]. – Мирный, 2005.