

Ботуобинская геологоразведочная экспедиция АК «АЛРОСА» (ПАО)  
ФГБУН ИГМ СО РАН

На правах рукописи

Экз. № \_\_\_\_

Килижеков Олег Константинович

**Закономерности локализации и особенности разведки  
погребенных россыпей алмазов Средне-Мархинского района  
(Якутская алмазоносная провинция)**

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, заместитель директора ФГБУН ИГМ СО РАН  
А.В. Толстов

Мирный – 2017

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ .....	11
1.1. Краткий географо-экономический очерк района .....	17
1.2. Геологическое строение района .....	19
1.3. Коренные месторождения алмазов Накынского поля.....	22
1.3.1. Вмещающие отложения коренных месторождений.....	22
1.3.2. Перекрывающие отложения коренных месторождений.....	25
1.3.3. Морфология и внутреннее строение кимберлитовых тел.....	29
2. СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОРЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ РОССЫПЕЙ АЛМАЗОВ.....	47
2.1. Структурно-тектонические особенности коренных месторождений .....	49
2.2. Закономерности локализации россыпей алмазов .....	59
2.3. Перспективы коренной алмазоносности в оцененной части погребенной россыпи Нюрбинская.....	72
3. ОСОБЕННОСТИ РАЗВЕДКИ ПОГРЕБЕННЫХ РОССЫПЕЙ АЛМАЗОВ СРЕДНЕ-МАРХИНСКОГО РАЙОНА.....	81
3.1. Методика разведки первой очереди россыпи Нюрбинская и россыпи Ботубинская .....	84
3.2. Методика эксплуатационной разведки .....	93
3.3. Особенности разведки второй очереди россыпи Нюрбинская .....	96
3.3.1. Методика и объемы опробования .....	97
3.3.2. Обоснование плотности разведочной сети.....	98
3.3.3. Представительность опробования .....	105

4. ДАЛЬНЕЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ ПОГРЕБЕННЫХ РОССЫПЕЙ АЛМАЗОВ СРЕДНЕ-МАРХИНСКОГО РАЙОНА.....	117
4.1. Современное состояние оценочных и разведочных работ по россыпи Нюрбинская.....	117
4.2. Новые возможности буровой системы разведки и отработки погребенных россыпей алмазов.....	124
4.2.1. Горно-геологические условия разработки месторождения.....	127
4.2.2. Технология обогащения «песков» месторождения.....	133
4.2.3. Инженерно-геологические условия разработки месторождения.....	137
4.2.4. Горнотехнические условия разработки месторождения.....	139
4.2.5. Экологические условия разработки месторождения.....	141
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	145
ЛИТЕРАТУРА .....	147

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность работы.** Выявление якутских месторождений алмазов в середине прошлого века, современники справедливо назвали «открытием века», поскольку на их основе была создана алмазодобывающая промышленность. Однако к настоящему времени после отработки открытым способом основных объектов алмазодобычи (трубки Мир, Удачная, Айхал, Интернациональная, Сытыканская) как никогда остро встал вопрос воспроизводства сырьевой базы. Последние значимые открытия месторождений (трубки Юбилейная, 1975, Ботуобинская, 1994, Нюрбинская 1996) сегодня являются основными источниками добычи алмазов и в ближайшие 15-20 лет будут отработаны с поверхности.

Высокая степень опоскованности промышленно освоенных регионов Якутской алмазоносной провинции обусловила существенное снижение ее потенциала на выявление новых месторождений алмазов. Однако это обстоятельство касается только открытых и (или) полужакрытых площадей, составляющих половину территории, перспективной на коренную алмазоносность. Поэтому возможности наращивания минерально-сырьевой базы алмазов связаны с территориями, перекрытыми мощным чехлом осадочных образований, которые могут скрывать ресурсы, сопоставимые с выявленными к настоящему времени. К таким территориям относится Средне-Мархинский район Якутской алмазоносной провинции, где за два последних десятилетия геологи Ботуобинской экспедиции АК «АЛРОСА» (ПАО) открыли алмазоносные кимберлитовые трубки Ботуобинская, Нюрбинская и Мархинское тело, образующие Накынское кимберлитовое поле, которое в 2006 г. пополнилось новым кимберлитовым промышленно-алмазоносным телом Майское.

Помимо коренных кимберлитовых месторождений в Средне-Мархинском районе выявлена и частично разведана уникальная погребенная россыпь ближнего сноса Нюрбинская. В последние годы и на ближайшие

десятилетия она является объектом доразведки и добычи, поэтому всестороннее изучение ее строения, закономерностей локализации и образования промышленных концентраций, новые возможности ее эффективной разведки имеют большое практическое значение. Полученные в ходе этих исследований результаты и выводы могут лечь в основу прогнозирования, поисков и разведки аналогичных объектов на закрытых территориях, а также выявления коренных алмазоносных объектов.

**Цель работы** – разработка и совершенствование методов поисков и разведки погребенных россыпей алмазов на основе изучения структурно-тектонических, палеогеографических условий формирования и продуктивности промышленных россыпей алмазов Средне-Мархинского района Якутской алмазоносной провинции.

**Задачи исследований.** Для достижения поставленной цели автору потребовалось решить следующие задачи.

1. Изучить геологическое строение, вещественный состав и литолого-фациальные условия формирования продуктивных нижнеюрских отложений Средне-Мархинского алмазоносного района.

2. Систематизировать и критически проанализировать материалы по структурно-тектоническому строению Накынского кимберлитового поля.

3. Реконструировать погребенный рельеф на время образования россыпей алмазов.

4. Установить закономерности распределения алмазов в мезозойских отложениях.

5. Обосновать методику разведки погребенных россыпных месторождений алмазов применительно к условиям Средне-Мархинского района.

6. Разработать рекомендации по прогнозированию новых коренных месторождений алмазов в Средне-Мархинском районе.

**Объекты исследования** – погребенные россыпи алмазов и питающие их коренные тела кимберлитов Средне-Мархинского района Якутской алмазоносной провинции.

**Фактический материал, методы исследований.** В основу диссертации легли результаты работы автора в качестве рядового геолога, руководителя проекта и главного геолога Мархинской геологоразведочной партии Ботуобинской ГРЭ АК «АЛРОСА» (ПАО) в 1994–2016 гг., при проведении поисков и разведки россыпных и коренных месторождений алмазов в Средне-Мархинском алмазоносном районе.

Полевые и камеральные работы, выполнявшиеся автором, включали:

- документацию керн поисковых, оценочных и разведочных скважин, изучение условий залегания кимберлитовых тел и алмазоносных залежей; автором лично в полевых условиях задокументировано и изучено более 40 тыс. пог. м керн скважин;

- составление проектов и отчетов с использованием минералогических, петрографических, геохимических и гранулометрических анализов шлиховых, керновых проб и образцов, отобранных из кимберлитов, вмещающих и перекрывающих их пород. Анализы выполнялись в специализированных сертифицированных лабораториях ЦАЛ и НИГП АК «АЛРОСА», ИЗК СО РАН (г. Иркутск), ИГМ СО РАН (г. Новосибирск), МГРИ-РГГРУ (г. Москва).

Автор участвовал в подготовке первых производственных отчетов, посвященных изучению геологического строения Накынского кимберлитового поля и всего Средне-Мархинского рудно-россыпного района. В качестве руководителя проекта автор являлся ответственным исполнителем нескольких производственных отчетов с подсчетом запасов и оценкой прогнозных ресурсов коренных месторождений и россыпей алмазов Средне-Мархинского алмазоносного района, в том числе отчетов с подсчетом запасов алмазов с защитой в ГКЗ МПР РФ.

**Научная новизна и практическая значимость** результатов исследований, заключается в следующем:

1. В работе обоснован решающий вклад трубки Нюрбинская в формировании единой уникальной по параметрам алмазности одноименной погребенной россыпи.

2. Установлено, что главным фактором, благоприятным для локализации россыпей алмазов в Средне-Мархинском районе в раннеюрское время, явилось размещение кимберлитовых тел в узлах тектонических нарушений, являющихся зоной повышенной проницаемости и благоприятных для карстообразования.

3. Обоснована и доказана возможность разведки и подсчета запасов алмазов глубокозалегающих погребенных россыпей по промышленным категориям  $C_1$  и  $C_2$  с помощью кустов скважин колонкового бурения, что позволяет существенно ускорить разведку россыпного месторождения, кардинально снизить затраты на ее проведение и распространить полученный опыт при оценке аналогичных объектов.

4. Обоснована и предложена новая инновационная методика разведки и отработки древних глубоко погребенных россыпных месторождений алмазов, которая при положительных результатах опытно-методических работ, позволит существенно нарастить ресурсную базу в осваиваемом районе.

5. Уточненные критерии поисков позволяют выявить новые коренные месторождения алмазов кимберлитового генезиса в Средне-Мархинском районе.

**Защищаемые положения:**

*1. Особенности локализации, внутреннего строения, изменения гранулометрических, кристаллографических и весовых параметров алмазов в разведанной части погребенной россыпи Нюрбинская показывают, что*

*основным коренным источником алмазов являлась кимберлитовая трубка Нюрбинская при подчиненной роли Ботубинской трубки и Майского тела.*

*2. Для оценки ресурсов и подсчета запасов алмазов класса -4+0,5мм погребенных россыпей обоснована буровая система: при содержании более 0,8 карат/т минимально представительный объем рядовых проб составляет 310 кг, при содержании более 4 карат/т – 60 кг, а для оконтуривания нижних горизонтов и слабо алмазоносных флангов минимально представительный объем проб должен быть увеличен до 1550 кг, эффективная наработка которого возможна методом скважинной гидродобычи.*

*3. Благоприятные поисковые признаки (разновозрастные продуктивные залежи с аномальными концентрациями алмазов на локальных участках россыпи Нюрбинская, рудоконтролирующие нарушения и окологрудная гидротермальная минерализация) свидетельствуют о наличии в западной части Средне-Мархинского алмазоносного района новых кимберлитовых тел типа Майского месторождения.*

**Апробация работы.** Результаты и основные положения диссертации докладывались и обсуждались на ряде совещаний и конференций, включая: XIV Международное совещание по геологии россыпей и кор выветривания (РКВ-2010, г. Новосибирск, 2010 г.), Всероссийскую конференцию, посвященную 100-летию со дня рождения академика Н.А. Шило, – «Рудообразующие процессы: от генетических концепций к прогнозу и открытию новых рудных провинций и месторождений» (г. Москва, ИГЕМ, 2013 г.), 1-ую научно-практическую конференцию – «Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири» (г. Новосибирск, ФГУП «СНИИГГиМС», 2014 г.), V полевой научно-практический семинар – «Геологическое обеспечение минерально-сырьевой базы алмазов АК «АЛРОСА»: проблемы, пути решения, инновационные разработки и технологии» (п. Айхал, 2015 г.), XV Международное совещание по геологии россыпей и месторождений кор

выветривания – «Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология» (г. Пермь, ПГНИУ, 24–28 августа 2015г.), VI Всероссийскую научно-практическую конференцию – «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России» (г. Якутск, 2016 г.), Рабочее совещание ФГБУН ИГМ им. В.С. Соболева СО РАН – «Месторождения алмазов: процессы формирования, закономерности локализации, методы прогнозирования и поисков» (г. Новосибирск, 6 – 7 октября 2016 г). Результаты исследований нашли свое отражение в трех производственных отчетах с подсчетом запасов Ботуобинской ГРЭ АК «АЛРОСА» (ПАО).

**Структура и объем диссертации.** Диссертация включает текст из введения, четырех глав и заключения общим объемом 148 страниц, в том числе 21 рисунок, 14 таблиц, список литературных источников, насчитывает 90 опубликованных и 23 фондовых источников. Во введении сформулирована актуальность, определены цель и задачи диссертационной работы, раскрыта ее научная новизна и практическая значимость. В первой главе приведены общие сведения о Средне-Мархинском районе. Во второй главе охарактеризованы структурно-тектонические особенности коренных месторождений и показаны закономерности локализации россыпей алмазов. В третьей главе подробно рассказано об особенностях разведки погребенных россыпей алмазов Средне-Мархинского района. В четвертой главе представлены дальнейшие перспективы оценки и разведки погребенных россыпей алмазов изучаемого района. В заключении сформулированы основные выводы и результаты исследований.

Работа выполнена в Ботуобинской ГРЭ АК «АЛРОСА» (ПАО).

Автор выражает глубокую благодарность за помощь, внимание и поддержку научному руководителю работы д.г.-м.н. А.В. Толстову. За постоянное внимание и консультации автор выражает свою признательность д.г.-м.н., профессору П.А. Игнатову. За ценные замечания и неоценимую

помощь при подготовке диссертации автор благодарит к. г.-м. н. Д.Н. Гречишникова, к. г.-м.н. О.С. Граханова и к.г.-м.н. Р.Г. Неустроева. Ценные советы и практическую помощь в работе оказали коллеги из Ботубинской и Мирнинской ГРЭ А.Н. Разумов, Г.Н. Копылов, Н.А. Сыромолотова, С.А. Пыжьянов, Ш.М. Яхин, Е.В. Тарских, Е.А. Степанов, А.А. Иванов, К.Е. Макаров, А.В. Рассказов.

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ

### Краткие сведения об изученности района

Планомерное изучение рассматриваемой площади началось сразу после первых находок алмазов в русловом аллювии р. Марха, ознаменовавших открытие Средне-Мархинского алмазоносного района. В истории дальнейших геологических исследований выделяются три временных этапа, отражающих определенную стадийность алмазопроисхождения.

**Первый этап** (1950-1959 гг.) – этап региональных исследований. В начальную стадию сотрудниками Всесоюзного аэрогеологического треста (ВАГТа) в сжатые сроки (1952-1954 гг.) территория Средне-Мархинского района была покрыта геологическими съёмками. В долине р. Марха, ниже устья р. Ханья, установлена площадная зараженность алмазами русловых и террасовых отложений. В русле р. Марха выявлены непромышленные россыпи алмазов с содержаниями минерала менее 0,1 кар/м<sup>3</sup>.

В 1956-59 гг. партия №129 Амакинской ГРЭ осуществляла поиски коренных источников алмазов в среднем течении р. Марха и произвела некондиционную геологическую съёмку м-ба 1:50 000 на двух разобщенных площадях: уч. Нимелиме (280 км<sup>2</sup>) и уч. Конончан (220 км<sup>2</sup>).

Ввиду неоднозначности предпосылок коренной алмазоносности, работы в Средне-Мархинском районе после 1959 г. были приостановлены.

**Второй этап** (1971-1986 гг.) – этап маршрутных поисковых работ м-ба 1:100 000 и ГГС-50 с общими поисками с комплексированием геологических и геофизических методов.

С 1971 года Амакинской экспедицией было начато повторное опосредованное Средне-Мархинского района. На первой стадии (1971-1978 гг.) производились площадные маршрутные поиски м-ба 1:100 000). В 1971-1972 гг. маршрутными поисками были охвачены левые и правые притоки р. Марха

(на отрезке устьев рр. Ханья-Нимэлимэ): бассейн р. Накын (в нижнем течении) и бассейн верхнего течения р. Конончан.

В 1973-74 гг. маршрутные поиски м-бов 1:1 000 000 и 1:25000 (на участках детализации) производились в бассейнах верхних течений рр. Накын, Конончан, Чилли и нижнего течения р. Ханья.

В 1973-1979 гг. поисковые работы Амакинской экспедиции были сосредоточены на междуречье Накын-Конончан-Чилли.

В 1980-1983 гг. в Средне-Мархинский район делается очередной заход с маршрутными поисками м-ба 1:100 000 и детализационными поисками м-ба 1:25000 на отдельных участках.

В 1975-86 гг. на левобережье среднего течения р. Марха произведена групповая геологическая съёмка масштаба 1:50 000 с общими поисками на алмазы. В соответствии с рекомендациями ВСЕГЕИ в первую очередь ГГС-50 производилась на междуречье Накын-Конончан с мощностью мезозойских отложений от 100 до 300м.

Непосредственно в районе месторождений на междуречье Ханья-Накын, групповая геологическая съёмка с общими поисками произведена Накынской партией АГРЭ в 1982-85 гг. Геолого-съёмочные работы сопровождались бурением колонковых скважин и проходкой шурфов.

**Третий этап** (с 1990г.) – этап поисковых и разведочных работ. В 1989г. алмазописковые работы в Средне-Мархинском районе были переподчинены Ботубинской экспедиции (БГРЭ). В целях выбора площадей для постановки работ поисковой стадии в сжатый срок (1990-1992 гг.) Тематической партией БГРЭ был произведен анализ накопленной поисковой информации и прогнозных рекомендаций предшественников. В результате исследований в качестве регионального объекта прогноза в районе принята центральная часть Виллойско-Мархинской кимберлитоносной зоны, в составе которой было выделено Средне-Мархинское прогнозируемое рудно-россыпное поле, охватывающее и междуречье Ханья-Накын. Площадь узла

рекомендовалась для постановки поисковых работ. Авторами составлена программа их проведения, на основе которой был составлен проект на производство поисковых работ по Разломному объекту, которые были начаты в 1992 г. и завершились в 2000 г. [99]. В отличие от ранее проведенных поисков АГРЭ, направленных на выявление мезозойских кимберлитов под кайнозойскими отложениями, работы по данному объекту изначально ориентированы на поиски среднепалеозойских кимберлитов, погребенных под мезозойскими отложениями. Для их обнаружения был заложен большой объем бурения с ГИС в комплексе с аэромагнитной съемкой м-ба 1:10000 и наземной магнитной съемкой м-ба 1:5 000. В 1994г. при бурении проектной скважины № 11 на профиле I в верховьях р. Дяхтар-Юряге были вскрыты кимберлиты глубокопогребенной (80м) трубки Ботуобинская. В 1996г. работами по вновь введенному объекту Накынский при заверке наземной магнитной аномалии Н-9 была обнаружена погребенная кимберлитовая трубка Нюрбинская. Так на междуречье Ханья-Накын было открыто Накынное кимберлитовое поле [87]. Выявленные среднепалеозойские высокоалмазоносные трубки Ботуобинская и Нюрбинская характеризуются уникальной, легко распознаваемой хромшпинель-пироповой ассоциацией ИМК при полном отсутствии пикроильменита. По этому признаку и геологической диспозиции под юрскими отложениями данные трубки не причастны к формированию кайнозойских россыпей и ореолов ИМК с присущей им совершенно иной – пироп-пикроильменитовой ассоциацией кимберлитовых минералов [91].

В 1993-1997 гг. Тематической партий БГРЭ проведены исследования по теме: «Перспективно-прогнозная оценка алмазоносности Средне-Мархинского и Муно-Тюнгского районов» [112]. Применительно к рассматриваемой площади междуречья Ханья-Накын обобщена и проанализирована алмазопроисходящая информация, накопленная с 1950 г., обобщены результаты геохимических исследований, детально изучены

разрезы мезозойских осадочных коллекторов алмазов, кимберлитов и пород нижнепалеозойского цоколя, намечены границы прогнозируемого Накынского кимберлитового поля, обосновываются высокие перспективы обнаружения погребенных россыпных месторождений алмазов мезозойского возраста вблизи известных трубок Нюрбинская и Ботуобинская. [98]. В 1994-1999 гг. на участке месторождений трубок Ботуобинская и Нюрбинская были произведены разведочные и поисковые работы по Мархинскому и Нюрбинскому объектам. В процессе поисковых работ юго-западнее трубки Ботуобинская (1,7км) обнаружено кимберлитовое тело «Мархинское», а на флангах коренных месторождений – мезозойские россыпи алмазов.

В отчете по Дяхтарскому объекту [110] были обобщены и проанализированы результаты поисковых работ, выполненных Ботуобинской ГРЭ в Средне-Мархинском алмазоносном районе в период с 1992-2000 гг. Проведена классификация и уточнены возрастныe взаимоотношения трапповой и кимберлитовой формаций. На основании анализа распределения кимберлитовых минералов в мезозойской толще определены стратиграфические уровни наиболее информативных, в поисковом отношении, мезозойских коллекторов алмазов – это дяхтарская толща; укугутская, тюнгская и сунтарская свиты нижней юры. Исследованы процессы корообразования на породах нижнего палеозоя, кимберлитах, долеритах, процессы карстообразования и связанные с ними ореолы ИМК и собственно алмазов. Выделены два карстовых поля; Средне-Дяхтарское и Дяхтар-Дюлюнгское [111]. Уточнено структурно-тектоническое строение Ханья-Накынского междуречья и Накынского кимберлитового поля; определены закономерности размещения кимберлитов в тектономагматической раме этой территории; определены прогнозные факторы контроля кимберлитового магматизма, которые легли в основу выделения площадей и локальных участков, перспективных на обнаружение кимберлитов. В результате комплексного анализа данных гравиметрии и

магнитометрии было уточнено строение поверхности кристаллического фундамента на охватывающей Накынское поле территории [103].

В период 2000-2003г.г. Мархинской ГРП БГРЭ проведены поиски погребенных месторождений алмазов в пределах Ханнинского объекта [105].

В 2000-2004г.г. Мархинской ГРП БГРЭ были проведены поиски коренных и россыпных месторождений алмазов на водоразделе р.р. Ханья, Накын вблизи кимберлитовых трубок Нюрбинская и Ботуобинская в рамках объекта Промышленный [101]. В 2004г. по результатам проведенных поисковых работ выявлено погребенное кимберлитовое тело – жила Д-96 (дайка Межтрубочная). В пределах изученной территории выделены участки, перспективные для поисков кимберлитовых тел и произведена оценка на безрудность участков для размещения строительных объектов Нюрбинского ГОКа. Подтверждены участки перспективные на выявление древних алмазоносных россыпей алмазов с промышленным содержанием, с подсчетом прогнозных ресурсов по ним. Оценены прогнозные ресурсы по категории  $P_1$  в кимберлитовом теле «Мархинское».

В 2004г. Мархинской ГРП БГРЭ по объекту Рудный (2001-2004г.) была произведена доразведка флангов и глубоких горизонтов трубки Ботуобинская. В 2007г. в ГКЗ РФ были утверждены запасы по категории  $C_1$ ,  $C_2$  и  $P_1$  до глубины 980м (гор.-730м).

В 2003-2007г.г. Мархинской ГРП БГРЭ по объекту Нижне-Накынский в пределах Накынского кимберлитового поля на территории, прилегающей к Верхне-Дяхтарскому рудно-россыпному узлу с юго-запада, запада и юго-востока, в полосе Вилуйско-Мархинской системы кимберлитоконтролирующих разломов, были проведены поисковые работы на выявление новых кимберлитовых тел, россыпей алмазов и локализации участков, перспективных для их поисков. В результате проведенных поисковых работ открыто новое высокоалмазоносное кимберлитовое тело «Майское». В 2010-2015 гг. на месторождении проведены разведочные

работы. В декабре 2015 запасы месторождения приняты на государственный баланс. Утверждены постоянные разведочные кондиции. Месторождение отнесено к 4-ой группе по сложности геологического строения, оно мелкое по размерам и среднее по запасам.

В 2007-2010 гг. по объекту Россыпной проведена разведка второй очереди разрабатываемого месторождения погребённой россыпи Нюрбинская за пределами разведанных запасов в контурах блоков I-Р<sub>1</sub> и IV-Р<sub>1</sub> (участок №3, целиковая часть, за пределами контура разноса карьера Нюрбинский). Запасы утверждены в ФБУ «ГКЗ» МПР РФ по категориям С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub> (протокол № 2650 от 14.12.2011 г).

В 2011 году при заверке геологической природы комплексной геолого-геофизической аномалии (объект Нижне-Накынский-2) обнаружено рудопоявление Озерное. Вскрытые скважинами кимберлитовые тела (жилы) в толще вмещающих пород нижнего палеозоя представляют собой тектонические субвертикальные трещины (возможно систему сближенных трещин), мощностью от нескольких сантиметров и метров, заполненные алмазоносной кимберлитовой брекчией, карбонатной брекчией, пронизанной нитевидными, тонкими (до микро) прожилками кимберлита [97].

В плане прослежены на **70** метров. Максимальная вскрытая мощность жилы в горизонтальном сечении составляет **0,05-2,0** м.

В настоящее время, в пределах Накынского кимберлитового поля производятся поисковые работы по объектам Промышленный-5, Нижне-Накынский-4, закончены оценочные работы по объекту Россыпной-Б. В начале 2017 года начались полевые работы по объектам 4-я и 5-я очередь россыпи Нюрбинская.

### **1.1. Краткий географо-экономический очерк района**

В административном отношении Накынское кимберлитовое поле расположено в Республике Саха (Якутия), в Нюрбинском улусе (центр г. Нюрба), на территории листа Q-50-XXVIII в бассейне среднего течения р. Марха, в междуречье левых её притоков: Накын и Ханья, в истоках ручья Дьяхтар–Юрэгэ.

Климат района резко континентальный с продолжительной (7-8 месяцев) суровой зимой и коротким жарким летом. Среднегодовая температура  $-10,8^{\circ}$ . Минимальная температура приходится на январь (до  $-61^{\circ}$ ). Самым тёплым месяцем является июль (до  $+34^{\circ}$ ). Снежный покров устанавливается в начале октября и сходит во второй половине мая. Толщина снежного покрова, в среднем, составляет около 50 см, максимальная достигает 60 см.

Район работ находится на юго-восточном склоне Анабаро-Оленёкской антеклизы, рельеф слаборасчленённый с абсолютными отметками 212,0-269,0м с общим понижением в юго-восточном направлении.

Основной водной артерией является река Марха с шириной русла от 100–280м. Глубина воды в межень изменяется от 2-4м на плёсах до 0,5-1,0м на перекатах. В период паводка уровень воды в реке Марха поднимается до 12м, и она становится на 1-2 недели пригодной для передвижения самоходных барж грузоподъёмностью до 200т. Реки Ханья и Накын для судоходства не пригодны. Вскрытие рек ото льда происходит во второй половине мая. Ледостав рек наступает в начале октября. Толщина льда на реках 1,0-1,2м.

Площадь района расположена в зоне многолетней мерзлоты. Мощность деятельного слоя, в зависимости от экспозиции склонов и их залесенности, колеблется от 0,2 до 1,5м, редко достигает 2–3м.

Район работ принадлежит северной подзоне лиственничной тайги. Редко встречается сосна на сухих склонах южной экспозиции, в долинах рек

– ель. Лес в основном пригоден как топливо и лишь выборочно может использоваться как низкосортный строительный материал.

С вводом в эксплуатацию в 2002 году коренного месторождения алмазов трубки Нюрбинская началось промышленное освоение района работ. Трубка Нюрбинская расположена в 3,3км северо-восточнее трубки Ботубинской. В настоящее время на Накынском поле функционирует горнообогатительное производство с годовой достигнутой производительностью более 9 млн. м<sup>3</sup> горной массы, в т.ч. объём ежегодной добычи алмазоносных песков составляет в целом 620 тыс. м<sup>3</sup>. Обоганительный комплекс включает две фабрики, в т.ч. круглогодичную фабрику №16, на которой обрабатываются алмазоносные кимберлиты и пески, а также сезонную фабрику №15, работающую по россыпной схеме.

Ближайший населённый пункт г. Нюрба – административный центр Нюрбинского улуса – расположен на расстоянии 200км к юго-востоку от месторождений; в 320км юго-западнее расположен г. Мирный – центр алмазодобывающей промышленности, а в 280км к северо-западу – п. Айхал – более крупные в промышленном отношении индустриальные населённые пункты. Населённые пункты в непосредственной близости от участка отсутствуют. Только на метеостанции Чемпурок, расположенной в 75км к югу на р. Марха постоянно проживают 4-6 человек.

Район работ соединён постоянной грунтовой автодорогой с вахтовым посёлком Нюрбинского ГОКа и с питьевым водохранилищем, расположенным на ручье Уэся-Лиендокит. Вахтовый посёлок НГОКа находится в 2км от трубки Нюрбинская. В поселке имеется медицинский пункт и пост милиции.

Расстояния от г. Мирного до участка работ для воздушного транспорта составляют 320км; для автотранспорта – 610км, из них по автодорогам второго класса (Мирный – Айхал) – 235км, по автозимникам – 375км. В связи с удалённостью участка работ от действующих ЛЭП, на сотни километров,

энергообеспечение работ осуществляется стационарными и передвижными энергоустановками.

## **1.2. Геологическое строение района**

Основные черты геологического строения района работ определяется его расположением в пределах центральной части Сибирской платформы, в зоне сочленения её надпорядковых структур: пологого юго-восточного склона Анабарской антеклизы и Вилюйской синеклизы [5,6,26,30,32,33,34]. В общей тектономагматической структуре район месторождений приурочен к блоку пересечения среднепалеозойских зон глубинных разломов – Вилюйско-Мархинской северо-восточного простирания и Средне-Мархинской, имеющей северо-западную – субмеридианальную ориентировку. Большинство разломов этих зон залечено дайками долеритов [27,28,29].

По данным бурения нефтепоисковых и параметрических скважин, породы фундамента в районе залегают на глубине 3,5-4,0 км и представлены гнейсами тимптонской серии.

Породы осадочного чехла платформы представлены комплексом терригенных и терригенно-карбонатных осадочных пород венда, нижнего палеозоя, мезозоя и кайнозоя, образующих два структурно-формационных яруса: венд-нижнепалеозойский и мезо-кайнозойский. В венде – нижнем палеозое на юго-восточном склоне Анабарской антеклизы сформировалась пологозалегающая 3,5-4,0 километровая толща карбонатных и терригенно-карбонатных отложений. В мезозое, на глубоко эродированную поверхность нижнепалеозойского цоколя наложился конседиментационные структуры северо-западного борта Вилюйской синеклизы, выполненные прибрежно-морскими и континентальными терригенными отложениями. В районе месторождений мощность мезо-кайнозойского яруса составляет 55 – 110 м [22].

Магматизм в районе представлен среднепалеозойскими основными и щелочно-ультраосновными интрузивными и эксплозивными образованиями, связанными с Вилуйско-Мархинской и Средне-Мархинской зонами разломов: интрузии габбро-долеритов, щелочных базитов, кимберлитов и эксплозивных брекчий [30,31,32].

Кимберлитовые трубки Ботуобинская, Нюрбинская, рудопроявление Мархинское и дайкообразное тело «Майское» являются одним из рудных кустов Накынского кимберлитового поля Вилуйско-Мархинской кимберлитовой зоны, Якутской алмазоносной провинции [8,79].

В строении трубки Ботуобинская выделяются дайковая, диатремовая и кратерные фации, выполненные соответственно порфировыми кимберлитами, автолитовыми кимберлитовыми брекчиями и кимберлитовыми туфобрекчиями. Мощность перекрывающих мезозойских образований составляет 80-100 м.

Трубка Нюрбинская имеет вытянутую фасолевидную форму и приурочена к оси Диагонального разлома. С поверхности и до глубины 718 м трубка практически полностью сложена автолитовыми кимберлитовыми брекчиями.

Мархинское тело представлено серией кимберлитовых жил с раздувами до 15 м. Общая протяженность достигает 2 км. Как и кимберлитовые трубки Нюрбинская и Ботуобинская, Мархинское тело расположено в осевой части рудовмещающего Диагонального разлома и находится в 150 м юго-западнее трубки Ботуобинская. Кимберлиты, слагающие его, представлены двумя типами: порфировыми кимберлитами и кимберлитовыми брекчиями.

Тело Майское, находящееся в 1,5 км к западу от тела Мархинское и в 3 км к юго-западу от трубки Ботуобинская, представляет собой линейно-вытянутое в северо-восточном направлении дайкообразное тело мощностью от 8 до 40 м, прослеживающееся на 430 м вдоль длинной оси.

Рудопроявление на участке Озерный представляет собой высокоалмазоносную жилу с максимальной мощностью 2,0 м, прослеженную по простиранию (СВ-24°) на 80 м в длину. Оно приурочено к кулисе Диагонального рудовмещающего разлома и находится в 10,5 км к юго-западу от тела Майского.

Возраст кимберлитов Накынского поля определен как среднепалеозойский: D<sub>3</sub>-C<sub>2</sub> (Табл. 1.1).

Таблица 1.1

Изохронный возраст магматитов Накынского кимберлитового поля [45]

Объекты	Метод определения возраста	Изотопный возраст (млн. лет)
<i>Субщелочные габбро-долериты</i>		
Силлы и хонолиты с анортозитовыми габбро-долеритами и протоплагноклазом	K-Ar	374 – 496
	Rb-Sr	387 – 423
	Sm-Nd	426
Дайки, секущие интрузивы, силлы	K-Ar	349 – 386
	Ar-Ar	366 – 386
	Rb-Sr	387
	Sm-Nd	376, 377
<i>Кимберлиты</i>		
Трубка Ботуобинская	Rb-Sr	364, 384 – 448
	Ar-Ar	346 – 440
Трубка Нюрбинская	Rb-Sr	332, 449
	Ar-Ar	369 – 389
<i>Щелочные базиты</i>		
Дайки и секущие тела	Sm-Nd	321, 331
	Ar-Ar	334, 339, 340
Эксплозивные брекчии	Ar-Ar	306
	Rb-Sr	312

Во вмещающих породах и магматических образованиях широко развиты постмагматические гидротермальные минеральные образования, представленные жеодами, прожилками и щетками кальцита, доломита, барита, целестина, кварца, пирита, сфалерита и минералами скарноидов.

Брекчии щелочных базитов получили достаточно широкое распространение в Накынском поле. По данным поисково-разведочных работ на Накынской площади, щелочные базиты и связанные с ними эксплозивные

брекчии локализованы в пределах основных разломов, в том числе и контролирующих размещение кимберлитовых тел.

### **1.3. Коренные месторождения алмазов Накынского поля**

#### **1.3.1. Вмещающие отложения коренных месторождений**

Кимберлитовмещающие породы представлены карбонатными и терригенно-карбонатными осадочными образованиями нижнего палеозоя: мархинской и моркокинской свитами кембрийской системы и олдондинской свитой ордовикской системы.

Мархинская свита ( $E_3 m r h$ ) представлена сероцветными известняками, доломитами, пестроцветными алевролитами доломитистыми и известковистыми (часто песчанистыми), в подчинённом количестве – песчаниками, мергелями и известковистыми аргиллитами. Породы свиты отличаются от пород моркокинской свиты меньшей загипсованностью и большим количеством песчаного материала, а также наличием седиментационных брекчий и меньшей степенью трещиноватости. Вскрытая скважинами мощность свиты превышает 500м.

Моркокинская свита ( $E_3 m r k$ ) сложена преимущественно красновато-коричневыми, голубовато-серыми, зеленовато-серыми и пятнистыми алевролитами доломитистыми, мергелями алевролитистыми доломитовыми, переслаивающимися с известняками серыми сгустковыми, оолитовыми, онколитовыми. Реже отмечаются прослойки доломитов сгустковых, водорослевых и строматолитовых. Участками встречаются окремненные разности доломитов и известняков, пропластки кварцевых песчаников и внутриформационных конгломератов. Породы свиты характеризуются значительным огипсованием пород по разноориентированным, преимущественно субгоризонтальным диагенетическим трещинам, а также преобладанием красноцветных мергелей и алевролитов. Общая мощность свиты составляет около 320м.

Олдондинская свита ( $O_1 o_1$ ) сложена сероцветными оолитовыми известняками, желтовато-серыми доломитами в разной степени алевритистыми и песчанистыми, водорослевыми и строматолитовыми доломитами и известняками, внутриформационными конгломератами, реже голубовато – и зеленовато-серыми алевритами известковистыми, известковисто-доломитовыми песчаниками, мергелями. Средняя мощность свиты – 100м.

Субщелочные базиты ( $\gamma \beta P z_2$ ) В пределах трубки Нюрбинская серией разведочных скважин (24/87, 21/136, 16/400, 22/380 и др.) на глубинах 263-370м вскрыто хорошо раскристаллизованное «слепое» тело щелочных базитов. По результатам бурения этих скважин получена следующая информация о морфологии тела базитов и его структурных характеристиках: сложная интрузия щелочных базитов в целом имеет северо-восточное ( $65 - 70^\circ$ ) простирание, соответствующее оси Ботуобинского разлома. В районе месторождения оно представляет собой сочленение двух элементов, крупного хонолита и дайки. Хонолит от центральной части трубки протягивается к юго-западу по азимуту  $64 - 66^\circ$ . Верхняя апикальная часть его зафиксирована скважинами к западу от трубки на глубинах с абсолютными отметками от  $-40$ м до  $-80$ м. Представлена она выпуклым куполом шириной около 45-50м. С глубины  $-100$ м крутизна падения северо-западной и юго-восточной стенок хонолита резко возрастает до  $75 - 65^\circ$ . На глубине  $-300$ м мощность хонолита составляет около 110 – 120м. На северо-востоке хонолит непосредственно под рудным телом ограничен оперяющими разломами. Азимуты простирания которых изменяются от  $125$  до  $135^\circ$ . К востоку, резко преломляясь по оперяющим разломам, хонолит переходит в дайку базитов, простирающуюся по азимуту  $38 - 40^\circ$ . Ширина дайки в верхней части (до глубины  $-100$ м) составляет 20 – 25м, а на глубине с абсолютной отметкой  $-300$ м не превышает 60м. С

глубины -100м стенки дайки имеют крутое, близкое к вертикальному, падение на юго-восток (угол падения составляет 80 – 85°).

Непосредственно под рудным телом, в зоне сочленения хонолита и дайки верхняя апикальная часть базитов образует, плоскую и слабовыпуклую седловину, ширина которой изменяется от 25 на востоке до 46м на западе, а длина составляет около 110м. К востоку от седловины вершина дайки резко поднимается до абсолютной отметки, превышающей 13,3м.

Трещиноватость пород интрузии высокая (от 3 – 7 до 15 – 30 трещин на 1м). Трещины разноориентированные, преимущественно открытые, выполненные глинисто-хлоритовым агрегатом.

Разрез по основному телу базитов составлен по материалам скважин 24/87 и 21/136, которые с двух сторон вскрывают его практически на всю мощность.

Краевые зоны тела представлены тонко- и мелкозернистыми разностями щелочных базитов миндалекаменного облика.

Основная часть хонолита сложена призматически-офитовыми субщелочными долеритами, которые переходят во внутренних частях в лейкократовые субщелочные кварцевые долериты и габбро-долериты. Центр тела (около 30м) выполнен породами монцонитоидного состава.

Среди пород краевой фации в зависимости от состава вкрапленников, взаимоотношения связующей массы (стекла) с кристаллической фазой, выделяются щелочные микродолериты с гиалопилитовой, гиалофировой, интерсертальной, микродолеритовой и микроофитовой структурой основной массы. Вкрапленники представлены в различной степени измененными мелкими лейстами, зернами клинопироксена и идиоморфной формы псевдоморфозами по оливину, состоящими из хлорит-талькового, с магнетитом, агрегата. Основная масса состоит из хлоритизированного и карбонатизированного стекла, мелких лейст и микролитов плагиоклаза и пироксена, тоже подвергшихся вторичным изменениям (амфиболизация,

хлоритизация, карбонатизация), и магнетита. Как вкрапленники, так и основная масса пород калишпатизирована.

Субщелочные долериты сложены в различной степени измененными плагиоклазом и пироксеном. Структура пород призматически-офитовая.

Среднепалеозойский возраст всех фаз внедрения трапповых интрузий устанавливается на основании определений абсолютного возраста, химического состава и палеомагнитных свойств пород.

### **1.3.2. Перекрывающие отложения коренных месторождений**

Перекрывающая толща осадочных пород над трубкой Ботуобинская имеет суммарную мощность 78 – 110 м, а над трубкой Нюрбинская – от 56 до 71 м, над дайкообразным телом Майским 65-104 м.

Четвертичные элювиально-делювиальные образования, повсеместно распространенные в верхней части вертикального разреза, над трубкой Ботуобинская и вблизи ее представлены (мощность от 1,0-2,5 до 5,7 м) суглинками, супесями, песками глинистыми с галькой, гравием и редкими мелкими валунами кремней. Над северной частью трубки Нюрбинская и к западу, северо-западу – (0,5 – 1,2 м) распространены супеси и суглинки. Над южной частью трубки и к юго-востоку от нее – льдистые и илистые суглинки (1,0 – 2,2 м) с незначительным количеством гальки и гравия кремней, кварцитов. Первые сформировались на склоне юго-восточной, восточной экспозиций (абс. отм. +255 – +247), а вторые – в пределах заболоченной поверхности (абс. отм. +242 – +248) пологого склона юго-восточной экспозиции.

Средне-нижнеюрские осадочные образования, залегающие ниже, имеют суммарную мощность над трубкой Ботуобинская от 76 до 80 м, над трубкой Нюрбинская – от 56 до 65 м, а над дайкообразным телом Майским от 65 до 90 м. Эти образования характеризуются исключительной латеральной выдержанностью и однотипностью строения, состава и

основных петрофизических параметров с закономерными вариациями литологического состава в вертикальном направлении. В пределах карьерного поля трубки Ботуобинская данные осадочные образования сверху вниз представлены якутской, сунтарской, тюнговской и укугутской свитами. Над трубкой Нюрбинская и вблизи ее современной денудацией уничтожены якутская свита и верхи разреза сунтарской свиты. Мощности пород укугутской свиты в пределах карьера трубки Нюрбинская по отношению к ее мощностям в карьере трубки Ботуобинская сокращены. Над трубкой Ботуобинская они изменяются от 11,1 до 15,2 м, несколько увеличиваясь в околотрубочном пространстве в пределах эрозионно-карстовых впадин, где суммарные мощности пород укугутской свиты достигают 19,5 м. Над трубкой Нюрбинская мощности пород укугутской свиты изменяются от 1,3 до 2,0 м, в пределах окружающих трубку эрозионно-карстовых впадин достигают 12,4 м.

Юрские отложения характеризуется средней трещиноватостью (5-10 трещин на один погонный метр). Трещины мощностью в среднем 1-2 мм, до 1 редко 5 см, с раздувами и пережимами, прямолинейные, волнистые, извилистые, разно ориентированные, чаще субгоризонтальные, большей частью выполнены льдом (льдиность – от 1 до 5 %), единичные – кальцитом. Степень трещиноватости постепенно понижается к низам разреза пород.

Дяхтарская толща над рудными телами сформирована из делювиальных шлейфов интенсивно выветрелых кимберлитов и карбонатных пород, занимающих ограниченное пространство у флангов. Над трубкой Ботуобинская породы толщи вскрыты на юго-западном фланге, где мощность их достигает 29,0 метров. Максимальная мощность пород толщи до 50,0-60,0 м и более установлена в пределах впадин эрозионно-карстового генезиса различной формы и размеров. С северо-восточного и юго-западного флангов такие впадины примыкают непосредственно к трубке. В вершинах их процессами денудации частично охвачена верхняя часть рудного тела. Над юго-западным флангом трубки, мощность дяхтарских осадков,

выполняющих вершину впадины, достигает 29,0 метров. Кроме того, среди пород олдондинской свиты, вмывые в карстовые полости (размерами до 2,0 м) и по трещинам вдоль периметра рудного тела, осадки толщи установлены в скважинах и в шахте до глубины 120,0 – 150,0 м. У северо-восточного, южного и юго-западного флангов рудного тела возрастает количество таких полостей и трещин.

Непосредственно над трубкой Нюрбинской скважинами фиксируются окончания палеодепрессий над ее контактами с вмещающими породами. Только на южном фланге (скв. 8/12) дяхтарские образования в небольшом объеме перекрывают трубку. Палеодепрессии радиально расходятся от краевых частей кровли рудного тела, протягиваясь за пределы его границ с породами нижнего палеозоя. При этом мощность пород дяхтарской толщи, выполняющих палеодепрессии, достигает 4 – 5 м, реже 12 м (скв. 32/12, 8/81) над трубкой. За пределами трубки продолжения палеодепрессий в плане дугообразно окаймляют рудное тело с запада и юго-востока, соединяясь в крупное понижение вблизи южного фланга.

Палеодепрессии выполнены материалом ближнего сноса: делювиальными и пролювиальными образованиями, за пределами рудных тел участками (скв. 8/8) – брекчиями обрушения. Породы, выполняющие палеодепрессии, представлены несортированными слабосцементированными алевролитами глинистыми и глинами алевролитистыми с различным количеством обломков выветрелых карбонатных и маршаллитизированных кремнистых пород.

Помимо палеодепрессий, дяхтарские породы, также как и у трубки Ботуобинская, часто выполняют разноориентированные трещины и древние карстовые полости во вмещающих трубку Нюрбинскую породах нижнего палеозоя. При этом мощности трещин, выполненных инфлювиальными образованиями, вероятно, достигают десятков сантиметров, а величина карстовых полостей, вероятно, – первых метров. Такие образования наиболее

часты в пределах участков повышенной трещиноватости – в приконтактных частях с рудным телом, в пределах предполагаемого рудовмещающего разлома и зон других тектонических нарушений. Вблизи контактов карбонатных пород с рудным телом дяхтарские инфлювиальные образования достигают глубины 130 – 170,0м (скв. 572/437, 28/119, 20/129 и др.).

Повсеместно на кимберлитах и карбонатных породах развиты остаточные коры выветривания ( $T_{2-3}$ ), которые перекрываются породами укугутской свиты и дяхтарской толщи. Данные образования в пределах развития пород нижнего палеозоя разделяются на две зоны: верхнюю делювиальную – инфильтрационную и нижнюю элювиальную. Породы верхней зоны представлены алевритистыми декарбонатизированными глинами с дресвой, щебнем и мелкими валунами интенсивно выветрелых карбонатных пород, маршаллитизированных кремнистых пород и с примесью терригенного материала. Нижняя зона представлена крупноглыбовой в различной степени декарбонатизированной брекчией карбонатных пород, сцементированной дресвяно-щебнисто-глинистым материалом. Мощности верхнего слоя изменяются от 1 до 5-6м, элювиального слоя – от 3 до 8-10м в наиболее трещиноватых породах достигая 25-30м. Средняя мощность коры выветривания составляет 10м. Породы коры выветривания повсеместно сильнотрещиноваты (10-15 до 100 и более трещин на один метр). Трещины в них тонкие извилистые разноориентированные, закрытые, редко выполненные льдом. По стенкам их наблюдаются зеркала и борозды скольжения.

### 1.3.3. Морфология и внутреннее строение кимберлитовых тел

#### 1.3.3.1. Морфология, внутреннее строение и условия залегания

##### трубки Ботубинская

Кимберлитовая трубка Ботубинская – первое открытое в 1994 году геологами Ботубинской экспедиции акционерной компании «АЛРОСА» тело нового Накынского кимберлитового поля и целого Средне-Мархинского алмазоносного района. Она прорывает карбонатные, терригенно-карбонатные породы ордовика и кембрия, а с поверхности перекрыта 78-110 метровой толщей мезозойских образований. По длинной оси на уровне эрозионного среза под юрскими отложениями трубка вытянута на 264м в северо-восточном направлении вдоль зоны рудовмещающего Диагонального разлома по азимуту (25°-28°). Юго-западный фланг рудного тела с глубины 200м «ныряет» под вмещающие отложения ордовика и кембрия.

По современным представлениям, трубка имеет двухфазную или даже трехфазную историю образования. В первую субвулканическую фазу внедрения была сформирована **дайка**, выполненная порфировыми кимберлитами – ПК (дайковая фация); во вторую вулканическую фазу внедрения – **диатрема**, сложенная автолитовыми кимберлитовыми брекчиями – АКБ (диатремовая фация) и **кратер**, выполненный кимберлитовыми туфобрекчиями – КТБ (кратерная фация, взрывная субфация). По всем основным характеристикам кимберлитовой составляющей породы – вещественному составу, петрографическим особенностям, распределению алмазов – КТБ представляют собой ту же автолитовую кимберлитовую брекчию, существенно разубоженную ксеногенным материалом. Ксенолиты на 90-95% представлены породами вмещающей рамы.

В целом трубка представляет собой крутопадающее тело, существенно сужающееся с глубиной; имеет неправильную сложную форму, округло-

овальную в северо-восточной части на уровне эрозионного среза и дайкообразную глубже 300-310м в юго-западной части. Двучленное строение (дайка + кратер) рудное тело сохраняет до отметки (-30м). Здесь, на северо-восточной оконечности трубки, фиксируется дно кратерной чаши. Дайковая часть в интервале глубин 150-580м (отметки +100м – -330м) также неоднородна. Здесь в центральной части трубки (в районе разведочных профилей 12-16) в массиве окружающей автолитовой брекчии сохранился останец порфирированного кимберлита первой фазы внедрения. В плане этот останец представляет собой вытянутый блок максимальной длиной до 80м (в интервале глубин 200-400м). В этом интервале он сохраняет и максимальную мощность – до 30-35м, перекрывая всю полость трубки. Ниже отметки (-150м) он постепенно истончается и сходит на нет. Ниже отметки (-330м) дайковый канал полностью выполнен АКБ с единичными включениями порфирированных кимберлитов и ксенолитов вмещающих пород.

В северо-восточной дайкообразной части рудного тела из-за внедрения по порфирированным кимберлитам наклонной диатремы, сложенной АКБ, целостность массива ПК нарушена. ПК вблизи диатремы инъецированы автолитовыми брекчиями. В АКБ также отмечаются многочисленные мелкие обломки и крупные блоки ПК, последние характерны и для кратерной КТБ.

Порядок внедрения устанавливается по присутствию обломков порфирированных кимберлитов в автолитовых кимберлитовых брекчиях и кимберлитовых туфобрекчиях. Между порфирированными кимберлитами и автолитовыми кимберлитовыми брекчиями существуют как чёткие контакты, так и постепенные переходы. В зонах постепенных переходов кимберлитовые породы имеют нечёткие текстурно-структурные признаки.

Порфирированные кимберлиты (ПК) наряду с тем, что образуют постепенно сужающееся на глубину «штокообразное» тело (вскрыто скважинами: 20/4 инт. 83,2-150м; 16/4 инт. 150-360м; 16/5, 16/7д, 16/8 инт. 150-345м; 12/8 инт. 339-380,3м; 12/3, 12/5 12/6 и I/I-2, инт. 567,7-619,2м) неправильной

формы, разделяющие трубку на две части, также слагают маломощные дайки в законтурном пространстве трубки. Отдельные крупные блоки порфирового кимберлита, размером до 30-40м, иногда более, присутствуют в АКБ, как в верхних этажах трубки (скв. 24/1, 24/4), так и на глубоких горизонтах (скв. I-I-2 инт. 374,5–449,2м; –4(96)/1 ниже 713м; 4/6(8ГР) инт. 462-479м; 8/5 инт. 365-424м и 4/4 инт. 381,7-401,4м и др.). В полевом квершлагае ПК 118м шахты «Надежда» и скважинах I-I-3 (в интервале 367-373м) и 8/5 (в интервалах 507,5-509,0м и 513,2-513,5м) вскрыты маломощные дайки, выполненные также порфировыми кимберлитами. Автолитовыми кимберлитовыми брекчиями (АКБ) выполнен основной объём трубки Ботубинская.

Вследствие такой сложности внутреннего строения рудного тела, практической невозможности выделения выдержанных и достаточно масштабных блоков порфирового кимберлита как отдельных объектов разведки, оценки и последующей эксплуатации, резко подчинённой роли ПК в общем строении трубки – менее 20%, а также учитывая близость ПК и АКБ по технологическим свойствам и алмазности, далее они рассматриваются совместно как единый технологический тип руды. Опробование и подсчёт запасов алмазов по ПК и АКБ также производится совместно, хотя при характеристике отдельных геологических особенностей ПК могут выделяться в качестве самостоятельного объекта описания. Такой подход к разведке месторождения был выработан уже на первой её стадии [91] и поддержан ГКЗ РФ при защите запасов по верхним горизонтам.

Дополнительной особенностью является насыщенность ксенолитами зоны («пояса»), примыкающей со стороны АКБ к юго-западному контакту описанного останца ПК. Этот ксенолитовый «пояс» со склонением на юго-запад прослеживается на всю глубину разведки месторождения, разделяя дайковый канал на две примерно равные половины. По мере увеличения глубины количество и размеры ксенолитов увеличиваются. На глубине 600-

700м это уже перекрывающая всю дайку пробка крупноглыбовой брекчии, инъецированной АКБ. Можно ожидать, что на больших глубинах эта «пробка» перейдёт в коренную карбонатную перемычку, разделяющую два корня единой выше кимберлитовой конструкции.

**Таким образом,** можно предположить трехчленное строение трубки Ботубинская – два смежных кимберлитовых столба, один из которых, в свою очередь, представлен интрузивной и кратерной составляющими. Дополнительным аргументом в пользу гипотезы о формировании из разных источников автолитовых кимберлитовых брекчий, слагающих юго-западную и северо-восточную части трубки, является различие в уровнях их алмазоносности. Для АКБ, слагающей юго-западную половину дайки, уровень содержания алмазов (по крупности +0,5мм) несколько выше, чем для северо-восточной. Для ПК северо-восточной части канала на первых этапах становления трубки, характерен этот же уровень содержания алмазов. По остальным характеристикам – вещественному составу, петрографическим признакам, гранулометрии алмазов, физико-механическим свойствам – АКБ обеих частей рудного тела практически не различимы.

Трубка представляет собой круто залегающее тело, сужающееся с глубиной, имеет неправильную сложную форму, округло-овальную в северо-восточной части (на первых 130-140м протяжённости трубки), и дайкообразную (длиной 300-310м) в юго-западной части. Общее падение трубки юго-западное под углом (66°-73°).

Рудное тело в интервале глубин 180-280м (гор.+70—30) резко сужается в пределах северо-восточной кратерной части (л.20-32) и в то же время заметно вытягивается по длинной оси в юго-западном направлении. Глубже протяжённость тела практически не меняется, находясь в пределах 305-330м, максимального размера по длине (327м) тело достигает на гор.-230м. Максимальная ширина (109м вкрест длинной оси) зафиксирована на горизонте +170-+120м – между линиями 24-28 в кратерной части.

Рудное тело имеет максимальную площадь горизонтального сечения 16,8тыс.м<sup>2</sup> на приповерхностном горизонте +170-+165м, из них 11,4тыс.м<sup>2</sup> приходится на кратерную часть. Площадь трубки с глубиной уменьшается неравномерно. В интервале глубин 80 (поверхность тела) -130-180м площадь рудного тела уменьшается несущественно – на 5,3-7,0%, (заметно снижаясь в кратерной части, она примерно настолько же возрастает в дайковой). Наиболее существенное снижение площади (на 5,1тыс. м<sup>2</sup> или на 32,9%) происходит на глубинах 180-280м в связи с интенсивным сокращением сечения кратерной зоны, которая на отметке –30м выклинивается полностью. В интервале глубин 280-480м, т.е. ниже гор.-30м (кратер уже сменился диатремой), площадь сечения рудного тела также меняется слабо. Ниже гор.-230м (глубина 480м) происходит дальнейшее активное сокращение площади (до 30-20% к вышележащему горизонту на каждые 100м по вертикали), обусловленное снижением мощности дайкового тела.

Как уже отмечалось, что до глубины 580м (гор.-330м) рудное тело состоит из 2-х наклоненных в юго-западном направлении диатрем со склонением от 8-21°, в среднем 15°, между ними расположен субвертикальный останец порфировых кимберлитов первой фазы внедрения и «пояс» ксенолитов. С горизонта -330м (ниже глубины 580м), обе диатремы образуют единое линейно-вытянутое дайкообразное тело неправильной формы.

На глубоких горизонтах (-430м, –530м), в пределах линий 12, 8, рудное тело расщепляется на две сближенные маломощные дайки мощностью 2-5м, выполненные ПК, между которыми заключены крупные блоки вмещающих пород мощностью 6-8м, включённые в контур рудного тела.

В плане очертания горизонтальных сечений в дайкообразной части рудного тела неровные, извилистые, в средней части рудного тела с раздувами и пережимами. Изменение степени изометричности поперечного сечения трубки составляет от 1:2 на уровне эрозионного среза под юрскими

осадками до 1:10 на глубине 480м и 1:20 на глубине 580м от дневной поверхности. Углы падения контактов трубки изменчивы, в пределах округло-овальной части трубки северо-западный контакт близок к субвертикальному и имеет крутое падение на северо-запад (75-80°), юго-восточный контакт более пологий. В дайкообразной части рудного тела (л. №20 – №-8(92)) контакты крутые, неровные. Границы рудного тела с вмещающими породами по вертикали резкие, повсеместно сохраняют крутое падение в сторону осевой линии под углом 90-86-80-75°.

Преобладание субвертикальных контактов трубки с вмещающими породами подтверждаются данными бурения наклонно-направленных скважин и прямыми наблюдениями в разведочной шахте.

В пределах дайкообразной части рудное тело неравномерно насыщено ксенолитами вмещающих пород. В составе ксенолитов преобладают известняки, доломиты, мергели и алевролиты. Керновые пробы из интервалов ксенолитов участвовали в расчётах содержаний по блокам.

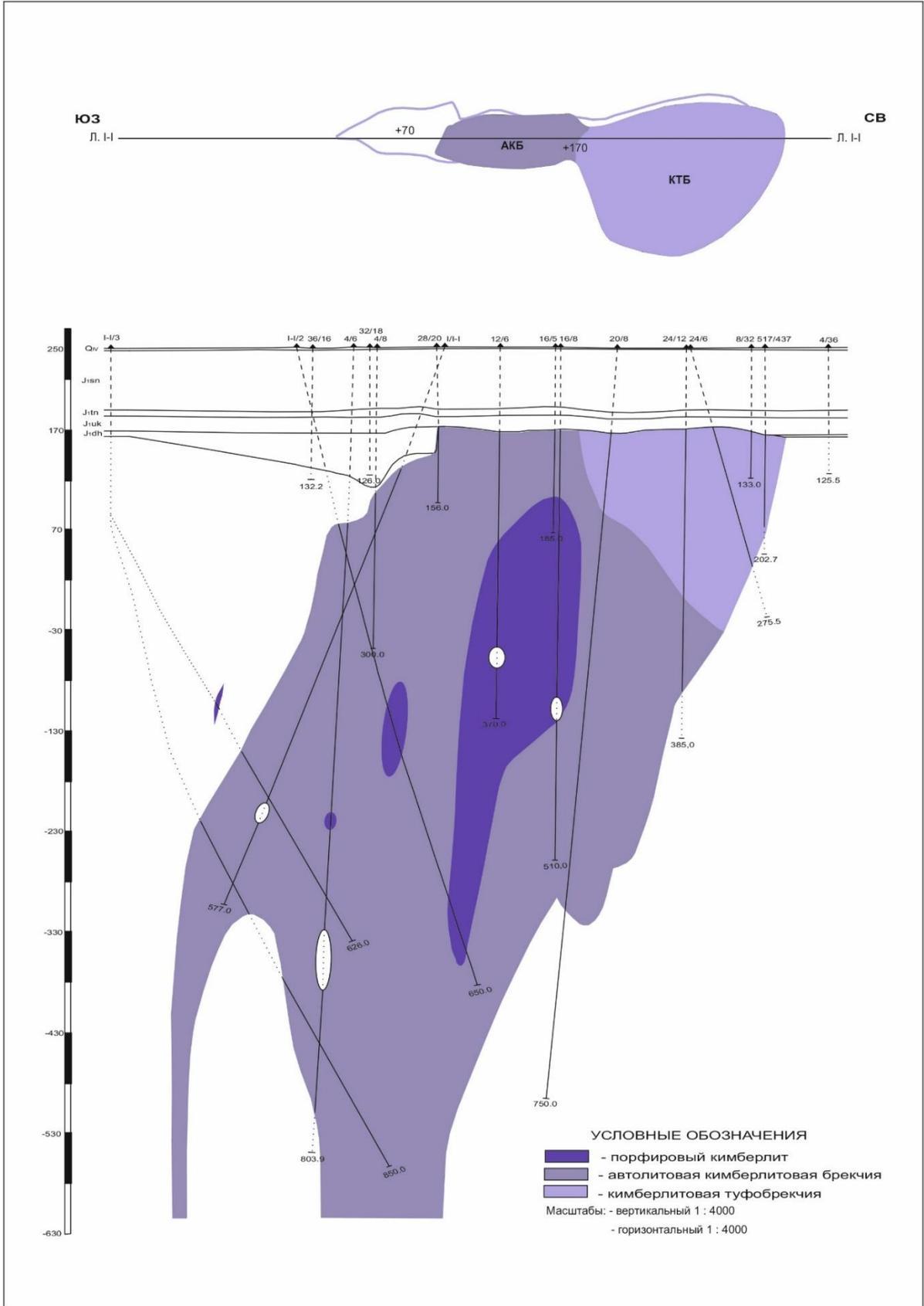


Рис. 1.1. Морфология трубки Ботубинская

В приконтактной зоне на расстоянии 35-38м (скв. I-I/3, 0/3Д1) по горизонтали от границы с вмещающими породами рудное тело сопровождается субвертикальными дайками порфировых кимберлитов мощностью 4,4-0,1м (горизонты -100м, -250м, -280м). В 40м к юго-западу на горизонте -230м в скважине -8(92)/1 вскрыта дайка (0,2м) ПК. Такие же дайки вскрыты и под диагемой скв. 24/8, 24/8-1, 20/12Д (СВ фланг), мощностью соответственно 0,61м, 0,29-0,21м и 1,06м. [108].

В 30м к северо-востоку от границ трубки разведочной шахтой в полевом штреке вскрыта маломощная (от 0,02 до 0,40м) вертикальная кимберлитовая дайка, сложенная порфиrowыми кимберлитами. Азимут простирания даек – 28-30° соответствует ориентировке трубки.

### **1.3.3.2. Морфология, внутреннее строение и условия залегания трубки Нюрбинская**

Трубка Нюрбинская имеет двухфазное строение. Автолитовые кимберлитовые брекчии (АКБ) представляют вторую вулканическую фазу внедрения и практически полностью слагают кимберлитовую трубку с палеоповерхности и до глубины 718 м (скв. 28/159). Порфиrowые кимберлиты (ПК) первой – субвулканической фазы внедрения, в коренном залегании, в пределах трубки вскрыты скважинами: 28/159 в интервале 718-946м, 6/220 в интервале 456,8-470,5 м и 9/470 в интервале 367,5-403,0м. Кроме того, ПК образуют маломощные дайки (0,2-1,5м), простирающиеся к югу на расстоянии 120 м (скважины 562/438 и 4/150 (абс. отм. +5 м)) и северу на расстоянии 40 м (скважина 44/267 (абс. отм. +90 м))

Ксеногенный материал представлен в основном ксенолитами вмещающих терригенно-карбонатных пород, ксенолиты основных и ультраосновных пород встречаются значительно реже и их размеры составляют в среднем 4-6 см, очень редко достигая размеров превышающих 10см.

«Северное» тело практически однородное по своему внутреннему строению и наблюдается практически полное отсутствие крупных ксенолитов вмещающих пород, лишь в скважине 32/222 отмечается крупный ксенолит мощностью ~13,5м и в приконтактных частях с вмещающими породами наблюдается некоторое повышение содержания ксеногенного материала (скважина I-I(28)/179).

Тела «Южное-1» и «Южное-2» более насыщены ксеногенным материалом. Там отмечаются крупные ксенолиты от 7 (скв.14/380-1)-14 (скв.14/380) до 40 метров (скв.12/140). Помимо достаточно крупных ксенолитов в скважинах наблюдаются так называемые «ксеногенные» зоны, представленные либо переслаиванием карбонатных пород с кимберлитом, либо наличием большого числа (до 60-70% объёма керна) обломков терригенно-карбонатных пород. Такие зоны могут иметь значительную мощность (первые десятки метров).

Морфология трубки Нюрбинской и контакты кимберлитовых тел с вмещающими их породами изучены комплексом наклонно-направленных и вертикальных разведочных скважин. В процессе отработки месторождения внутреннее строение трубки характер ее контактов с вмещающими породами и кровельная часть определялись визуально и инструментально в стенках карьера. Внутреннее строение рудного тела и его кровельная часть дополнительно изучались вертикальными скважинами.

Трубка Нюрбинская до начала разработки месторождения с поверхности была перекрыта 56-71 метровой толщей рыхлых мезозойских образований и вытянута по длинной оси в северо-северо-восточном направлении (14-16°). На уровне эрозионного среза в плане трубка имела округло-эллипсоидную форму при отношении длины к ширине 2:1. представляющую собой типичную воронку взрывов. В отработанной части трубки контакты крутые, неровные часто угловатые в плане. В зоне

контактов трубки с вмещающими породами (на расстоянии до 5 – 7м) часто встречаются инъекции кимберлитов (мощностью до 0.5 -3м).

До глубины с абсолютной отметкой -80м скважинами прослежено единое округло-овальное тело, которое ниже этой отметки распадается на два рудных тела, разделенных интрузией базитов. Контакт рудного тела с кровлей базитов относительно выровненный, сформированный в своеобразной седловине. За пределами рудного тела, у восточного его фланга, кровля базитов резко поднимается до отметок -10м, а у западного фланга – до -40м.

Ниже кровли тела базитов трубка, по всей видимости, сформирована из четырех диатрем.

Северная диатрема, имея угловато-округлое строение, линейно вытянута в север северо-восточном направлении по азимуту 16 – 18 градусов, которое постепенно с глубиной изменяется на субмеридианальное. Повсеместно фиксируется общее падение контактов диатремы с вмещающими породами в сторону ее осевой линии. Наиболее пологими (до 10 – 15 градусов к зениту) являются: северный, северо-западный, западный и юго-западный контакты. Юго-восточный контакт рудного тела с базитами крутой, близок к вертикальному падению до глубины с абсолютной отметкой -230м. Эта диатрема при относительно крупных размерах характеризуется однородным внутренним строением. Представлена она автолитовой кимберлитовой брекчией. (АКБ). Небольшие ксенолиты порфировых кимберлитов встречаются только у северного фланга, там же фиксируется повышенное содержание ксенолитов осадочных пород. В зоне контактов трубки с вмещающими породами (на расстоянии до 5-7м) часто встречаются инъекции кимберлитов (мощностью до 0.5-3м).

Южное тело представляет собой единое четковидное в плане рудное тело, ориентированное по азимуту 28-30 градусов. Каждая из этих диатрем характеризуется своими морфологическими особенностями. Ниже глубины с

абсолютной отметкой -140м диатремы, либо разделяются на самостоятельные тела, либо соединены дайкой порфировых кимберлитов первой фазы внедрения. Крупные останцы таких кимберлитов зафиксированы в скважинах 6/220 и 9/470 в интервалах глубин 456,8 – 470,5м и 376,5 – 403,0м соответственно.

Северная из этой цепочки диатрема имеет округло-овальное строение и общее крутое (8 – 12 градусов к зениту) падение на юго-запад по азимуту 102 – 130 градусов. При этом северо-восточный и юго-западный ее контакты с вмещающими базитами весьма крутые близкие к вертикальным. Вероятно, они образованы по двум разрывным нарушениям, оперяющим с востока хонолит базитов. В этой диатреме часто встречаются крупные ксенолиты вмещающих диатрему терригенно-карбонатных пород и базитов.

Южная диатрема представляет собой округло-овальный конус линейно вытянутый по азимуту 28-30 градусов. Параметры диатремы составляют 140x43 м на абсолютной отметке глубины +10 м, уменьшаясь до 80x40м на абсолютной отметке – 320м. Рудное тело характеризуется значительным количеством ксенолитов терригенно-карбонатных пород различного размера. Диатрема представлена автолитовой кимберлитовой брекчией и кимберлитовой брекчией.

На флангах трубки разведочными скважинами и в карьере зафиксированы маломощные (0,2-2,0 м) дайки порфировых кимберлитов. Последние имеют ориентировки, совпадающие с направлением длинной оси верхней части трубки. От контактов трубки дайки прослежены к северу на расстоянии 40 м скважиной 44/267 (абс. отм. +90 м) и к югу на расстоянии 120 м скважинами 562/438 и 4/150 (абс. отм. +5 м). В их приконтактных зонах на расстоянии до 10 м вмещающие породы весьма трещиноватые, участками окремненные.

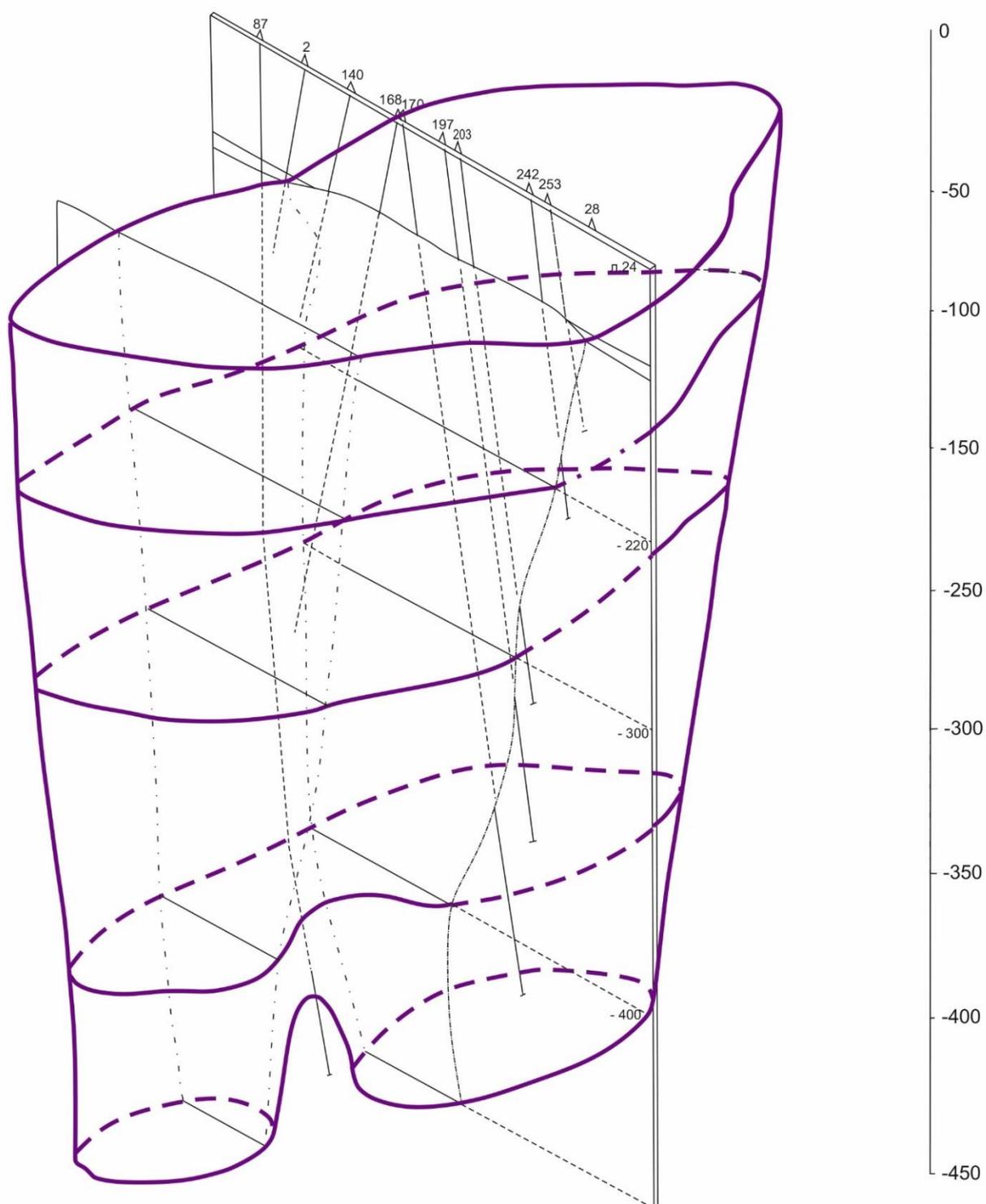


Рис. 1.2. Блок-диаграмма трубки Нюрбинская

**Таким образом,** своеобразная «приспосабливаемость» диатрем, а также дайки порфировых кимберлитов к морфологии тела базитов и к структурным нарушениям во вмещающих базиты породах позволяют предположить, что трубка была сформирована после внедрения и становления тела базитов. Это же предположение подтверждается относительно маломощными зонами вторичных изменений кимберлитов в верхней апикальной части контакта с базитами.

В верхней части трубки, в интервале глубин 60 (поверхность тела) – 328 м (кровля базитов) площадь рудного тела уменьшается несущественно, составляя 1,7 – 2,5% на 10м глубины. Ниже кровли тела базитов фиксируется существенное, но равномерное, снижение суммарной площади рудных тел на глубину, составляя 4,9 – 5,7% на 10м. Все это позволяет предполагать высокую степень трещиноватости и разуплотнения пород нижнего палеозоя над базитами во время формирования трубки [109].

Как уже было отмечено выше, в контуре кимберлитовой трубки Нюрбинская, отмечается интрузия щелочных базитов. Её мощность в пределах горизонта -80м составляет 40-50 метров. Простираение его северо-восточное (65 – 70°), по данным сейсморазведки соответствующее оси Ботубинского разлома, падение достаточно круто (80° – 85°) до вертикального. Корневая часть интрузии уходит на глубины, превышающие по абсолютным отметкам (-600м).

Породы слагающее тело представлены призматически-офитовыми субщелочными долеритами, которые переходят во внутренних частях в лейкократовые субщелочные кварцевые долериты и габбро-долериты, а центральная часть тела (~30 м) выполнена породами монцонитоидного состава. Особенности морфологии трубки отражены на рисунке 1.2.

### **1.3.3.3. Морфология, внутреннее строение и условия залегания дайкообразного тела Майское**

Кимберлитовое тело «Майское» прорывает карбонатные, терригенно-карбонатные породы ордовика и кембрия, а с поверхности перекрыта 65-104 метровой толщей мезозойских образований. По длинной оси, на уровне эрозионного среза, под юрскими отложениями, тело «Майское» прослежено на 430 м в северо-восточном направлении вдоль зоны рудовмещающего разлома Диагональный-2 по азимуту (32°-34°). При этом, мощность ее по отдельным линиям колеблется от 15 до 40 м.

По современным представлениям, кимберлитовое тело «Майское» имеет двухфазную историю образования. В первую – субвулканическую фазу внедрения, была сформирована дайка, первично выполненная порфиоровыми кимберлитами (ПК) – (дайковая фация). Во вторую – вулканическую фазу внедрения была сформирована диатрема, хотя, как таковая, на дайкообразном теле «Майское» она слабо выражена, сложена автолитовыми кимберлитовыми брекчиями (АКБ) и их производной, выполненной кимберлитовыми брекчиями (КБ) – (кратерная фация, взрывная субфация) [толстов, разумов ].

По всем основным характеристикам – вещественному составу, петрографическим особенностям, распределению алмазов – КБ представляют собой ту же автолитовую кимберлитовую брекчию, существенно разубоженную ксеногенным материалом. Ксенолиты на 90-95 % представлены породами вмещающих отложений.

Тело «Майское» представляет собой крутопадающую дайку, незначительно сужающуюся с глубиной, имеет неправильную сложную форму, как в плане, так и в разрезе. В плане очертания горизонтальных сечений рудного тела неровные, извилистые, в средней части рудного тела с раздувами и пережимами. Изменение степени изометричности поперечного сечения трубки составляет от 1:10 и 1:20 на глубине от дневной поверхности,

аналогичное трубке Ботуобинская на глубинах 500-800 м. Углы падения контактов трубки изменчивы, крутые, неровные. Границы рудного тела с вмещающими породами по вертикали резкие, в целом сохраняют крутое падение в сторону осевой линии под углом 90-86-80°. Преобладание субвертикальных контактов трубки с вмещающими породами подтверждаются данными бурения наклонно-направленных скважин.

Выделенные разновидности кимберлитов (ПК, АКБ, КБ) прослеживаются в той или иной мере в разных частях дайки, как по простиранию, так и в вертикальном разрезе. Так, северо-восточная часть дайки представлена, в основном, высокоалмазонасной автолитовой кимберлитовой брекчией (АКБ), юго-западная – кимберлитовой брекчией (КБ). Четкой границы между разновидностями не вскрыто, так как КБ, как описано выше, является производной АКБ, значительно разубоженной ксеногенным материалом (вмещающими породами).

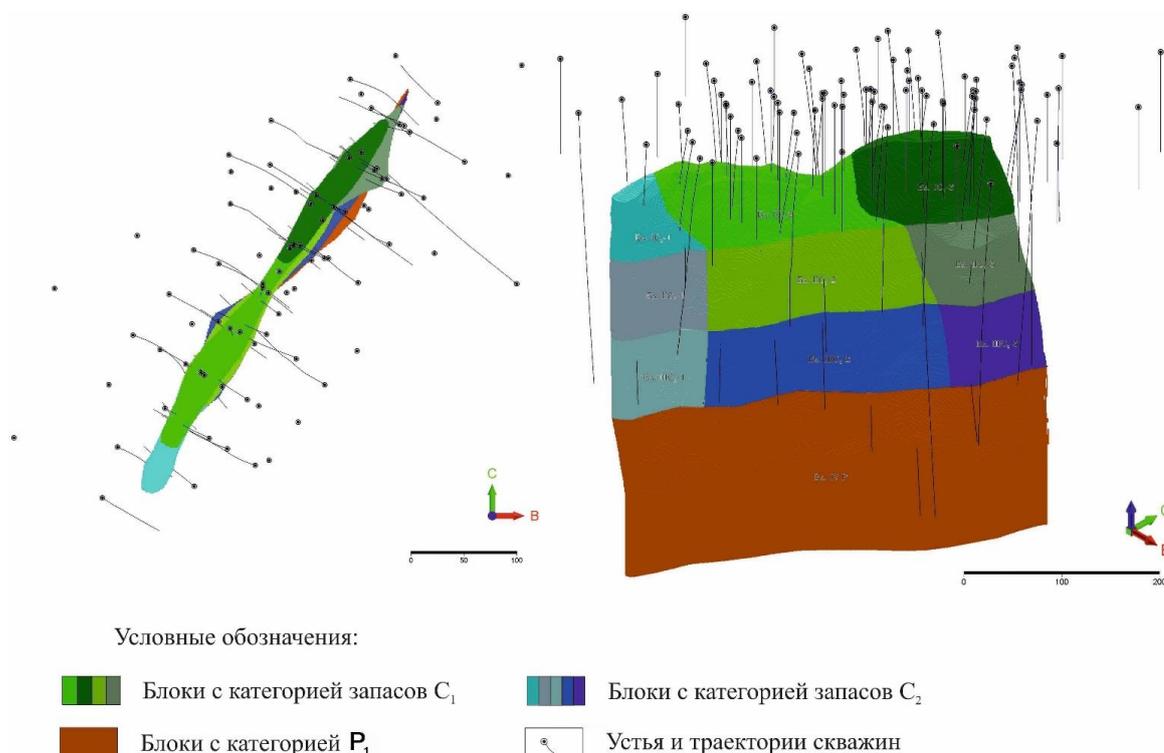


Рис.1.3. Блочная модель месторождения Майское с блокировкой запасов и ресурсов

Условная граница проходит практически посередине дайки, между линиями 5 и 6, между скважинами л. 5 (509)/416, вскрывшей КБ, и л. 6 (509)/416-2, вскрывшей АКБ еще на первой стадии поисково-оценочных работ. Однако эта часть сложена не только АКБ, некоторые интервалы по отдельным скважинам – особенно в приконтактной части, также сложены кимберлитовой брекчией. Это хорошо прослеживается как по документации керна скважин, так и по результатам обогащения керновых проб.

Граница между бедными и убогими рудами КБ в центральной части дайки и богатыми рудами АКБ+ПК, образующими на северо-восточном фланге крутопадающий рудный столб с небольшим северо-восточным склонением ( $75^\circ$ ), достаточно четко прослеживается по уровню содержания алмазов в частных пробах.

Рудное тело неравномерно насыщено ксенолитами и «рифами» (л.4/ШМ-6-2 м, Р.1/1-22,8 м, Р.5/1-57,1 м, Р.6/5-20,2 м, ШМ7/2-16 м и др.) вмещающих пород, нередко с «инъекциями кимберлитов». В составе ксенолитов преобладают известняки, доломиты, мергели и алевролиты. Керновые пробы из интервалов ксенолитов и «рифов» участвовали в расчётах содержаний по блокам.

Дайкообразное тело «Майское» на разведочной стадии изучено до глубины 400 м наклонно-направленными и вертикальными скважинами увеличенного диаметра. Всего пройдено 29 наклонно-направленных скважин и 5 вертикальных скважин увеличенного диаметра, на поисково-оценочной стадии было пройдено 24 вертикальных скважин и 10 наклонно-направленных. На флангах рудного тела пройдены наклонно-направленные скважины: с северо-восточного – Р.10/1, с юго-западного – Р.0,5/1 [106].

### 1.3.3.4. Морфология, внутреннее строение и условия залегания дайки Мархинской

Кимберлитопроявление «Мархинское» представляет собой субвертикальную дайку. В плане – линейно-вытянутое в северо-восточном (СВ 29°) направлении дайкообразно-линзовидное тело, прерывистое (скв. М-1, 2, 20, 24 кимберлиты не вскрыли), с раздувами и пережимами, местами расщеплённое вмещающими породами.

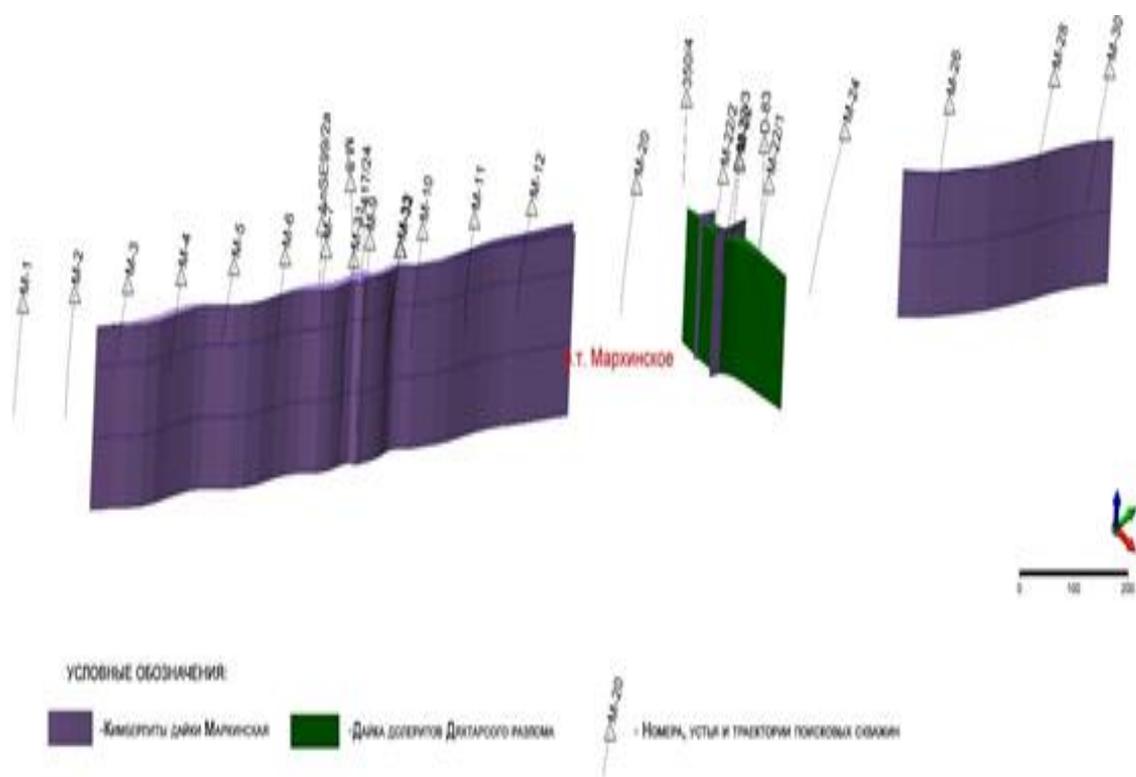


Рис.1.4. Объемная модель кимберлитовой дайки Мархинская

Характерна незначительная мощность рудного тела в горизонтальном сечении (от 1-2м на флангах до 15м в средней части). На СЗ фланге рудопроявления прослежен контакт кимберлитовой дайки и траппов

Дяхтарского разлома, вскрытый скважиной М-22 на глубине 215м (абс.отм.+38,2м). Средняя абсолютная отметка кровли составила (+153,2м)

Рудное тело сложено преимущественно кимберлитовой брекчией с незначительным содержанием в ней кимберлитового материала, кроме того, в верхней части отмечались обломки мелкопорфирового кимберлита, подобные таковым с трубки «Ботуобинской», что свидетельствует о двух фазах формирования тела.

Порфировые кимберлиты отмечены на флангах рудного тела, в центре – на средних горизонтах, зачастую в краевых частях тела.

Вмещающая толща представлена терригенно-карбонатными породами олдондинской (ордовикская система) и мархинской (кембрийская система) свит нижнего палеозоя.

На рудопроявлении оценены прогнозные ресурсы по категории  $P_1$  [94].

## 2. СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОРЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ РОССЫПЕЙ АЛМАЗОВ

Тектоническое строение площади Накынского кимберлитового поля (Рис. 2.1) предопределено расположением её в области сопряжения юго-восточного склона Анабарской антеклизы и Вилюйского авлакогена, граница которых в верховьях р. Конончан контролируется глубинными шовными разломами северо-восточного простираения с амплитудами смещения по горизонту КВ (кровля венда) до 200-600 м.

Поверхности фундамента на склоне антеклизы снижаются на юго-восток от 2,5 км до 4,5 км. Вдоль указанной границы на пологом склоне антеклизы, в среднем палеозое, заложилась Вилюйско-Мархинская и Средне-Мархинская зоны глубинных разломов [24,31]. В мезозое, на глубоко эродированной поверхности нижнепалеозойского цоколя, сформировались наложенные конседиментационные структуры северо-западного борта Вилюйской синеклизы, контрастное прогибание которой началось только со среднеюрского времени. Мощность мезозойского яруса варьирует от 0 до 140 м.

В общей тектономагматической структуре, район месторождения приурочен к блоку пересечения разноориентированных глубинных зон разломов – Вилюйско-Мархинской, имеющей северо-восточное (45-50°) простираение и с крутым, до вертикального, падением на юго-восток и Средне-Мархинской, имеющей северо-западную ориентировку. Большинство разломов этих зон залечено дайками долеритов.

*Вилюйско-Мархинская зона разломов* сформировалась не позднее среднего палеозоя.

Наиболее контрастное свое выражение зона получила в среднем палеозое, при раскрытии Патомско-Вилюйского авлакогена и формировании

в его пределах крупных вулканотектонических структур, когда многие разрывные нарушения унаследовано были залечены дайкообразными телами долеритов, отчетливо выраженными в геофизических полях [44].

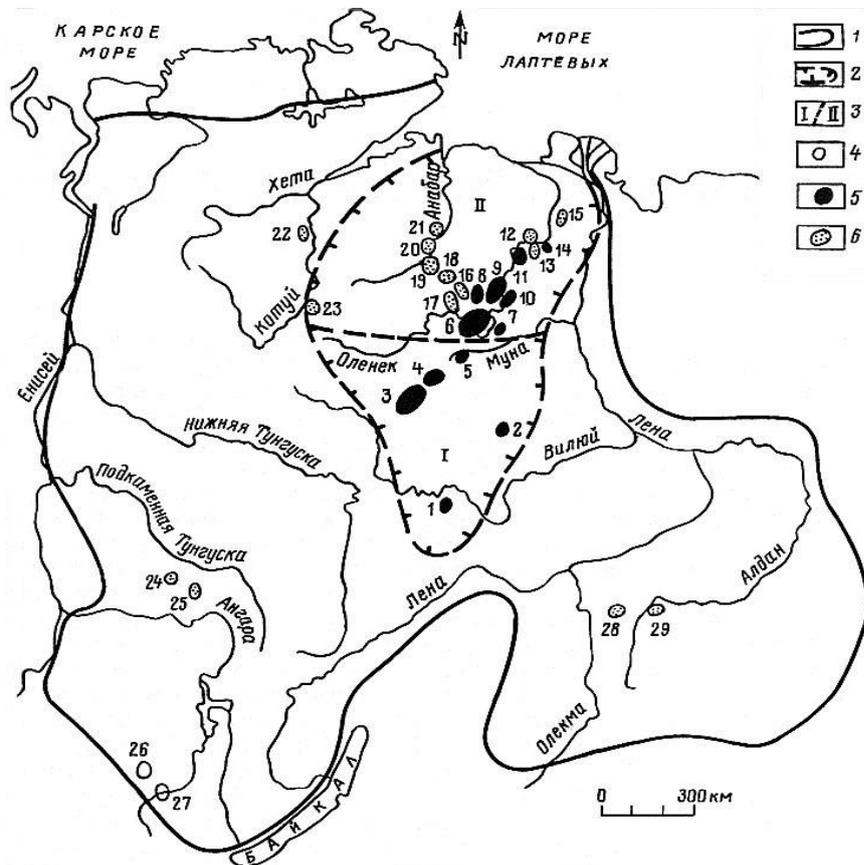


Рис. 2.1. Региональная позиция Накынского алмазоносного кимберлитового поля по А.Д. Харькиву [84]:

1 – граница Сибирской платформы; 2 – предполагаемая граница Якутской кимберлитовой провинции; 3 – кимберлитовые области (субпровинции): I – Вилюйская, II – Анабаро-Оленекская; 4 – 6 – поля развития кимберлитов и кимберлитоподобных пород протерозойского (4), среднепалеозойского (5) и мезозойского (6) возраста (1 – Мирнинское, 2 – Накынное, 3 – Алаakit-Мархинское, 4 – Далдынское, 5 – Верхнемунское, 6 – Чомурдахское, 7 – Севернейское, 8 – Западно-Укукитское, 9 – Восточно-Укукитское, 10 – Огонер-Юряхское, 11 – Мерчимденское, 12 – Куойское, 13 – Верхнемолодинское, 14 – Толоупское, 15 – Хорбусуонское, 16 – Лучаканское, 17 – Куранахское, 18 – Дьюкенское, 19 – Среднекуонапское, 20 – Нижнекуонапское, 21 – Орто-Ыаргинское, 22 – Котуйское, 23 – Харамайское, 24 – Тайчикуно-Нембинское, 25 – Чадобецкое, 26 – Белозиминское, 27 – Окинское, 28 – Чомполинское, 29 – Тобук-Хатыстырское.

## **2.1. Структурно-тектонические особенности коренных месторождений**

Центральная часть Накынского кимберлитового поля ограничена четырьмя крупными разломами, которые названы в соответствии с их положением по сторонам света: Северный, Южный, Западный и Восточный. Северный и Южный разломы входят в Вилуйско-Мархинскую тектоническую зону даек северо-восточного простирания, а Западный и Восточный относятся к Средне-Мархинской тектонической системе северо-северо-западного простирания и четко выделяются на материалах аэромагнитной съемки (см. рис. 2.2.).

Внутри площади, образованной пересечением вышеупомянутых разломов, выделяются менее крупные разломы: Ботуобинский и Дьяхтарский, которые также входят в Вилуйско-Мархинскую систему. Эти разломы частично «залечены» крутопадающими дайками долеритов и выходят на поверхность нижнепалеозойского карбонатного цоколя.

Все вышеперечисленные разломы четко выражены в магнитном поле в виде положительных линейных аномалий с различной интенсивностью от 10 до 60 нТл. В формировании кимберлитов определяющая роль принадлежит зонам глубинных разломов среднепалеозойского тектоно-магматического цикла. Рудовмещающим объектом для кимберлитовых тел является Диагональный разлом северо-северо-восточного простирания, выделенным впервые М.В. Покровским по данным аэромагнитной съемки (БГРЭ).

На сегодняшний день эта структура протяженностью более 10 км откартирована по материалам малоглубинной сейсморазведки (Масленникова, 2015ф). Она вмещает все известные кимберлитовые тела Накынского поля, в том числе и месторождения Ботуобинское, Нюрбинское, Майское, рудопроявление Мархинское, а также ряд кимберлитовых жил.

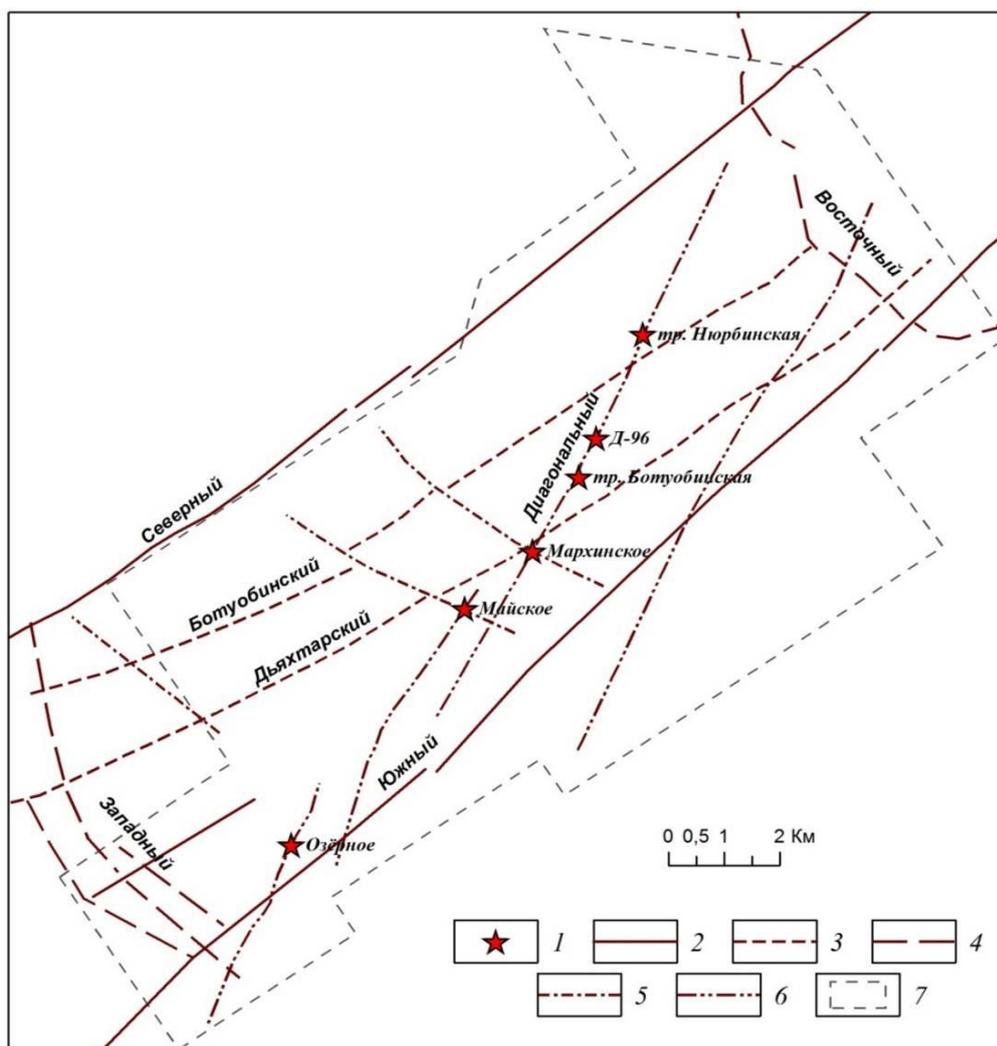


Рис. 2.2. Структурный план центральной части Накынского кимберлитового поля. По П. А. Игнатову [35,36,37] и материалам Ботуобинской ГРЭ: 1 – известные кимберлитовые тела; 2-7 – осевые зоны разрывных нарушений, выделенные по данным магниторазведки, сейсморазведки и картирования микротектонических нарушений: Вилуйско-Мархинской зоны низкого порядка, 3 – Вилуйско-Мархинской зоны высокого порядка, 4 – Средне-Мархинской зоны низкого порядка, 5 – Средне-Мархинской зоны высокого порядка (поперечные), 6 – рудоконтролирующий Диагональный; 7 – граница центральной части Накынского кимберлитового поля.

Рудоконтролирующими разломами являются: Ботуобинский (пересекающий трубку Нюрбинскую) и Дьяхтарский (проходящий вблизи трубки Ботуобинская).

Все известные кимберлитовых тела ориентированы по простиранию вдоль зоны Диагонального разлома, «залечивая» его в виде отдельных фрагментов. Установлены скрытый тип этого разлома, его высокий порядок и сдвиговая природа [36,38,39].

Практика поисковых работ подтвердила рудовмещающий характер Диагонального разлома. Локализация кимберлитов внутри рассматриваемого нарушения определяется их положением в узлах его пересечения с нарушениями других направлений, флексурных изгибов и окончания отдельных швов этой сдвиговой зоны [36,37].

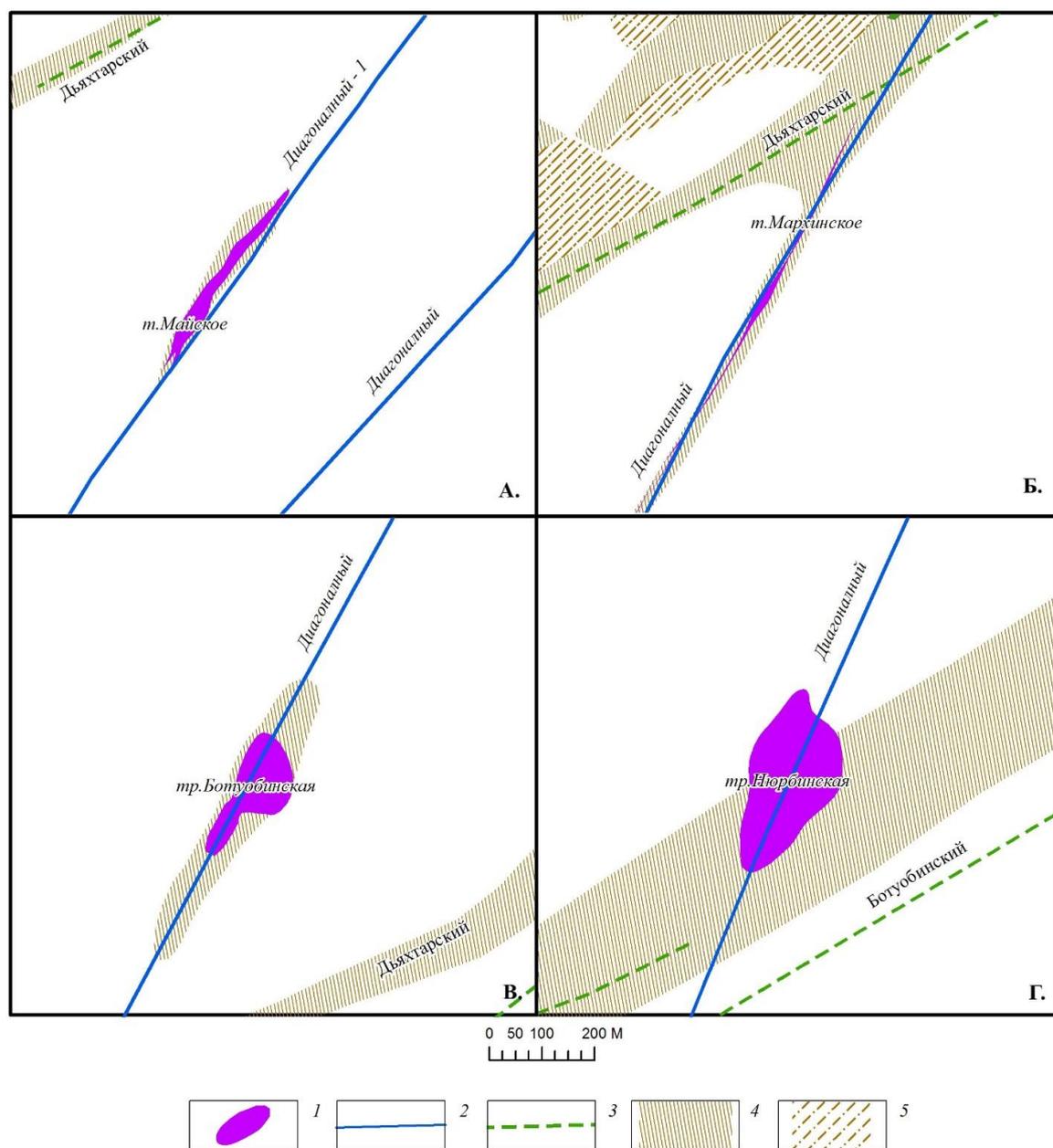


Рис. 2.3. Тектоническая схема основных кимберлитовых тел Накынского поля

1 – известные кимберлитовые тела, 2 – рудовмещающий разлом, 3 – основные разломы Вилюйско-Мархинской зоны залеченные среднепалеозойскими дайками долеритов, 4 – тектонические нарушения, выраженные в волновом поле в виде зон потери корреляции, уверенно трассируемые по площади, 5 – тектонические нарушения, выраженные в волновом поле в виде отдельных разрывов отражающих горизонтов.

Отдельные сдвиговые швы расположены кулисообразно и последовательно со смещением с северо-востока на юго-запад с шагом в первые сотни метров. В самом протяженном (11,7 км) локализованы Нюрбинская и Ботуобинская трубки, Мархинская дайка и жильное рудопроявление Д-96. Характерно, что Мархинское тело практически непосредственно продолжается от юго-западного окончания Ботуобинской трубки и, по существу, представляет собой серию сближенных кулисообразно расположенных маломощных даек (жил). Это подтверждает правильность интерпретации внутреннего строения Диагонального разлома как магмоподводящей сдвиговой структуры.

Кимберлитовое тело Майское, находящееся в 1,5км западнее тела Мархинское и в 3км к юго-западу от трубки Ботуобинская, приурочено к разрывному нарушению (кулисе) субпараллельному Диагональному разлому.

Исследования, проведенные в процессе разведки трубок Ботуобинская, Нюрбинская, показали: по данным ГИС в приконтактных частях с рудным телом отмечаются незначительные колебания (3-6м для трубки Ботуобинская и 7-16м для трубки Нюрбинская) абсолютных отметок корреляционных пластов в породах нижнего палеозоя.

Это свидетельствует о незначительном масштабе тектонических движений, связанных с кимберлитовым магматизмом. Повышение трещиноватости пород карбонатного цоколя фиксируется в экзоконтактах рудного тела.

Вмещающая толща по результатам инженерно-геологических исследований керна скважин характеризуется различной плотностью пород неравномерной и разноориентированной трещиноватостью, повышенной (до 20-30 трещин на 1п.м.) в околотрубном пространстве по всем без исключения разностям. До глубины 130 – 140м, как в рудном теле, так и во вмещающих его породах часто встречаются открытые трещины, выполненные льдом. Ниже преобладают закрытые трещины, залеченные

кальцитом, реже – пиритом, гипсом и кварцем (мощность 0,1-5мм) с раздувами и пережимами. На стенках трещин часто наблюдаются зеркала скольжения, глина трения, в раздувах – щетки кальцита и пирита, последние выполняют многочисленные каверны в отдельных интервалах.

Зоны повышенной трещиноватости, брекчирования и нарушенного залегания, с гидротермальной проработкой (кальцитизацией и частичным окремнением) вмещающих пород прослеживаются скважинами от флангов трубки, в пределах рудовмещающего разлома.

Трубка Нюрбинская сопряжена пространственно с Ботуобинским разломом, являющимся одной из ветвей Вилуйско-Мархинской зоны глубинных разломов. В пределах фрагмента Ботуобинского разлома, залеченного "слепым" не выходящим на поверхность телом субщелочных базитов, на глубинах 285-300м трубка разобрана на два рудных тела. По данным ГИС в целом в околотрубочном пространстве наблюдается увеличение абсолютных отметок кровли верхнего кембрия с юга на север от (+80)-(+90) до (+100) – (+103) м (Рис. 2.4). На этом фоне выделяются опущенные и приподнятые блоки пород нижнего палеозоя северо-восточного простирания, подчеркивающие направление зоны Ботуобинского разлома. В непосредственном обрамлении трубки севернее тела базитов ГИС зафиксирован приподнятый блок пород нижнего палеозоя с отметками кровли верхнего кембрия от +88 до +100 м. К югу от этого блока, непосредственно над телом базитов и параллельно ему на расстоянии 60 – 80м наблюдаются опущенные блоки. Отметки кровли верхнего кембрия в их пределах изменяются от +86 до +94 м и от +76 до +84 м соответственно. Для опущенных блоков пород характерна повышенная трещиноватость и вторичная карбонатизация, которые наиболее резко проявлены над базитами. Проявления разрывной тектоники в приконтактных частях трубки фиксируются по резкому изменению (от 7 до 16 м) отметок кровли верхнего кембрия на небольшом расстоянии. Амплитуды таких изменений у западного

фланга трубки более значительны чем у восточного и фиксируются на расстоянии до 20м от ее контактов. Обусловлено это тем, что в сторону западного фланга трубки протягивается хонолит базитов, а в сторону ее восточного фланга он переходит в менее мощную дайку базитов. Хонолит, сформированный в зоне растяжения земной коры, в осадочных породах нижнего палеозоя ограничен разломами, которые также протягиваются к западному флангу трубки.

Трубка Ботубинская представлена всеми морфологическими элементами строения кимберлитовых тел: дайкой, диатремой и кратером, выполненными соответственно порфировыми кимберлитами (ПК) – первой субвулканической фазы, автолитовыми кимберлитовыми брекчиями (АКБ) и кимберлитовыми туфобрекчиями (КТБ) – второй вулканической фазы внедрения. Процессы формирования этих элементов по-своему влияли на породы кимберлитовмещающей рамы. На контакте с кратером встречены крупные блоки обрушения карбонатных пород. Так сброс с амплитудой около 6 м предполагается в разрезе скважины 9/24. Юго-восточный фланг дайковой части трубки представлен крупными субвертикальными блоками пород нижнего палеозоя, перемежающимися порфировыми кимберлитами. При этом существенных нарушений залегания блоков не наблюдается. По данным ГИС (Рис. 2.5) абсолютные отметки кровли пород верхнего кембрия изменяются от +76 м у юго-западной части трубки до 81-83м у северо-восточной, образуя малоамплитудную мульду вокруг трубки. В приконтактных частях с рудным телом отмечаются незначительные колебания (3-6м) абсолютных отметок корреляционных пластов в породах нижнего палеозоя. Это свидетельствует о незначительном масштабе тектонических движений, связанных с кимберлитовым магматизмом. Повышение трещиноватости пород карбонатного цоколя фиксируется в экзоконтактах рудного тела. В приконтактной части на северо-восточном фланге рудного тела скважинами и в шахте фиксируется зона брекчирования

кимберлитов, с повышенным содержанием крупных ксенолитов вмещающих пород [73,81].

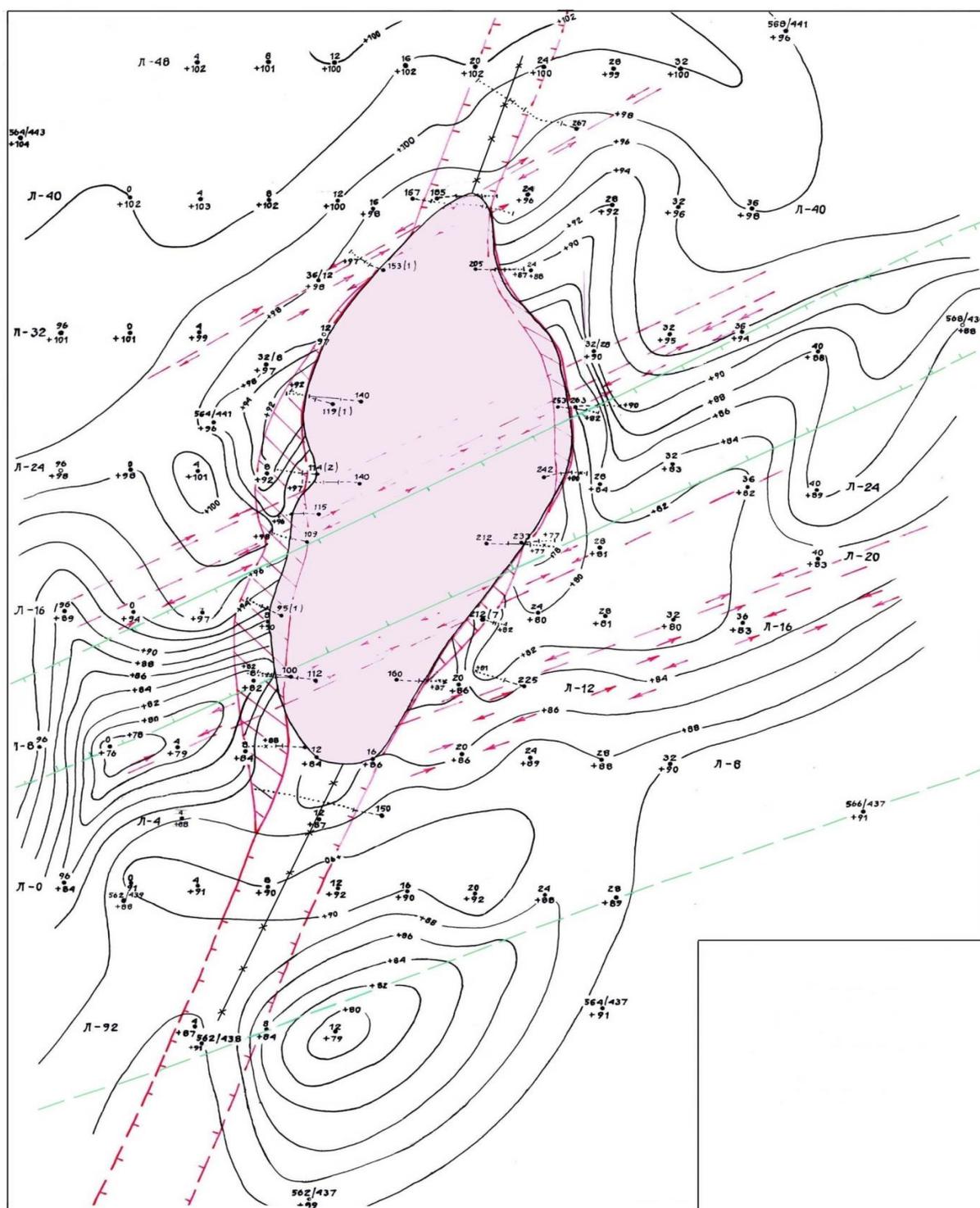


Рис. 2.4 Структурно-тектоническая схема нижнего палеозоя по кровле верхнего кембрия. Трубка Нюрбинская. Масштаб 1:2000

Как в рудном теле, так и во вмещающих его породах преобладает ориентировка открытой трещиноватости по азимутальным направлениям 30-40°, соответствующая направлению рудовмещающего разлома.

В результате исследований структурных особенностей месторождения по керну скважин доктором г.-м.н., проф. МГГА П.А. Игнатовым и кандидатом г.-м. н. Я.И. Штейном [37] сделаны следующие выводы: "Раздвиги, сбросы и сопровождающие их трещины и зоны дробления образовались в условиях регионального растяжения и внедрения долеритов. Сдвиги, зоны милонитов, маломощных брекчий, рассланцевания, диаклаза и сопровождающей их трещиноватости формировались в условиях регионального сжатия, которые были в эпоху кимберлитового магматизма...».

Линейные разломы – отдельные крутопадающие тектонические швы прослеживаются в плане по признакам хрупких деформаций, картируемых по керну скважин. Мощность их составляет от дециметров до 25-30м. В скважинах, пройденных в осевых частях тектонических швов, вскрывались милониты в ассоциации с тектоническими брекчиями, системами микросбросов и интенсивной прожилковой минерализацией.

В скважинах на флангах швов такие проявления единичны, однако по несколько раз могут встречаться отдельные микросбросы, зеркала скольжения и зоны тектонического кливажа.



## **2.2. Закономерности локализации россыпей алмазов**

К выявленным коренным месторождениям Накынского кимберлитового поля, как части Средне-Мархинского рудно-россыпного района пространственно и генетически приурочены погребённые промышленные россыпи алмазов.

Трубки Нюрбинская и Ботуобинская, дайкообразные тела Майское и Мархинское располагаются в пределах Дюлюнг-Дяхтарской депрессии и сопровождаются россыпями алмазов ближнего сноса. Шлейфы кимберлитового материала четко контролируются бортами депрессии и протягиваются в юго-западном направлении, образуя высококонтрастный Верхне-Дяхтарский ореол рассеяния ИМК и алмазов (Рис. 2.6), с преобладающей алмаз-хромшпинель-пироповой ассоциацией, с разведанными коренными и россыпными месторождениями алмазов [88,89].

Ореол фиксируется в базальных отложениях нижней юры, при содержании ИМК 10-50 зн., в высококонтрастных точках более 100 зн. на 20л шлик. В непосредственной близости от кимберлитовых трубок (первые десятки метров), отмечаются высокие концентрации ИМК. Существенным отличием шлиховых проб из базальных горизонтов юры, по сравнению с корой выветривания кимберлитов, является значительное уменьшение содержания пироп-альмандинов из пород фундамента. Пиропы и шпинелиды интенсивно корродированы. Преобладающий тип коррозии на пиробазах – дислокационный, при ограниченном развитии кубоидного, характерно отсутствие следов послекоррозионного износа. Пиропы сильно трещиноваты (разбиты системами эндогенных трещин) поэтому, при переносе они распадаются на мелкие блоки (этим обусловлено преобладание классов - 1+0,5мм и -0,5мм). Келифитовые каймы практически не сохраняются, часто наблюдаются примазки серпентин-кальцит-флогопитового состава на поверхностях эндогенных сколов. В цветовой гамме преобладают фиолетово-

красные разности, при суммарном содержании оранжевых и красных 5-10%, за исключением отдельных проб из базальных горизонтов оруктахской свиты в непосредственной близости от тр. Ботубинская, где содержание низкохромистых пиропов составляет около 70%. Особенностью ассоциации является высокое содержание в пробах альмандинов из ксенолитов пород фундамента [78,74].

Особенностью ореола является сильная коррозия шпинелидов, как поверхностная, с сохранением неизмененного ядра, так и глубокая, вследствие чего часть зерен приобретает агрегатно-сажистое строение. Ассоциация ИМК полностью увязывается с прямым размывом известных кимберлитовых тел [82,83,85,86]. Алмазоносными на всей площади рудно-россыпного района являются базальные горизонты мезозойских отложений – укугутская свита, а также материал переотложенной коры выветривания на кимберлитах и на прилегающих к трубкам карбонатных породах (дяхтарская толща). Запасы алмазов по россыпным месторождениям утверждены по категории  $C_2$  в границах карьеров, проектируемых для разработки коренных месторождений алмазов (карьеры Нюрбинский, Ботубинский в 2000 году, карьер Майский в 2015 году.). На флангах россыпи Нюрбинская работами Ботубинской ГРЭ [101, Сыромолотова Н.А. 2010ф] оценены прогнозные ресурсы по категориям  $P_1$  и  $P_2$ . Оцениваемые блоки прогнозных ресурсов располагаются в пределах высококонтрастного Верхне-Дяхтарского ореола рассеяния ИМК и алмазов. Блоки выделены на продолжении россыпи «Нюрбинская» в пределах лицензионной площади ОАО «АЛРОСА-Нюрба», а также за ее пределами в юго-западном направлении на расстояние 4,0 км. (Рис. 2.7).

Россыпь Нюрбинская является древней погребённой россыпью ближнего сноса. Алмазоносные пески пространственно сближены и сопряжены с кимберлитовой трубкой Нюрбинская, коры выветривания которой являлись основным источником формирования россыпи.

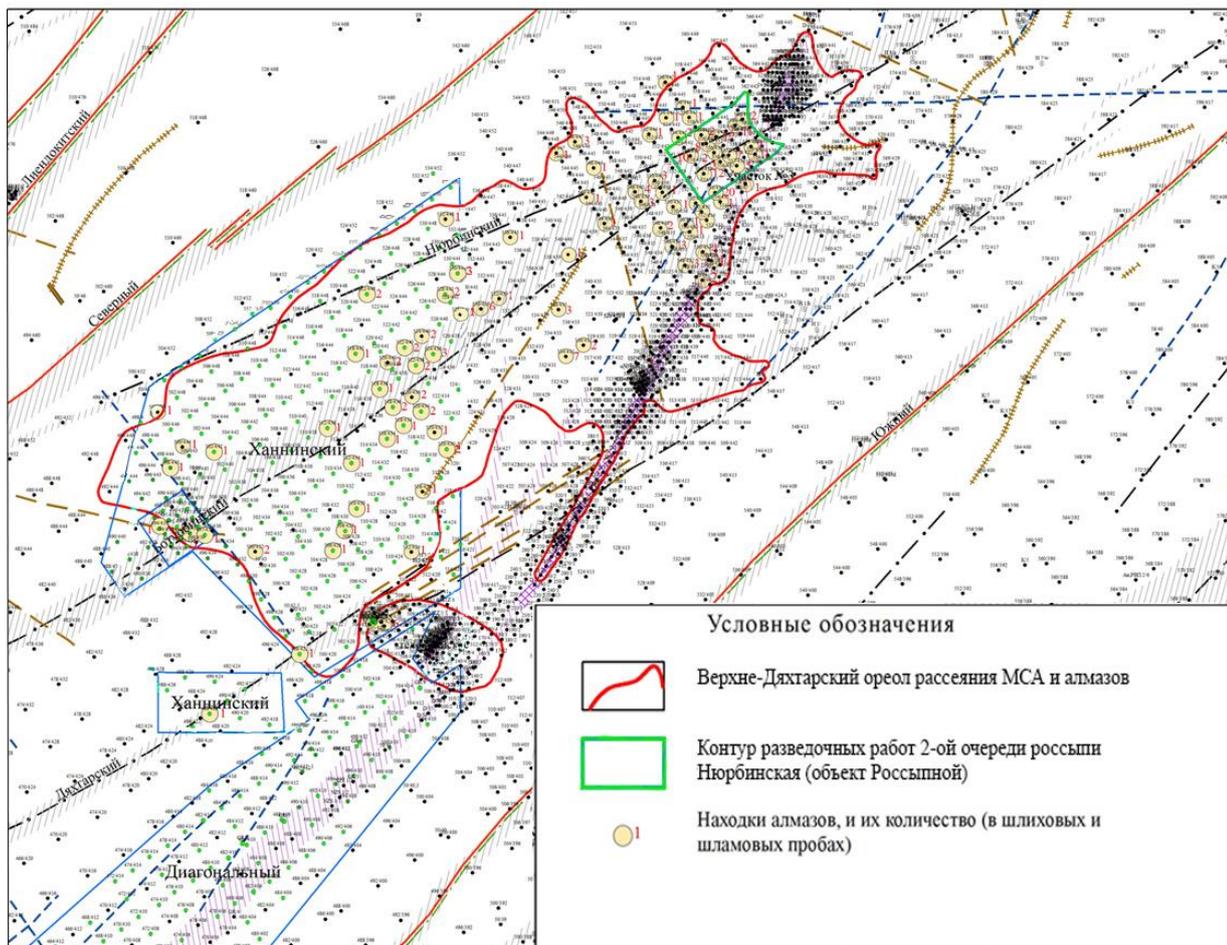


Рис. 2.6. Крупное россыпное проявление алмазов, включающее Нюрбинскую и другие россыпи (по данным поискового бурения Ботубинской ГРЭ).

**Нижняя залежь** месторождения локализована в отложениях дяхтарской толщи ( $J_1dh$ ) мощностью от 10 до 50 м, а **верхняя** – в базальной части укугутской свиты ( $J_1uk$ ) мощностью от 1,3 м до 15,5 м. Плотик россыпи сложен карбонатными и терригенно-карбонатными породами олдондинской свиты ( $O_{1o1}$ ) и развитыми на них образованиями кор выветривания средне-позднетриасового возраста ( $T_{2-3}$ ). Перекрывают алмазоносные залежи песчано-алевритистые отложения укугутской свиты, морские осадочные образования тюнгской и сунтарской свит нижней юры, современные суглинки и супеси суммарной мощностью 60–80 м.

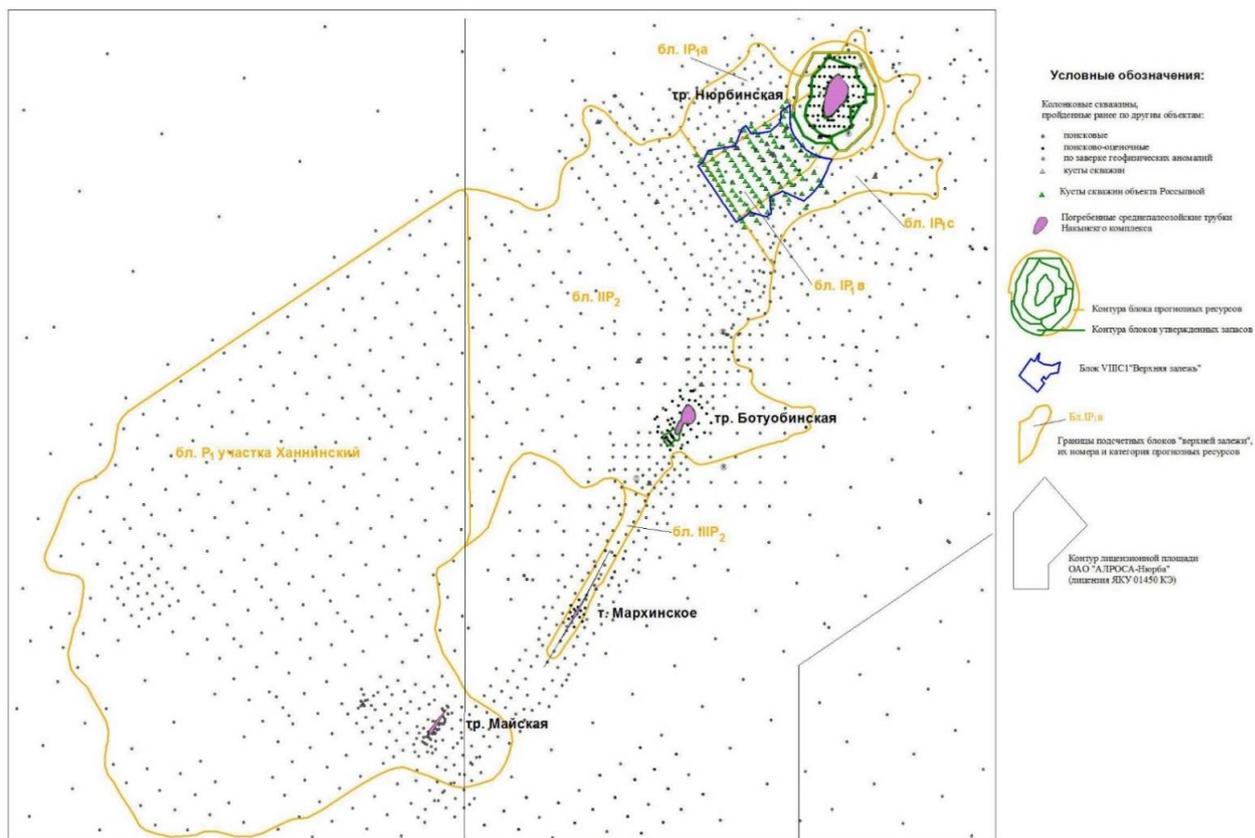
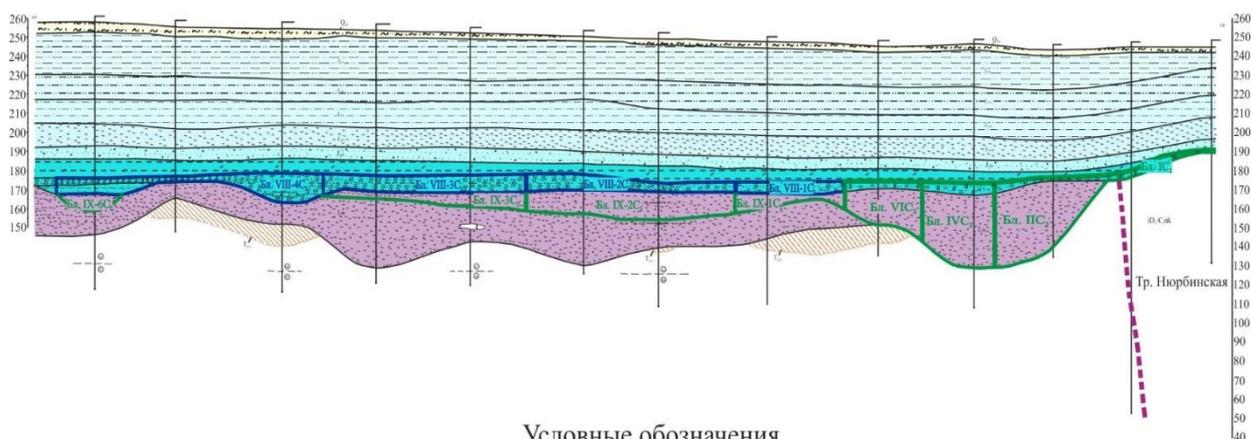


Рис. 2.7. Схема блокировки «верхней залежи» россыпи Нюрбинская

*Продуктивные отложения дяхтарской толщи*, представляющие **нижнюю залежь** россыпи Нюрбинская, выполняют карстовые и эрозионно-карстовые формы, плащеобразным чехлом перекрывают склоны Дюлюнг-Дяхтарской депрессии. Мощность отложений крайне изменчива, от первых метров над кимберлитовыми телами и на склонах, до 40–60 м в пределах карстовых полостей. В их составе, в пределах изучаемого участка, преобладают делювиальные, пролювиально-озерные и озерные образования [55,56,57,58]. Коллювиальные отложения развиты локально, во впадинах эрозионно-карстового рельефа. Все они сложены, в основном, дезинтегрированными породами рудовмещающего комплекса, содержащими кимберлитовый материал. Четкие границы между литотипами алмазоносных пород дяхтарской толщи отсутствуют.



Условные обозначения



Рис. 2.8. Продольный разрез 1 ой и 2-ой очереди россыпи Нюрбинская.

1 – суглинок, 2 – песчаник алевритистый, 3 – алевропесчаник, 4 – алевролит песчанистый, 5 – алевролит, 6 – аргиллит, 7 – глины алевритистые, 8 – глины с щебнем, 9 – известняки, 10 – дресва, щебень, конгломераты, 11 – находки фауны, 12 – углефицированные растительные остатки, 13 – блоки подсчета запасов по категории С<sub>1</sub>, 14 – блоки подсчета запасов по категории С<sub>2</sub>, 15 – граница блоков подсчета запасов по категории С<sub>1</sub>, 16 – граница блоков подсчета запасов по категории С<sub>2</sub>, 17 – контур кимберлитовой трубки Нюрбинская.

**Продуктивные отложения укугутской свиты.** Пролювиальные отложения укугутской свиты вмещают **верхнюю залежь** россыпи Нюрбинская, выполняют плохо выраженную в погребенном рельефе Дюлюнг-Дяхтарскую депрессию с юго-западным направлением переноса обломочного материала, перекрывают алмазоносные отложения дяхтарской толщи. По своим морфогенетическим особенностям депрессия представляет собой коррозивно-эрозионную форму карстового рельефа,

сформированную в дяхтарское время. Карст не оказывал прямого воздействия на формирование пролювиальных отложений, породы дяхтарской толщи препятствовали дальнейшему его развитию. Главную роль в накоплении осадков играла эрозионная деятельность. Продуктивный пласт верхней залежи, облекая неровности, раннекугутского рельефа, имеет плащевидный характер [13,14].

Основной объём залежи слагают мелкогалечные конгломераты, гравелиты со значительным количеством щебня и дресвы, характеризующиеся исключительно плохой промытостью и окатанностью обломочного материала, представленного местными породами.

Кроме конгломератов продуктивный пласт сложен отложениями смешанного состава: песчаниками и алевролитами с примесью гравия, гальки, дресвы и щебня.

Образование россыпей связано с рядом благоприятных факторов:

1. Источниками питания россыпей являются близлежащие высокоалмазные кимберлитовые трубки и тела Накынского поля.

2. Структурно-тектоническая перестройка рассматриваемой площади в позднем палеозое обусловила заложение Тунгусской и Вилюйской синеклиз, что благоприятствовало развитию мощных кор выветривания на рубеже верхнего триаса – нижней юры. Этому способствовал тёплый и жаркий влажный климат, способствующий глубокому развитию химического выветривания [24,68].

3. Формирование кор выветривания сопровождалось широким развитием эрозионно-карстовых процессов: на карбонатных породах плотика (неустойчивых в экзогенных условиях терригенно-карбонатных породах нижнего палеозоя) формировались эрозионно-суффозионно-карстовые западины и депрессии [16,17,18].

4. Большинство кимберлитовых тел приурочено к реликтам возвышенностей древней поверхности выравнивания, что способствовало

образованию россыпей ближнего сноса. Разрушенный материал отлагался в близлежащих эрозионно-карстовых депрессиях.

5. Наличие сближенных разноориентированных зон разломов, а также наличие зон дробления в экзоконтактах трубок, связанных с внедрением кимберлитов.

Наиболее оптимально эти факторы сложились для россыпи сопровождающую трубку Нюрбинская. Во-первых, трубка Нюрбинская самое крупное и высокоамазоносное из известных на сегодняшний день кимберлитовое тело Накынское поля. Поверхность трубки хорошо выражена в палеорельефе, она образует локальную возвышенность, с абсолютными отметками +185–190 м. Кимберлитовая трубка подвергалась длительному размыву (на протяжении дяхтарского и всего укугутского времени) и была погребена юрскими морскими отложениями лишь в тюнгское время [25].

Трубка Нюрбинская расположена в узле пересечения Диагонального рудовмещающего нарушения с Ботуобинским разломом, являющимся одной из ветвей Вилуйско-Мархинской зоны глубинных разломов. Дислокации Ботуобинского разлома сформировали грабеноподобную структуру шириной более 200 м, ограниченную зонами повышенной трещиноватости, дробления и перетирания пород, наклоненными под углами  $70 - 85^\circ$  по направлению друг к другу (аз. пад.  $325^\circ$  и аз. пад.  $145^\circ$ , соответственно).

Мощность нарушений, ограничивающих грабен, несколько отличается на разных горизонтах, достигая 10-ти и более метров. Амплитуда сбросов по границам грабена составляет нескольких метров. Кроме того, внутреннее строение грабена и его крыльев осложняют множественные мелкие нарушения и крупные сколовые трещины со сбросовыми смещениями с амплитудами от первых сантиметров до десятков сантиметров.

Именно грабен, связанный с Ботуобинским разломом, послужил осевой частью Дюлюнг –Дяхтарской палеодепрессии, он же и контролирует наиболее богатую часть россыпи.

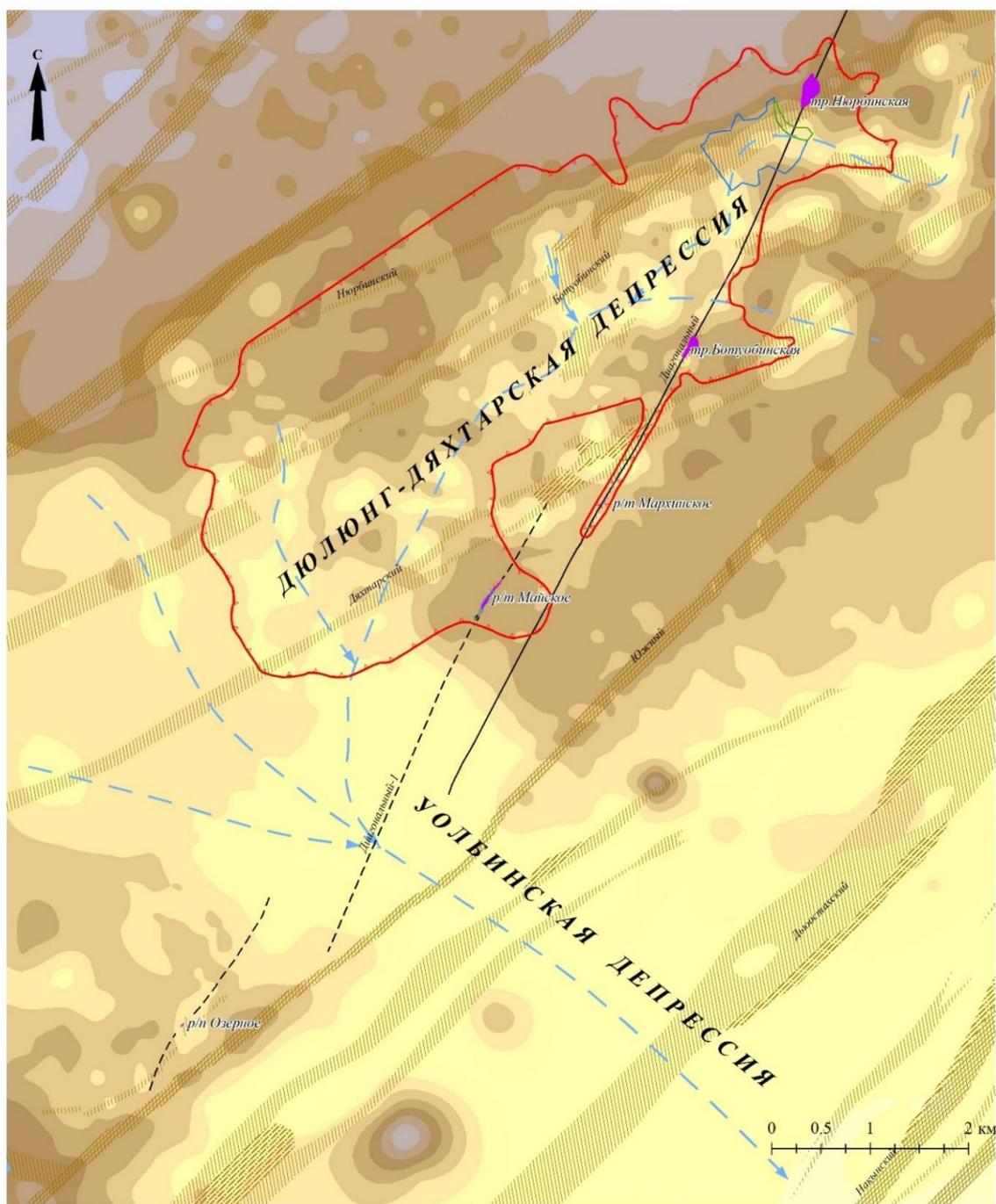


Рис. 2.9. Реконструкция раннемезойского рельефа кимберлитовмещающего карбонатного цоколя Накынского кимберлитового поля.

Условные обозначения к рисунку 2.9:

1 – Известные кимберлитовые тела Накынского кимберлитового поля, 2,3 – Рудовмещающие нарушения и их названия, 4 – Тектонические нарушения по данным сейсморазведочных работ, выраженные в волновом поле в виде зон потери корреляции (со смещениями и без), уверенно трассируемые по площади, залеченные дайками долеритов, 5 – Тектонические нарушения по данным сейсморазведочных работ, выраженные в волновом поле в виде зон потери корреляции (со смещениями и без) уверенно трассируемые по площади, фрагментарно залеченные дайками долеритов, 6 – Контур крупного россыпного проявления алмазов, включающее Нюрбинскую и другие россыпи, 7 – Контур блока VIII C<sub>1</sub> погребенной россыпи "Нюрбинская"(верхняя залежь, J<sub>1</sub>uk), 8 – Контур запасов россыпи Майская, 9 – Реконструированные палеоводотоки.

Уклон продольного профиля осевой части Дюлюнг –Дяхтарской палеодепрессии (в пределах 2-ой и 3-ей очереди россыпи Нюрбинская) в дяхтарское время составлял 0,2 м/км, а в раннеукугутское время 0,2 м/км.

Уклон реконструирован в пределах контуров развития алмазоносных отложений (2ой и 3-ей очереди россыпи Нюрбинская) методом реперных (опорных) поверхностей, разработанный В.А. Котлуковым [46]. В его основе лежит положение, что слагающие опорный горизонт осадки формировались на близких палеогипсометрических отметках и имели первоначально горизонтальное залегание. В этом случае расстояние по вертикали от кровли (либо подошвы) реперного горизонта будет являться, с одной стороны, мощностью перекрывающих рельеф осадков, с другой стороны – гипсометрической отметкой этой палеоповерхности. В пределах рассматриваемой территории в качестве маркирующего горизонта была использована нижняя пачка сунтарской свиты (кровля тюнгской свиты), сформировавшаяся в период максимальной трансгрессии бассейна, затоплявшего юго-восточный склон Анабарской антеклизы.

Для россыпей, сопровождающих трубку Ботубинская и дайкообразное тело Майское эти факторы сложились менее благоприятно:

- оба тела также отличаются высокой алмазоносностью, но они намного мельче трубки Нюрбинской;
- хотя тела и расположены на локальных поднятиях погребенного рельефа, но они намного ранее трубки Нюрбинской были выведены из сферы денудации и погребены под толщей юрских осадков;
- оба тела характеризуются более простым структурно-тектоническим, основным нарушением которых является рудовмещающий Диагональный и субпараллельный ему Диагональный-2 разломы.

Можно сформулировать следующие основные отличия в строении разломных узлов, вмещающих трубки Нюрбинская и Ботуобинская, которые определили отличия в размерах кимберлитовых тел:

1. Различный масштаб структур, образующих узел: в случае трубки Нюрбинской – это пересечение как минимум трех разломов протяженностью в десятки километров (Ботуобинский, Диагональный и, возможно, Широтный) и одного значительно меньшей длины, в случае – трубки Ботуобинской – пересечение Диагонального разлома с разломами, протяженность которых, по-видимому, не превышает первых километров.

2. Отсутствие в строении узла на участке трубки Ботуобинская разлома северо-восточного направления (типа Ботуобинского разлома) [92].

Вследствие этого мы наблюдаем то что, россыпь, сопровождающая тр. Ботуобинская локализована в делювиальных, делювиально-пролювиальных, делювиально-коллювиальных образованиях дяхтарской толщи и в пролювиально-аллювиальных отложениях укугутской свиты (Рис. 2.10). При этом более 90% запасов месторождения сосредоточено в воронке эрозионно-карстового генезиса, осложняющей породы плотика у южного фланга кимберлитового тела.

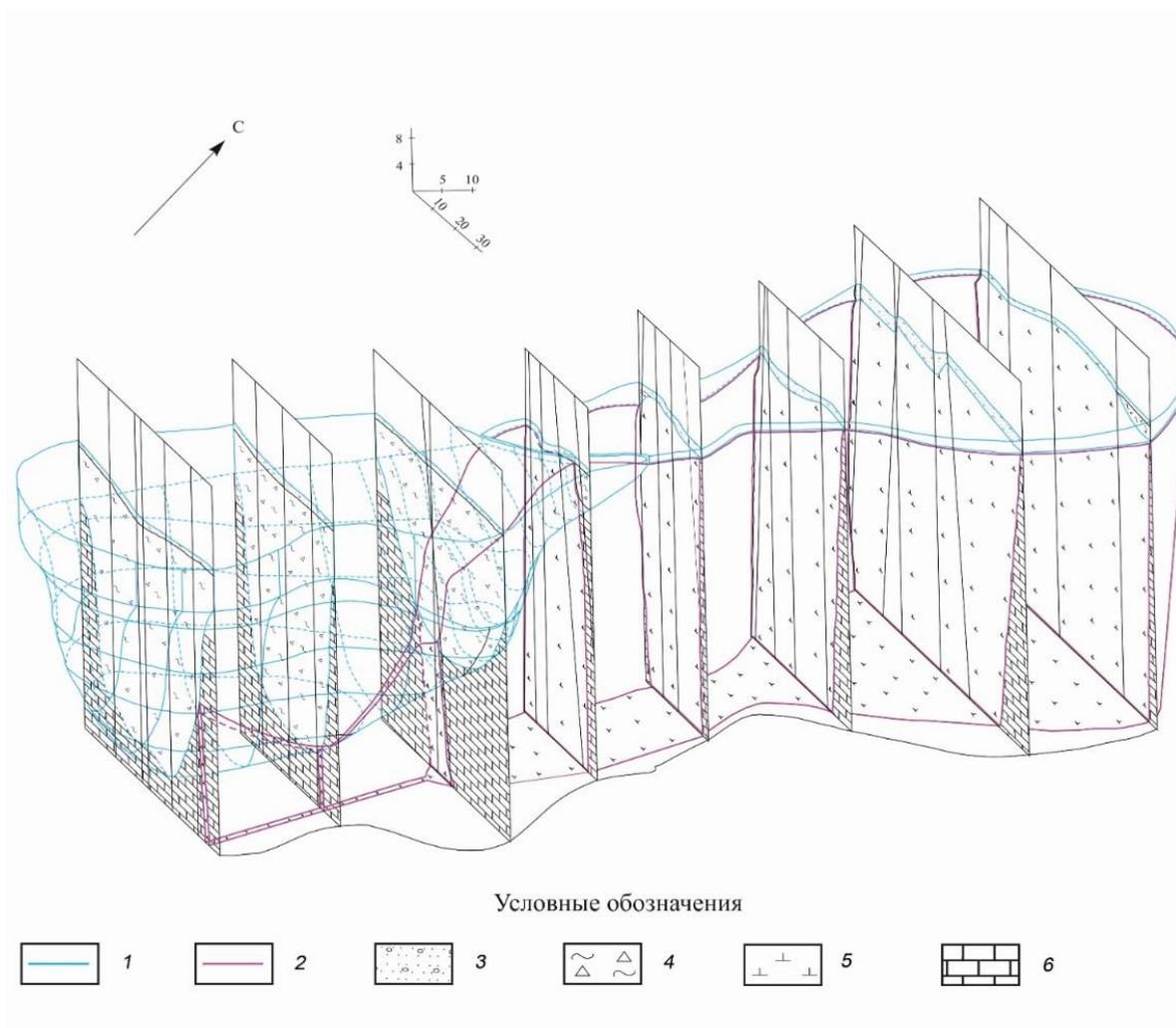


Рис. 2.10. Блок-диаграмма россыпи, связанной с тр. Ботубинская

1 – границы продуктивных пластов россыпи, 2 – границы кимберлитового тела, 3 – отложения  $J_1uk$ , 4 – отложения  $J_1dh$ , 5 – кимберлиты, 6 – вмещающие породы.

**Россыпь, сопровождающая коренное месторождение «Майское»,** выделена в пределах кимберлитового тела «Майское» (как над ним, так и околорудном его пространстве) смешанного состава, сложена мезозойскими осадочными породами укугутской свиты ( $J_1uk$ ) и элювиально – делювиальными образованиями дяhtarской толщи ( $J_1dh$ ).

В плане погребённая россыпь «Майская» имеет линзовидную, чёткообразную форму, вытянута в СВ. направлении вдоль рудного тела, повторяя его контур (с размерами прод. пласта длиной 353 м при ширине от 15 м до 44 м). (Рис. 2.11).

Пластообразный пласт имеет сложное строение, отличается неравномерной мощностью от 2,5 м до 12,2 м и невыдержанным распределением содержаний алмазов (0,00 – 9,99 кар/т по кл. +0,5мм); смешанного состава, представлен мезозойскими осадочными породами укугутской свиты ( $J_{1uk}$ ) и элювиально – делювиальными образованиями дяхтарской толщи ( $J_{1dh}$ );

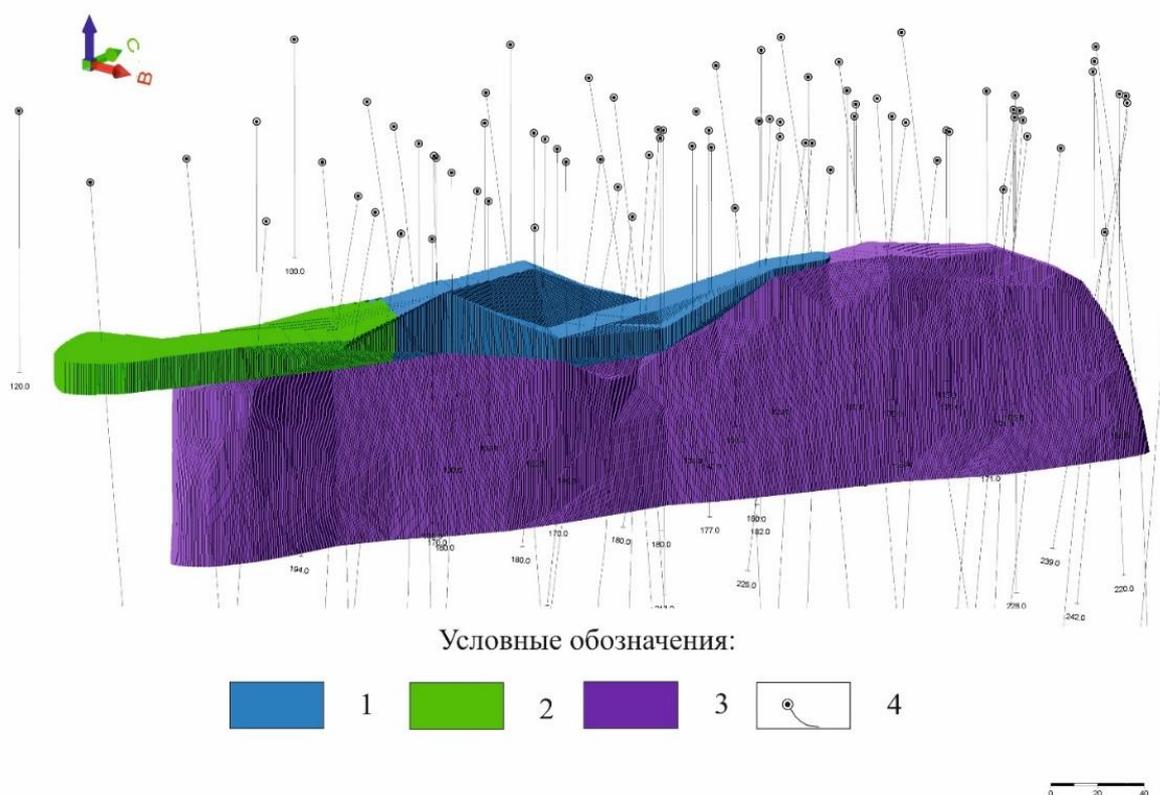


Рис. 2.11. Блочная модель россыпи, связанной с дайкообразным телом Майским

1 – блок  $IpC_2-2$ , 2 – блок  $IpC_2-1$ , 3 – кимберлитовое тело, 4 – устья и траектории разведочных скважин.

Кимберлитовое тело Мархинское представляет собой субвертикальную дайку. В плане – линейно-вытянутое в северо-восточном (СВ 29°) направлении дайкообразно-линзовидное тело, прерывистое (скв. М-1, 2, 20, 24 кимберлиты не вскрыли), с раздувами и пережимами, местами расщеплённое вмещающими породами. Характерна незначительная мощность рудного тела в горизонтальном сечении (от 1-2м на флангах до 15м в средней части). На СЗ фланге рудопроявления прослежен контакт кимберлитовой дайки и траппов Дяхтарского разлома, вскрытый скважиной М-22 на глубине 215м (абс.отм..+38,2м). Рудное тело прослежено наклонными скважинами на протяжении **около 2000 метров**.

Средняя абсолютная отметка кровли составила (+153,2м).

Рудное тело сложено преимущественно кимберлитовой брекчией с незначительным содержанием в ней кимберлитового материала, кроме того, в верхней части отмечались обломки мелкопорфирового кимберлита, подобные таковым с трубки «Ботубинской», что свидетельствует о двух фазах формирования тела. Порфировые кимберлиты отмечены на флангах рудного тела, в центре – на средних горизонтах, зачастую в краевых частях тела. По сравнению с другими кимберлитовыми телами района содержание алмазов в Мархинском теле невысокие, среднее содержание алмазов в кимберлитах по классу (+0,5мм) составляет **0,73кар/т**.

Вмещающая толща представлена терригенно-карбонатными породами олдондинской (ордовикская система) и мархинской (кембрийская система) свит нижнего палеозоя.

Россыпь сопровождающее кимберлитовое тело Мархинское оценена по категории Р<sub>2</sub> по редким (единичным) находкам алмазов в шлиховых и керновых пробах продуктивных горизонтов с учётом литолого-фациальных и минералогических критериев. В контур россыпи включались пробы не только содержащие алмазы, но и пробы с повышенными (10 и более знаков на пробу объёмом 10 л). Основной объём песков россыпи локализован в

узкой грабенообразной долине, контролируемой дислокациями Диагонального нарушения [41,42].

Дайка Мархинская, как и россыпь ее сопровождающая требуют дальнейшего доизучения.

Таким образом, особенности локализации, внутреннего строения, изменения гранулометрических, кристаллографических и весовых параметров алмазов в разведанной части погребенной россыпи Нюрбинская показывают, что основным коренным источником алмазов являлась кимберлитовая трубка Нюрбинская при подчиненной роли Ботубинской трубки и Майского тела.

### **2.3. Перспективы коренной алмазоносности в оцененной части погребенной россыпи Нюрбинская**

Площадь Верхне-Дяхтарского ореола рассеяния ИМК и алмазов является высокоперспективной на открытие новых кимберлитовых тел. Сложность поисковых работ в пределах данного ореола заключается в высокой концентрации ИМК и алмазов, которые создают крупное россыпепроявление. Высокая степень опоскованности этого ореола позволяет прогнозировать лишь мелкие тела кимберлитов, по своим параметрам сопоставимые с Майским месторождением. Открытие которого является ярким примером высокой эффективности применения шлихоминералогического метода поисков глубокопогребённых месторождений алмазов [10,21,23,50].

Шлихоминералогическая аномалия, была выделена по результатам работ по объекту Ханнинский в 2004 году (скв. 508/412, 508/420) по наличию высокохромистых пиропов ( $> 12\% Cr_2O_3$ ), отличных по составу от изученных в трубках Ботубинская и Нюрбинская [105]. Проведенные заверочные работы данной аномалии в рамках Нижне-Накынского объекта только усилили полученные ранее результаты. Практически во всех заверочных

скважинах, пройденных по сети 200x200м в базальном горизонте укугутской свиты обнаружены зерна пиропов и хромшпинели нулевого и первого класса сохранности. В скважине 506/420 в базальном слое укугутской свиты отмечены также 4 кристалла алмаза. Затем (4 квартал 2005г, 1 квартал 2006 года), была проведена детализация аномалии путем сгущения имеющейся сети 200x200м до 100x100м на локальном участке, а также заверены две аномалии гравитационного поля ГР-1 и ГР-2. В скважине ГР-1 в интервале 67,2-68,2 найден один алмаз и пиропы хорошей сохранности 1 и 2 класса в песчаниках  $J_{1uk}$ . В скважине ГР-2 в конгломератах и алевролитах  $J_{1uk}$  пиропы 1 и 2 класса сохранности больше 50 знаков в классе крупности -0,5 – +1 мм.

По результатам проведения детальных поисковых работ по объекту Промышленный-2 (4 квартал 2005 года) на участке, примыкающем к шлихоминералогической аномалии во многих скважинах, пройденных по сети 100 x100м (линии 100-190), в базальном горизонте укугутской свиты найдены зерна пиропов и хромшпинели (ИМК) нулевого, первого и второго класса сохранности. Особого внимания заслуживают находки обломков кимберлита в следующих скважинах (скв. 160/6, 160/7 и 190/5). Причем обломки кимберлита находились не непосредственно в базальном горизонте укугутской свиты, а чуть выше, что указывает на снос с более возвышенного участка.

Высококонтрастный ореол с алмаз-хромшпинель-пироповой ассоциацией ИМК был локализован. Наличие алмазов, а также повышенное (до 12 %), содержания в ореоле пиропов, отвечающих по составу твердому раствору альмандин 10-13 % – кноррингит 10-20 % – уваровит 16-33 % – пироп 40-58 %, – дало основание предположить о существовании в его пределах неизвестного алмазоносного кимберлитового тела, содержащего повышенное количество высокохромистых, высококальциевых уваровит-пиропов.

Решением НТС БГРЭ от 16 марта 2006г. (протокол № 16) на основании находок обломков кимберлита в скважинах 160/6, 160/7, 190/5 (объект Промышленный-2), утверждено провести детализацию в районе шлихоминералогической аномалии путем сгущения имеющейся сети 200х200 м до 100х100 м на локальном участке, пробуравив 35 скважин с углубкой в породы нижнего палеозоя на 30,0 м с комплексом ГИС и опробования. Объем бурения 3500 п.м.

Решением заседания геолого-обогажительной секции ТЭС АК «АЛРОСА» от 26 апреля 2006г. (протокол № 21/07) на основании протокола № 22 и 24 НТС БГРЭ от 17.04.2006г. и 19.04.2006г. утвердили провести детализацию по заверке центральной части шлихоминералогической аномалии в пределах горного отвода «АЛРОСА-Нюрба» и площади Нижне-Накынской лицензии путем сгущения имеющейся сети скважин КБ 200х200 м до 100х100 м, пробуравив 18 скважин с ГИС и опробования с углубкой в породы нижнего палеозоя на 30 м. Объем бурения 1800 п.м.

В ходе детальных работ на данном участке отбурено 14 скважин общим объемом 1527 п.м. Результатом заверки шлихоминералогической аномалии является открытие нового кимберлитового тела 509/416 (Майское), вскрытого в мае 2006 года одноименной скважиной на глубине 90,8 метра.

В настоящее время в пределах контура высоконтрастного Верхне-Дяхтарского ореола (совпадающего с контуром подсчета прогнозных ресурсов единой россыпи Нюрбинская) ведутся активные поисковые и оценочные работы, реализована сеть поискового бурения 200\*100м, участками 100\*100м. На площади оценки III-ей очереди реализована сеть оценочных кустов скважин 200\*100 м, а на участке детализации 50\*50м [107]. Также Ботубинской ГРЭ начаты работы по оценке 4-ой и 5-ой очереди россыпи Нюрбинская. В результате этих работ сеть колонковых скважин будет доведена до 100\*100м. Результаты предварительной оценки III-ей очереди сводятся к следующему:

1. Теряется сплошность верхней и нижней залежи, вследствие чего залежи были объединены в единую, по которой был произведен оперативный подсчет запасов алмазов по категории  $C_2$ ;

2. Прирост запасов промышленных категорий составил более 6 млн. карат;

3. По мере удаления от трубки Нюрбинская наблюдается резкое снижение алмазоносности продуктивных отложений;

4. Средние содержания алмазов последовательно падают от участка II-ой очереди (2,43кар/т) к участку III-ей (0,52 кар/т) очереди. Общая тенденция к снижению содержаний до 1 кар/т и ниже отмечалась уже на последних линиях участка II-ой очереди (линии 555, 553).

5. Вместе с падением содержания менее отчетливо, но все же прослеживается тенденция уменьшения средней мощности продуктивного пласта. В целом, общая мощность пласта уменьшается с 8,3-15,1 м (уч. II-ой оч.) – до 12,5 м (уч. III-ей оч.);

6. Средняя масса алмазов с удалением от коренного источника постепенно растет: от 2,2-3,1 мг (россыпь в пределах карьера) до 3,3 мг (уч. II-ой оч.) – 4,11 мг (уч. III-ей оч.).

7. В пределах III-ей очереди россыпи (Участок 1: Л-536-538) и на северо-северо-западном фланге (Участок 2: Л-548 С-448-450) выделяются участки с локальными концентрациями алмазов, которые позволяют прогнозировать коренные кимберлитовые тела.

Участок 1 находится в 2,5 км юго-западнее трубки Нюрбинская, в пределах участка Западный, который был выделен при поисковых работах по объекту Промышленный-4 [96] по результатам исследования типоморфных особенностей ИМК. По результатам минералогического анализа и рентгеноспектральных исследований шлиховых и шламовых проб из отложений укугутской свиты и дяхтарской толщи в пределах поисковых линий 530/425-440 – 542/431-442 выделен ореол ИМК, характеризующийся

высокими содержаниями пиропов дунит-гарцбургитового парагенезиса (23,3-23,6%), значительно превышающими их содержание в трубке Нюрбинская (9,9%), и высокой долей гранатов алмазного парагенезиса. Здесь же отмечается высокая доля хромитов алмазной ассоциации (23,1% в отложениях дяhtarской толщи и 11,9% в отложениях укугутской свиты) и распространенность хромшпинелидов содержащих менее 11 мас.% MgO. Хромиты с таким уровнем содержания MgO практически отсутствуют в кимберлитах Накынского поля.

Практически одинаковые составы гранатов и хромитов из отложений укугутской свиты и дяhtarской толщи свидетельствует о постоянной подпитке ореола из одного и того же близко расположенного коренного источника. Также в пределах выделенного ореола отмечается высокая концентрация алмазов (до 28 кристаллов алмаза в шлиховых пробах из одиночных скважин, пройденных диаметром 132 мм) в отложениях укугутской свиты и дяhtarской толщи.

По результатам сейсморазведочных работ в пределах участка выделяется серия разломов, выраженная в волновом поле прерывистыми зонами потери корреляции. Простираение разломов имеет северо-восточную и северо-западную ориентировку.

Поисковыми работами по объекту Промышленный-5 и оценочными работами по объекту Россыпной-Б были усилены предпосылки открытия коренного тела на участке. В поисковых скважинах установлены многочисленные находки ИМК и алмазов. В кустах оценочных скважин в керновых пробах (оцениваемых только на алмазы) как в «верхней», так и в «нижней» залежи отмечаются локальные участки промышленных концентраций алмазов с содержаниями от 0,43 до 6,92 карат/м<sup>3</sup>.

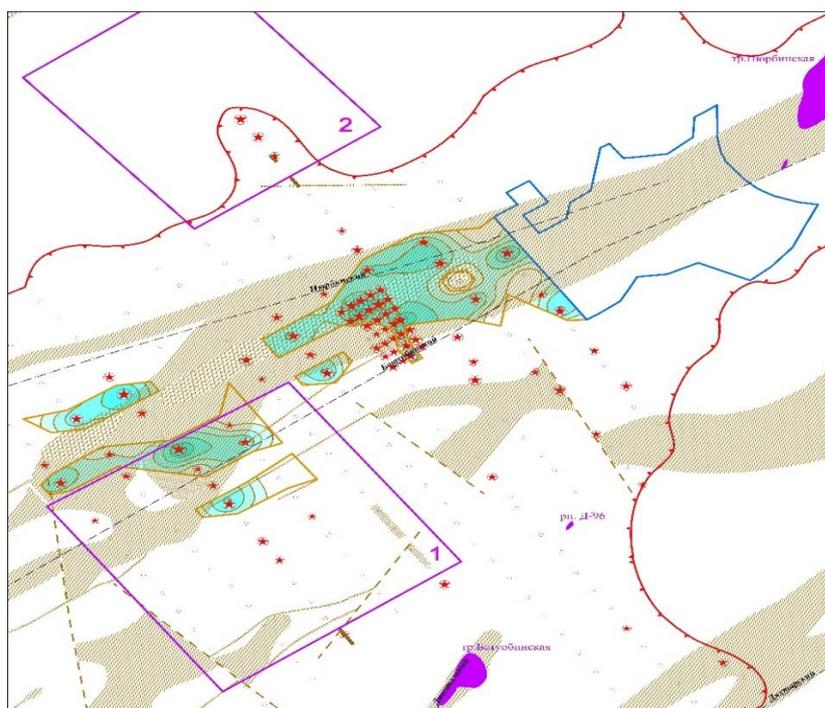


Рис. 2.12. Распределение алмазов верхней залежи 3-ей очереди россыпи Нурбинская

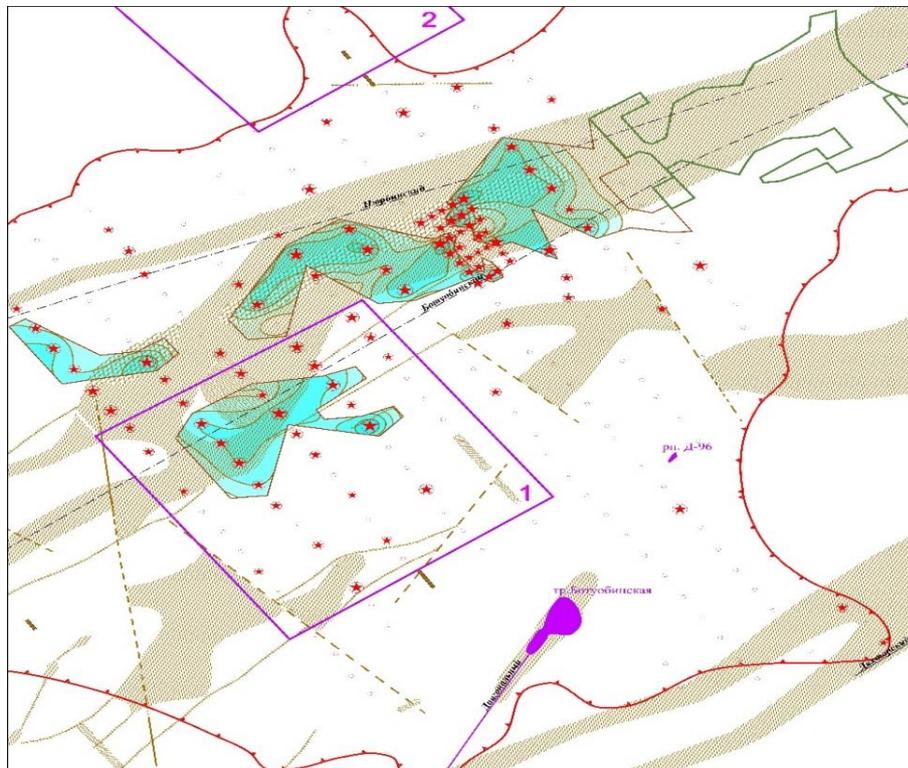


Рис. 2.13. Распределение алмазов нижней залежи 3-ей очереди россыпи Нурбинская. Условные обозначения к рисункам 2.12 и 2.13:

#### Основные разрывные нарушения:

-  - Разломы Виллойско-Мархинской зоны, фрагментарно залеченные дайками долеритов, не выходящие на уровень среза отложений PZ;
-  - Тектонические нарушения, трассируемые по площади предположительно по косвенным признакам;
-  - Тектонические нарушения, выраженные в волновом поле в виде отдельных разрывов отражающих горизонтов и структурных перегибов;
-  - Области нарушений волнового поля, корреляция которых по площади затруднена;
-  - Выраженные в волновом поле в виде зон потери корреляции (со смещениями и без), уверенно трассируемые по площади;
-  - Выраженные в волновом поле в виде зон потери корреляции (со смещениями и без), уверенно трассируемые по площади, фрагментарно залеченные дайками долеритов;
-  - Выраженные в волновом поле в виде зон потери корреляции (со смещениями и без), уверенно трассируемые по площади, приуроченные к зонам влияния основных разломов.

#### Алмазоносность:

Суммарный вес алмазов в скважине (одиночной) по результатам оценочных работ по объекту Россыпной-Б:

-  < 1 мг;
-  1-5 мг;
-  5-10 мг;
-  10-50 мг;
-  50-100 мг;
-  >100 мг.

Распределение суммарных весовых значений находок алмазов по объекту Россыпной-Б

-  < 1 мг;
-  1-5 мг;
-  5-10 мг;
-  10-50 мг;
-  50-100 мг;
-  > 100 мг.

#### Прочие обозначения:

-  - Погребенные среднепалеозойские кимберлитовые тела Накынского поля
-  - Скважины без алмазов
-  - Контур блока VIII C<sub>1</sub> погребенной россыпи "Нюрбинская"(верхняя залежь, J1uk)
-  - Контур блока IX C<sub>2</sub> погребенной россыпи "Нюрбинская"(нижняя залежь, J1dh)
-  - Контуров блоков подсчета запасов III очереди погребенной россыпи "Нюрбинская"
-  - Контуров перспективных на обнаружение кимберлитовых тел участков

Также, в лаборатории алмазов НИГП за период с 2004 по 2016 гг. были проведены исследования более 6000 алмазов из россыпи Нюрбинская

(объекты «Промышленный», «Промышленный-4», «Россыпной», «Россыпной-Б»). Основная масса кристаллов была изучена в рамках объектов «Россыпной» и «Россыпной-Б» (4688 шт.). Задачей исследований являлось определение минералогических и оптико-спектроскопических свойств алмазов из осадочных отложений Накынского кимберлитового поля, проведение сравнительного анализа новых данных и наработанных ранее сведений по параметрам алмазов, сопоставление алмазов из россыпи с кимберлитовыми телами поля. Обобщение всех полученных данных показало, что в среднем алмазы из россыпи Нюрбинская ближе всего к трубке Нюрбинская, чем к какому-либо другому коренному источнику алмазов Накынского поля. Однако для алмазов из различных участков россыпи были выделены свои характерные особенности, а также были отмечены некоторые изменения их свойств в плане. В частности, в пределах участков россыпи второй и третьей очереди наблюдается увеличение содержания кристаллов переходных форм, камней с желто-зеленой фотолюминесценцией, доли алмазов со скульптурами травления, понижения усредненного содержания азота и его агрегации.

При сопоставлении алмазов в плане по линиям было установлено, что изменения в содержании переходных форм алмазов фиксируются, начиная с линии 542 и далее на юго-запад, до линии 534. На этом же участке меняется гранулометрический состав алмазов, в сторону увеличения доли кристаллов класса  $-1+0,5$  мм. По данным ИК-спектроскопии на линии 542 отмечается возрастание содержания азота. Алмазы вблизи линии 538 по содержанию суммарного азота и степени его агрегации в среднем наиболее близки к кристаллам из трубки Ботубинская. С линии 538 до линии 534 наблюдается постепенное повышение усредненного содержания азота и его агрегации.

Дополнительный анализ оптико-спектроскопических и морфологических характеристик кристаллов позволил выделить 12 наиболее контрастных по свойствам алмазов скважин (542/441, 540/435, 540/439,

538/436, 538/437, 538/438, 538/439, 536/430, 536/437, 536/440, 536/441, 534/440). Все они попадают в зоны, перспективные на выявление неизвестных кимберлитовых тел, выделенные на карте алмазности участка Западный, которая была составлена геологами Ботуобинской ГРЭ.

Участок 2 находится на северо-северо-западном фланге россыпи, в 1,8 км западнее трубки Нюрбинская. Апофиз ореола рассеяния ИМК расположенный в пределах поисковой линии 548 был выделен еще работами по объекту Промышленный. Так в скважинах 451 и 450 в шлиховых пробах из базального горизонта укугутской свиты и верхней пачки дяхтарской толщи обнаружены многочисленные ИМК хромшпинель-пироповой ассоциации. ИМК гипергенные, реже первого и второго класса сохранности.

В кусте 548/449 в керновой пробе из подошвы укугутской свиты при обогащении обнаружено 4 кристалла алмаза, а в керновой пробе из дяхтарской толщи обнаружен 1 кристалл. В результате работ по объекту Россыпной Б в кустах оценочных скважин 548/450, 548/449 и 548/448 в керновых пробах из подошвы укугутской свиты обнаружено 17, 2 и 3 кристалла алмаза соответственно. На участке реализована сеть поисковых и оценочных скважин 200\*200 и 200\*100м. Для локализации ореола ИМК и подсечения кимберлитового тела необходимо сеть поисковых скважин с комплексом ГИС и опробования сгустить до 100\*100м. Возможно эти работы будут проведены в рамках дополнения к проекту Промышленный-5.

Таким образом, благоприятные поисковые признаки (разновозрастные продуктивные залежи с аномальными концентрациями алмазов на локальных участках россыпи Нюрбинская, рудоконтролирующие нарушения и околорудная гидротермальная минерализация) свидетельствуют о наличии в западной части Средне-Мархинского алмазносного района новых кимберлитовых тел типа Майского месторождения.

### **3. ОСОБЕННОСТИ РАЗВЕДКИ ПОГРЕБЕННЫХ РОССЫПЕЙ АЛМАЗОВ СРЕДНЕ-МАРХИНСКОГО РАЙОНА**

В России известно около 50 россыпей, содержащих повышенные концентрации алмазов, из которых разведаны и учтены Государственным балансом РФ более 30. Поиски, разведка и разработка россыпей алмазов активно ведутся в Западной Якутии и на Урале. И хотя, основу отечественной минерально-сырьевой базы алмазов составляют коренные месторождения, добыча из россыпей ежегодно растет [11,12,49,69].

Практически все крупные россыпи алмазов расположены в северной части Сибирской платформы на территории Республики Саха (Якутия). К настоящему времени здесь разведано более двух десятков уникальных, крупных и средних россыпей, суммарные запасы и ресурсы кат. P<sub>1</sub> которых превышают 100 млн. карат [19,20,51,52]. Основные обрабатываемые россыпи крупные, с запасами алмазов от 20 до 3-5 млн. кар. Россыпи преимущественно аллювиальные, долинного, реже руслового и ложкового типов. В непосредственной близости от промышленных коренных месторождений установлены элювиально-делювиальные россыпи и россыпи смешанного типа (делювиально-пролювиальные, делювиально-аллювиально-пролювиальные, пролювиально-озерные). Россыпи характеризуются высоким (более 1 кар/м<sup>3</sup>) и средним (0,5-1 кар/м<sup>3</sup>) содержанием алмазов и, в основном, средней (10-30 мг) крупностью кристаллов [60,61].

Общеизвестно, что при разведке россыпных месторождений главной задачей является наработка представительных объемов разведочных проб с целью корректного определения содержания алмазов в песках, а также наработки партий алмазов, достаточных для их стоимостной оценки [51,52,63,66,67,75]. Эти задачи ранее решались проходкой разведочных шурфов глубиной от 1 до 20 метров и соответствующей наработкой валовых проб, объемы которых исчислялись сотнями и тысячами кубометров. Однако

при решении задачи разведки погребенных россыпей, залегающих на глубине от 30 до 100 метров (Солур, Восточная, Нюрбинская и другие), с которыми Ботуобинская экспедиция столкнулась в 2000-2010 гг. выявилась высокая стоимость подземных горных работ при их низкой эффективности. Помимо этого, возникали проблемы обеспечения надлежащего качества горноопробовательских работ в вертикальных и наклонных выработках, проходимых вкрест простирающихся пластов (гезенки и восстающие). По вполне понятным причинам разведка подобных россыпей горными работами и, тем более, их последующая отработка открытым способом будет заведомо неэффективной, вследствие чего россыпи находятся в резерве или числятся забалансовыми [9].

Имеющийся кроме этого в ходе разведки россыпи Солур опыт применения ударно-канатного бурения был скорее негативным, потому что при подобном способе проходки невозможно было обеспечить высокое качество работ, при которых возникает сложность привязки полученных результатов к конкретным продуктивным интервалам вследствие того, что алмазонасность «размазывается» по довольно большому интервалу проходки скважин, показывая недостоверность полученных результатов.

Являясь фрагментами крупного россыпного проявления алмазов, россыпи Нюрбинская, Ботуобинская и Майская имеют сходное геологическое строение, обусловленное сходством условий формирования алмазонасных залежей и близостью вещественного состава слагающих продуктивный пласт осадочных образований. Продуктивный пласт россыпей сложен породами укугутской свиты и дяхтарской толщи. Первые сведения о параметрах алмазонасности осадочных отложений, позволившие сформулировать вывод о возможности оценки алмазонасных россыпей керновыми пробами малого объема, получены по данным поисковых и разведочных работ на кимберлитовых трубках Ботуобинская и Нюрбинская на основе обогащения керновых проб из скважин диаметром 112 мм.

Первая очередь россыпи Нюрбинская и россыпь Ботубинская были впервые разведаны в 1996-2001 гг. При разведке месторождений была применена буровая система. Надконтурная часть россыпи над трубкой вскрывалась разведочными скважинами колонкового бурения диаметра 112 мм (диаметр керна – 88-90 мм) по сети близкой к прямоугольной. Плотность сети составила 80x40 м с меридионально-широтной ориентировкой профилей. При этом вес частных керновых проб изменялся от 4,3 кг до 119 кг и составил в среднем 42.5 кг. При постановке на баланс ГКЗ рекомендовала совместить отработку россыпи с проведением опережающей эксплуатационной разведки с целью уточнения контуров россыпи, особенностей распределения алмазов и изучением технологических свойств песков.

Методика эксплуатационной разведки россыпи заключалась в проходке колонковых скважин и их кустов диаметром 151 мм (диаметр керна – 128-130 мм), по сети 80x40 м со сгущением до 40x20 м. Буровая сеть по сравнению с детальной разведкой в большей части россыпи сгущалась в 4 раза [113].

В 2007-2010 гг. Ботубинской ГРЭ проведена разведка второй очереди разрабатываемого месторождения погребённой россыпи Нюрбинская за пределами разведанных запасов в контурах блоков I-P<sub>1</sub> и IV-P<sub>1</sub> (участок №3, целиковая часть, за пределами контура разноса карьера Нюрбинский), при которой в целиковой части погребенной россыпи Нюрбинская, за пределами карьерного поля (участок №3), была применена сеть кустовых скважин (в кусте по 3-5 скважин диаметра 151 мм) 100x50 м. [95]. Россыпь, сопровождающая коренное месторождение Майское, также разведывалась скважинами колонкового бурения увеличенного диаметра (до 151 мм), пройденными по сети 100x50м. в 2007-2010 гг. [106].

Разведка второй очереди россыпи Нюрбинская проведена на основе данных колонкового бурения и обогащения проб из керна скважин. Подобное характерно для методики разведки коренных месторождений

алмазов. В практике разведки россыпных месторождений алмазов данные колонкового бурения обычно учитываются лишь для определения пространственных параметров алмазоносных залежей при установленном литологическом контроле алмазоносности. Связано это в первую очередь с невыдержанным распределением алмазов в россыпных коллекторах, повышенным средним весом кристаллов, обусловленным их сортировкой, и, как следствие, снижением количества кристаллов в единице объема «песков». Последнее неизбежно приводит к увеличению объема минимально-представительной пробы и к увеличению суммарного объема опробования [80].

В россыпях ближнего сноса влияние перечисленных факторов, обусловленное, прежде всего динамикой среды осадконакопления и дальностью переноса алмазного материала, снижается [53,54,69,70,71,90]. Ситовая характеристика алмазов в «песках» приближается к таковой для алмазов из коренных месторождений.

Высокие содержания алмазов и практически полное отсутствие их сортировки на участке второй очереди россыпи Нюрбинской дали возможность оценки и подсчета запасов на основе данных кернового (малообъемного) опробования кустов (группы из трех-пяти сближенных скважин) по сети 100x50 м.

### **3.1. Методика разведки первой очереди россыпи Нюрбинская и россыпи Ботуобинская**

Первая очередь россыпи Нюрбинская и россыпь Ботуобинская были впервые разведаны в 1996-2001 гг. в рамках разведки коренных месторождений трубок Ботуобинская и Нюрбинская.

Методика разведки коренных месторождений алмазов, основанная на фиксации алмазов мелких гранулометрических классов в керновых пробах малого объема, с последующим введением коэффициентов на

недоизвлеченные крупные кристаллы при определении средних содержаний, давно и успешно применяется на практике [104]. Разрабатываются и теоретические основы применения проб малого объема при разведке таких месторождений [51,52,62,75]. В практике разведки россыпных месторождений алмазов данные колонкового опробования обычно учитываются лишь для определения пространственных параметров алмазоносных залежей при установленном литологическом контроле алмазоносности. Связано это в первую очередь с невыдержанным, более неравномерным, чем в коренных источниках, распределением алмазов в россыпных коллекторах, повышенным средним весом кристаллов, обусловленным их сортировкой, и, как следствие, снижением количества кристаллов в единице объема песков. Последнее неизбежно приводит к увеличению объема минимально-представительной пробы и к увеличению суммарного объема опробования.

Возможность применения методики оценки и разведки алмазоносных 1-ой очереди россыпи Нюрбинская и россыпи Ботуобинская на основе данных кернового опробования базируется на особенностях литологического и фациального состава продуктивных осадков, обусловивших высокие содержания алмазов и практически полное отсутствие их сортировки при перемещении из кор выветривания коренных источников в осадочные коллекторы ближайшего сноса.

По среднему весу кристаллов и ситовой характеристике алмазов в целом (Табл. 3.1) россыпи Накынского кимберлитового поля близки к материнским коренным месторождениям (трубкам Нюрбинская и Ботуобинская).

В сравнении с известными россыпными месторождениями повышенное количество кристаллов алмаза в  $1\text{ м}^3$  песков обеспечило надежную фиксацию керновыми пробами кристаллов алмазов мелких (менее 2мм) гранулометрических классов, преобладающих в количественном отношении,

и возможность учета более крупных алмазов путем введения коэффициентов, рассчитанных по весовому соотношению кристаллов разных гранулометрических классов в коренном источнике.

Таблица 3.1

Сравнение оценочных показателей коренных и россыпных месторождений алмазов

№пп	Название месторождения	Оценочные параметры		
		Среднее содержание алмазов	Средний вес кристалла, мг	Количество кристаллов на единицу объема
1	трубка Мир (глуб. гор-та)	3,20	5,0	128 шт/т
2	трубка Интернациональная	8,95 кар/т	7,7	232,47 шт/т
3	трубка Айхал	5,69 кар/т	3,1	367,10 шт/т
4	трубка Нюрбинская	6,75 кар/т	2,51	536,96 шт/т
5	трубка Ботуобинская	7,82 кар/т	2,46	634,59 шт/т
6	россыпь Нюрбинская (1-я очередь)	3,37 кар/м <sup>3</sup>	3,1	217,42 шт/м <sup>3</sup>
7	россыпь Ботуобинская	1,60 кар/м <sup>3</sup>	2,4	133,67 шт/м <sup>3</sup>
8	россыпь Новинка	4,62 кар/м <sup>3</sup>	9,85	93,81 шт/м <sup>3</sup>
9	россыпь Водораздельные галечники (бл. XVI-B)	1,11 кар/м <sup>3</sup>	8,44	26,30 шт/м <sup>3</sup>
10	россыпь Верхний Биллях	0,83 кар/м <sup>3</sup>	12,42	15,44 шт/м <sup>3</sup>

Для оценки обеих россыпей использован весь объем информации, полученной по осадочным коллекторам в ходе разведки коренных месторождений и оценки площади на безрудность.

1-я очередь россыпи Нюрбинская разведана широтной сетью линий вертикальных и наклонных колонковых скважин, ориентированных вкрест преобладающего направления переноса обломочного материала в позднем триасе и ранней юре. Количество линий – 14. Номера линий возрастают с юга на север и соответствуют номерам, принятым при разведке кимберлитовой трубки. Расстояние между линиями составило 40 метров над кимберлитовым телом, где использованы данные разведочных скважин коренного месторождения, и 80-40 метров за его пределами. Расстояние между скважинами на линиях колебалось от первых метров на отдельных участках над кимберлитовым телом до 20-40 метров вне его границ.

Невыдержанность расстояний между скважинами на линиях связана с наличием разведочных скважин, точки заложения которых выбирались исходя из необходимости решения задач разведки коренного источника.

Первые сведения о параметрах алмазоносности осадочных коллекторов, позволившие сформулировать вывод о возможности оценки алмазоносных россыпей керновыми пробами малого объема, получены по данным поисковых и разведочных работ на кимберлитовой трубке Нюрбинская на основе обогащения керновых проб из скважин Ø 112 мм. Оценочные работы на прилегающей к коренному источнику площади продолжены на основе бурения скважин Ø 132 мм, что позволило в 1,5 раза увеличить объем кернового материала и, соответственно, представительность проведенного опробования. С целью наработки информации об изменении параметров алмазоносности с увеличением объема проб пройдены два куста скважин Ø132 мм. В качестве кустовых рассматриваются также скважины разведочной стадии, пересекающие продуктивный пласт россыпи над коренным источником на расстоянии, не превышающем 1,5-3м друг от друга. Конечная глубина скважин, пройденных с целью оценки россыпной алмазоносности, определялась по углублению в неизменные породы плотика на 10-15 метров (Рис. 3.1).

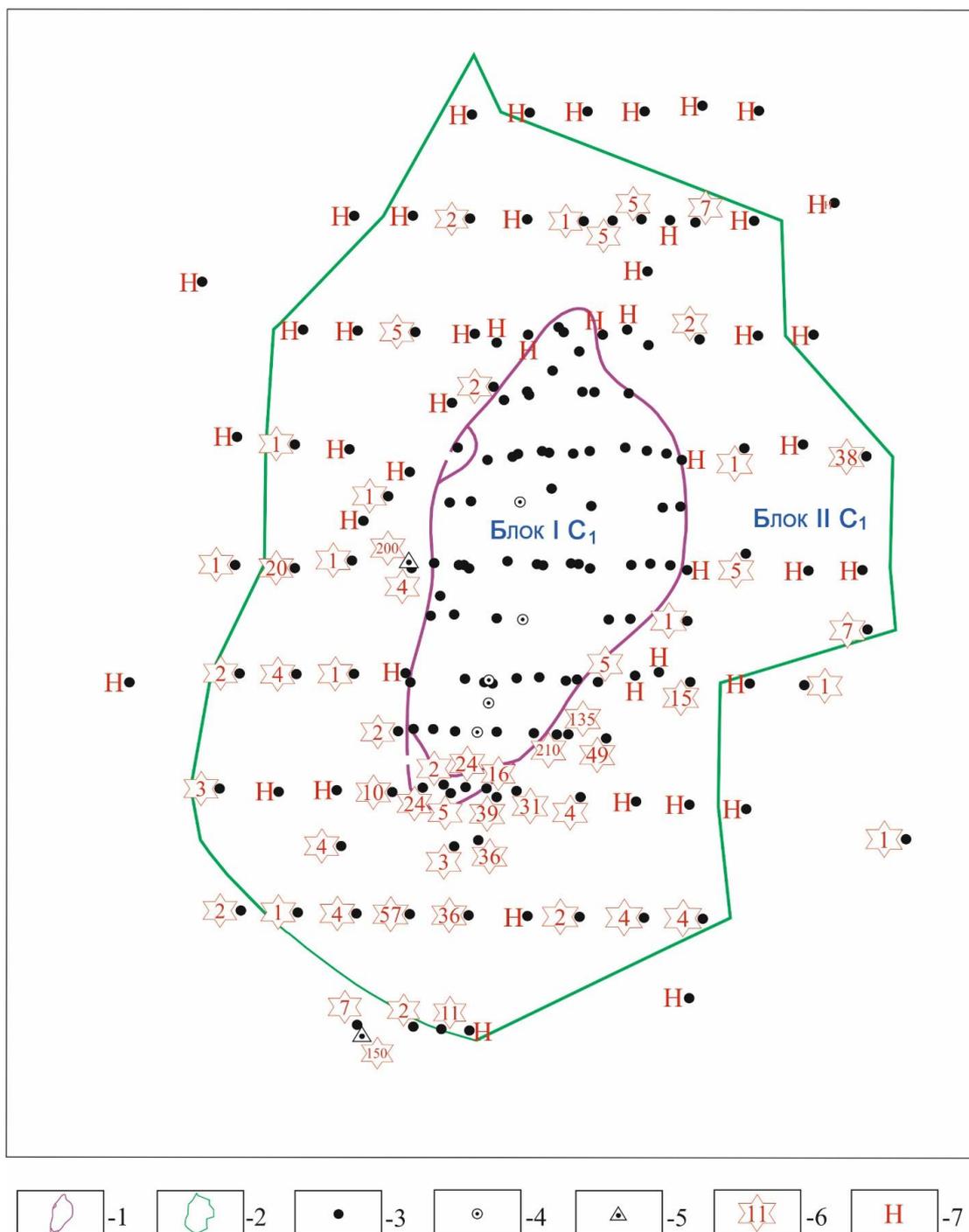


Рис. 3.1. План подсчета запасов 1-ой очереди россыпи Нюрбинская

1 – Контур кимберлитовой трубки Нюрбинская на поверхности эрозионного среза и под осадочными образованиями дяхтарской толщи; 2 – Контур площади подсчета запасов по промышленным категориям; 3 – Поисковые, поисково-оценочные и разведочные колонковые скважины; 4 – Скважины колонкового бурения большого диаметра; 5 – Кусты колонковых скважин; 6 – Находки алмазов в продуктивном горизонте (количество кристаллов); 7 – Отсутствие находок алмазов.

В пределах площади предполагаемого карьера продуктивный пласт россыпи Нюрбинская вскрыт 146 колонковыми скважинами (Табл. 3.2). В подсчете запасов использованы данные обогащения керна по 144 скважинам.

Таблица 3.2

## Разведанность россыпных месторождений

№ линии	Количество скважин, (шт) /проходка по продуктивному пласту, (п. м)	в том числе количество кустов скважин, (шт) /проходка по продуктивному пласту (п. м)	Объем опробования					
			Общее количество проб (шт/п. м)			в том числе количество проб в кустах скважин (шт/п. м)		
			частных	сквозных	вес проб (кг)	частных	сквозных	вес проб (кг)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Россыпь Нюрбинская</b>								
92	2/12,0		5/12,0	2/12,0	187,0			
0	8/165,2		42/165,2	8/165,2	2703,8			
4	3/95,0		20/95,0	3/95,0	880,6			
8	14/154,4		47/154,4	14/154,4	1694,6			
12	10/84,9		23/84,9	10/84,9	862,4			
16	18/82,9		47/82,9	20/82,9	1417,4			
20	9/22,0		13/22,0	9/22,0	309,1			
24	21/71,7	2/43,2	52/106,9	21/71,7	1358,7	17/43,2	8/43,2	615,9
28	9/27,9		17/27,9	9/27,9	348,5			
32	19/55,5	1/3,7	36/57,3	19/55,5	842,4	3/3,7	2/3,7	57,7
36	8/11,2	1/1,6	10/12,0	8/11,2	171,3	2/1,6	2/1,6	21,3
40	13/53,2		23/53,2	13/53,2	708,5			
48	9/82,4		24/82,4	9/82,4	1334,5			
56	1/4,6		1/4,6	1/4,6	54,5			
<b>Итого</b>	<b>144/922,9</b>	<b>4/48,5</b>	<b>360/1155,8</b>	<b>149/922,9</b>	<b>12873,3</b>	<b>22/48,5</b>	<b>12/48,5</b>	<b>694,9</b>
<b>Блок 1С<sub>1</sub></b>								
Площадь блока (м <sup>2</sup> )						41712,0		
Площадь на одно пересечение (м <sup>2</sup> )						613,4		
Запас песков в блоке (т)						187453,7		
Запас песков на одну тонну проб (тыс. т)						89,87		
<b>Блок 2С<sub>1</sub></b>								
Площадь блока (м <sup>2</sup> )						171345,0		
Площадь на одно пересечение (м <sup>2</sup> )						2254,5		
Запас песков в блоке (т)						3831274,2		
Запас песков на одну тонну проб (тыс. т)						355,16		

№ линии	Количество скважин, (шт) /проходка по продуктивному пласту, (п. м)	в том числе количество кустов скважин, (шт) /проходка по продуктивному пласту (п. м)	Объем опробования					
			Общее количество проб (шт/п. м)			в том числе количество проб в кустах скважин (шт/п. м)		
			частных	сквозных	вес проб (кг)	частных	сквозных	вес проб (кг)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Россыпь Ботубинская								
0(36)	6/279,2		72/279,2	6/279,2	4859,5			
4(32)	3/156,0	1/160,1	66/262,7	3/156,0	4617,6	40/160,1	3/160,1	3227,7
8(28)	2/69,0	1/58,0	22/98,0	2/69,0	2159,6	12/58,0	2/58,0	1804,4
12(24)	6/11,9		7/11,9	6/11,9	236,2			
16	6/5,3		7/5,3	6/5,3	144,0			
20(16)	7/8,0		9/8,0	7/8,0	168,1			
24	9/18,4		16/18,4	9/18,4	491,1			
28(8)	9/7,0		11/7,0	9/7,0	137,0			
Итого	48/554,8	2/218,1	210/690,5	48/554,8	12813,1	52/218,1	5/218,1	5032,1
Блок 1С <sub>1</sub>								
Площадь блока (м <sup>2</sup> )								15959,0
Площадь на одно пересечение (м <sup>2</sup> )								443,3
Запас песков в блоке (т)								43776,2
Запас песков на одну тонну проб (тыс. т)								40,8
Блок 2С <sub>1</sub>								
Площадь блока (м <sup>2</sup> )								11950,0
Площадь на одно пересечение (м <sup>2</sup> )								995,8
Запас песков в блоке (т)								1070373,5
Запас песков на одну тонну проб (тыс. т)								91,2

Для оценки алмазонасной россыпи использовано 98,6% полученного в ходе работ материала.

Россыпь Ботубинская разведана линиями вертикальных и наклонных колонковых скважин северо-западного направления, сеть которых унаследована от разведочной стадии на коренном месторождении (Рис. 3.2). В юго-западной части россыпи линии скважин вкрест простирания пересекают впадину (воронку) эрозионно-карстового генезиса, развитую в породах нижнего палеозоя.

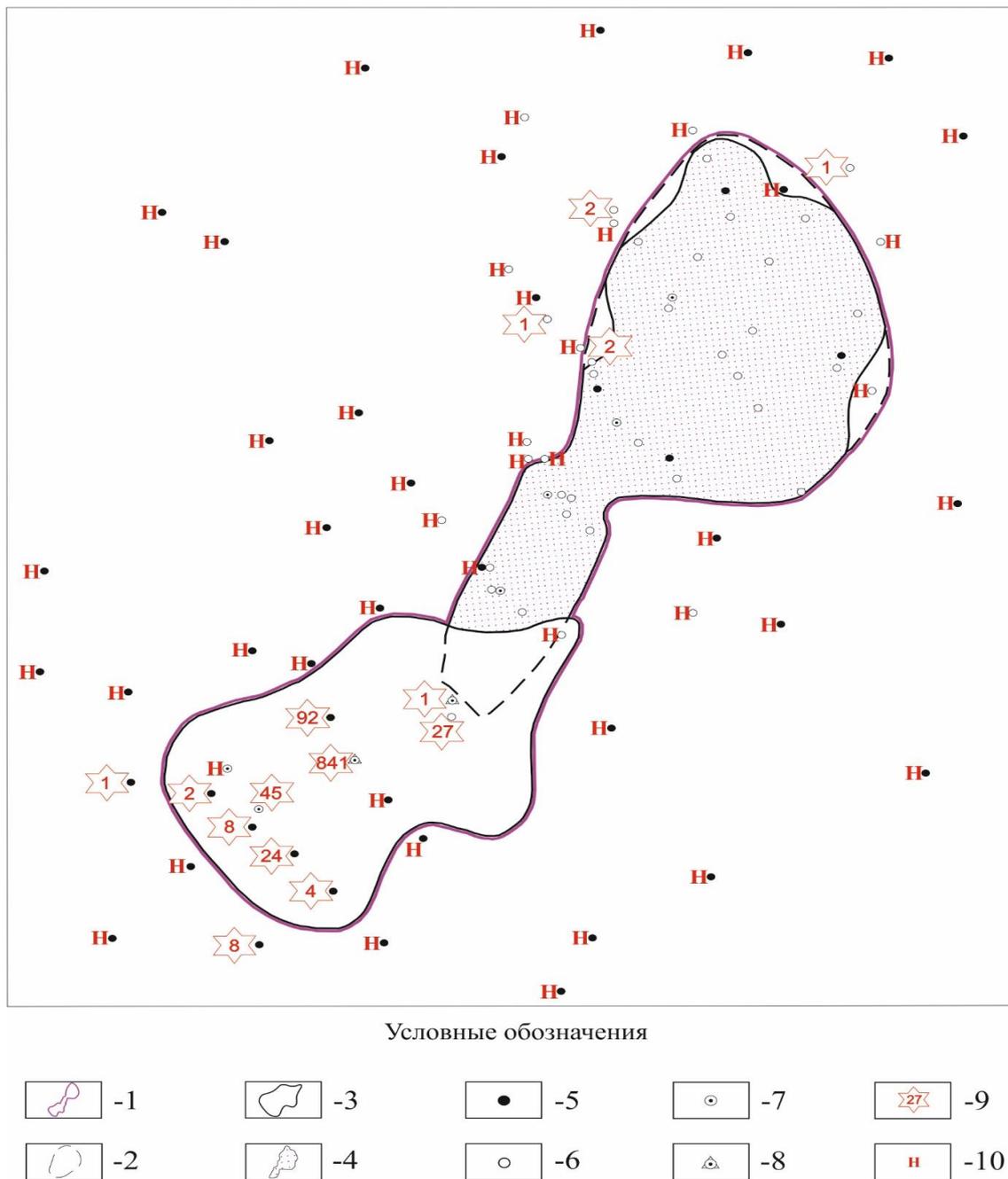


Рис. 3.2. План подсчета запасов россыпи Ботуобинская

1 – Контур продуктивного пласта россыпи в блоках подсчета запасов; 2 – Контур кимберлитовой трубки Ботуобинская на поверхности эрозионного среза дяхтарской толщи; 3 – Контур кимберлитовой трубки Ботуобинская под осадочными образованиями дяхтарской толщи; 4 – Контур россыпи трубки Ботуобинская; 5 – Поисковые и поисково-оценочные колонковые скважины; 6 – Разведочные колонковые скважины; 7 – Колонковые скважины большого диаметра; 8 – Кусты колонковых скважин; 9 – Находки алмазов в продуктивном горизонте (количество кристаллов); 10 – Отсутствие находок.

Впадина выполнена алмазоносными осадками дяхтарской толщи, в которой сосредоточены основные запасы алмазов россыпного месторождения. В пределах эрозионно-карстовой впадины расстояние между линиями скважин составляет 40 метров, между скважинами на линиях колеблется от первых метров до 10-20 метров, в единичных случаях достигает 40-45 м. На остальной площади карьера сеть колонковых скважин составляет 80x40-80 м. Бурение колонковых скважин осуществлено преимущественно Ø 112 мм. На заключительной стадии оценочных работ в карьерном поле пройдено 20 скважин Ø 132 мм и 7 скважин Ø 230 мм.

Три скважины Ø 230 мм пройдены в пределах блока 2С<sub>1</sub> месторождения, образуя кусты из 2-3 скважин разного диаметра (Л-О(36) скв.20, Л-4(32) скв.20, Л-8(28) скв.20). Углубление скважин в породы плотика осуществлялось на 20-25 м. Для оценки месторождения использованы данные по всем скважинам, вскрывшим продуктивные породы россыпи. При этом вес частных керновых проб изменялся от 4,3 кг до 119 кг и составил в среднем 42.5 кг.

В экзоконтактах кимберлитового тела на горизонте +122 м из продуктивных пород дяхтарской толщи в шахте отобраны валовые пробы. В связи с бессистемным характером валового опробования и отсутствием логической связи его с результатами кернового опробования, результаты обогащения валовых проб учитывались лишь для качественной оценки алмазоносности продуктивного пласта и не были учтены в расчете средних содержаний.

По полученным данным оба россыпных месторождения характеризуются: сложным геологическим строением; невыдержанным литологическим составом; высокой изменчивостью мощности продуктивного пласта, обусловленной широким распространением впадин эрозионно-карстового происхождения в породах плотика; весьма неравномерным распределением алмазов (коэффициент вариации содержаний по

доминирующему в количественном отношении классу  $-2+1$  мм составляет: для россыпи Нюрбинская – 136,5%, для россыпи Ботубинская – 268%). На основании изложенной информации оба месторождения в соответствии с «Инструкцией по применению классификации запасов к россыпным месторождениям полезных ископаемых» (Москва, 1982) отнесены к 4-ой группе сложности геологического строения (россыпи весьма сложного строения, очень невыдержанные по ширине и мощности с весьма неравномерным распределением полезных ископаемых, расположенные на закарстованном плотике).

При постановке на баланс ГКЗ рекомендовала совместить отработку россыпи с проведением опережающей эксплуатационной разведки с целью уточнения контуров россыпи, особенностей распределения алмазов и изучением технологических свойств песков.

### **3.2. Методика эксплуатационной разведки**

В целях выполнения рекомендаций ГКЗ опережающая эксплуатационная разведка россыпи проводится в пределах горного отвода с начала отработки месторождения по ежегодным проектам, согласованными с органами Ростехнадзора. Разведочные работы проводятся в соответствии с «Положением о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям» и с целью получения достоверных исходных данных для безопасного ведения работ, оперативного планирования горно-подготовительных, нарезных и очистных работ и обеспечения наиболее полного извлечения алмазов из недр.

В 2004 году в бортах карьера в небольшом объеме проведено валовое опробование, отобрано 26 проб общим весом 66 тонн (8 пересечений). В сентябре 2006 года завершено строительство разведочной фабрики № 17 в непосредственной близости с месторождением. По окончании пуско-наладочных и опытных работы с выводом фабрики на проектную мощность в

2007 году появилась реальная возможность вести валовое опробование в необходимых объемах [102].

Эксплуатационная разведка россыпи проводится с использованием колонковых скважин диаметром 151 мм, по сети 40x20 м, 80x40 м. За 2002-2005 гг. технологические свойства песков изучены в полном объеме. Промышленная схема технологического обогащения песков позволяет извлекать до 98 % учтенных алмазов.

Геологоразведочные работы по эксплуатационной разведке до 1 апреля 2005 года выполнялись подразделениями Ботубинской экспедиции АК «АЛРОСА». С 1 апреля 2005 года эксплуатационная разведка выполняется вновь созданной Мирнинской геологоразведочной экспедицией АК «АЛРОСА». В настоящее время на Накынском поле функционирует горнообогатительное производство с годовой достигнутой производительностью около 8 млн. м<sup>3</sup> горной массы, в т.ч. объем ежегодной добычи алмазоносных песков составляет в целом 620 тыс. м<sup>3</sup>. Обоганительный комплекс включает две фабрики, в т.ч. сезонную фабрику №15, работающую по россыпной схеме.

Месторождение россыпи Нюрбинская отрабатывается с 2002 года открытым способом. В настоящее время значительная часть утвержденных ГКЗ запасов россыпи отработана. Достоверность разведанных запасов алмазов по результатам сравнения данных разведки и эксплуатации удовлетворительная. С учетом быстрых темпов продвижения горных работ, необходимости снижения себестоимости и ускорения сроков проведения разведки (бурение скважин с берм карьера уменьшает объемы буровых скважин) и удовлетворительной сходимости разведочных и эксплуатационных данных перевод ранее утвержденных ГКЗ запасов категории С<sub>2</sub> в категорию С<sub>1</sub>, не предусматривается.

В практике смены детальной разведки эксплоразведкой плотность сети принято увеличивать кратно 2:1 – 4:1. Сеть эксплуатационной разведки на 1-

ой очереди россыпи Нюрбинская составила 40 x 20 м. Диаметр скважин колонкового бурения 151 мм.

В блоке 1С<sub>2</sub> предполагаемая сеть бурения составляла 40x20 м. Фактически она составила 20x20 м так как в подсчет параметров были вовлечены также и скважины ориентированные на разведку трубки. Все скважины одиночные. За первый год работ охвачено 40 % площади блока.

В 2003 году и начале 2004 года эксплуатационной разведкой покрыта вся площадь блока. По сети 40x20 м бурились кусты из двух скважин диаметром бурения 151 мм, по сети 20x20 – одиночные рудные скважины того же диаметра, большая часть из которых вскрыла продуктивные отложения.

Всего продуктивные отложения блока 1С<sub>2</sub> вскрыты 51 одиночной скважиной и 40 кустами из двух скважин.

Бурение осуществлялось станками ЗИФ-650, с продувкой кольцевого забоя сжатым воздухом, коронками диаметром 151 мм, с расширителями диаметром 171 мм, с горизонтов +205 – +190 м.

Скважины пересекали тюнгские и укугутские отложения (в южной части и дяхтарские) и после углубки в кимберлиты на 0,5-1,5 м закрывались.

В блоке ПС<sub>2</sub> в первый год ведения эксплоразведочных работ осуществлялось бурение только одиночных скважин. С начала 2003 года оценка россыпи велась кустами из 2-х скважин. Сеть бурения 40x20 м, диаметр скважин колонкового бурения 151 мм.

На основании «Протокола рабочего совещания по эксплуатации россыпи Нюрбинская в 2005 году» в АК АЛРОСА от 14.04.2005 г методика разведки откорректирована. В пределах проектных объемов 2005 года, по согласованию с геологической службой Нюрбинского ГОКа, кусты из двух скважин заменены на одиночные, высвободившиеся объемы сконцентрированы на бурении кустов из 5-ти скважин.

С мая 2006 года, для более надежного оконтуривания, разведка россыпи за контуром блока 2С<sub>2</sub> стала вестись кустами по 7 скважин по сети

80x40 м. Бурение осуществлялось станками ЗИФ-650, во избежание размыва отложений, с продувкой кольцевого забоя сжатым воздухом, коронками диаметром 151 мм, с расширителями диаметром 171 мм, с горизонтов +220 – +190 м.

Скважины вскрывали весь разрез тюнгских, укугутских и дяхтарских отложений, элювиальную кору выветривания и после углубки в неизмененные карбонатные породы  $O_1o1$  на два метра закрывались.

### **3.3. Особенности разведки второй очереди россыпи Нюрбинская**

Методика разведки второй очереди разрабатываемого месторождения погребенной россыпи ближнего сноса Нюрбинская была принята исходя из задачи оценки запасов по промышленным категориям  $C_1+C_2$  северо-восточной части россыпи непосредственно примыкающей к карьере трубки Нюрбинская с целью наращивания минерально-сырьевой базы ОАО «АПРОСА-Нюрба». Разведка россыпи включала в себя апробированный на разведке первой очереди россыпи Нюрбинская рациональный комплекс геологоразведочных работ, состоящий из топогеодезических, буровых, геофизических, опробовательских, лабораторных и камеральных работ.

Основным методом разведочных работ явилось колонковое бурение кустов скважин с последующим опробованием и обогащением керновых проб. Линии кустов скважин заложены в северо-западном направлении и ориентированы поперек простираения продуктивной залежи.

Участки разведочных работ, рассматриваемые в отчёте, расположены в северо-восточной (верхней) части россыпи и непосредственно примыкают к блоку  $VI C_2$ .

Разведка второй очереди россыпи велась кустами разведочных скважин (по 3-5 скважин в кусте, в зависимости от мощности продуктивного пласта, для обеспечения минимальной представительности керновых проб) по сети 80x55-40 м в зоне разноски карьера (участок №2) и 100x50 м в целиковой

части (участок №3). Бурение осуществлялось станками ЗИФ-650. Во избежание размыва отложений бурение проводилось с продувкой кольцевого забоя сжатым воздухом (в летний период с продувкой кольцевого забоя сжатым воздухом с применением ПАВ), коронками диаметром 151 мм, с расширителями диаметром 171 мм. Минимальная глубина скважин составила 45,0 м в пределах границ карьера, максимальная 166,0 м в целиковой части. Скважины вскрывали весь разрез сунтарских, тюнгских, укугутских и дяхтарских отложений, элювиальную кору выветривания и после углубки в неизменные терригенно-карбонатные породы нижнего  $O_1o1$  на два метра в контуре карьера и на пять метров вне контура карьера закрывались. В точках заложения кустов, где ранее не были пройдены поисковые скважины, одна скважина в кусте проходила с углубкой в неизменные породы нижнего палеозоя на 20 м с последующим проведением в ней комплекса ГИС.

### **3.3.1. Методика и объемы опробования**

Расчет средних содержаний алмазов россыпи Нюрбинская в контуре работ основывается на результатах опробования кустов разведочных скважин колонкового бурения диаметра 151 мм.

Опробованию подвергнут весь вскрытый разрез укугутских, дяхтарских отложений и коры выветривания по породам нижнего ордовика. По тюнгским отложениям отбиралась по одной 4-х метровой пробе в подошве пласта. Опробование велось в среднем 4-х метровыми интервалами с учетом литологических разностей пород.

Кусты из трех-пяти скважин опробовались как единая выработка (кустовыми пробами, для наработки представительного материала).

Всего по изученному участку выполнены следующие объемы опробования:

1113 проб, 4344,1 п.м. кустовых проб, общим весом 366,4 т.

Керновое опробование проводилось вручную силами геологического персонала партий круглогодично. Керновые пробы упаковывались в стандартную мешкотару и мягкие контейнеры для сыпучих материалов МКР. Каждое место этикетировалось внутренней и наружной бирками, содержащими сведения о привязке проб. После отбора и упаковки каждая проба взвешивалась на платформенных весах с точностью до 0,1 кг и регистрировалась в журналах первичной документации, журналах кернового опробования, сопроводительных документах на транспортировку проб (каталогах).

Транспортировка проб к месту их обработки на обогатительные фабрики №17 и №10 МГРЭ по мере отбора осуществлялась автотранспортом

### **3.3.2. Обоснование плотности разведочной сети**

Удаленная от кимберлитовой трубки часть россыпи Нюрбинской за пределами карьерного поля изучалась на поисково-оценочной стадии в 2000-2004 г.г. одиночными скважинами по сети 200x100 м. Поисковые линии через 200 м, с учетом простирания россыпи в юго-западном направлении, были ориентированы на северо-запад. На стадии разведки второй очереди россыпи Нюрбинская в качестве наиболее оптимального и рационального оставался буровой способ, при обеспечении минимально представительного объема частной рядовой пробы и суммарного объема опробования по блоку для оценки содержания алмазов доминирующих классов.

В качестве основного технического средства разведки россыпи Нюрбинская, учитывающего оптимальное соотношение достоверности получаемых данных, стоимости геологоразведочных работ и доступности технических средств, проектом по объекту Россыпной было предусмотрено бурение кустов колонковых скважин диаметром 151 мм.

При разведке в пределах карьерного поля (участок 1) и на переходном участке от карьера к целиковой части россыпи (участок 2) с учетом

особенностей геологического строения россыпи и «Методических рекомендаций по применению классификации запасов твёрдых полезных ископаемых к россыпным месторождениям» (ГКЗ, 2000), проектом решено развивать ранее созданную прямоугольную широтную сеть выработок детальной разведки и эксплуатационной разведки проходкой кустов скважин по сети  $80 \times 55-40$  м.

При разведке целиковой части россыпи за пределами разноса карьера (участок 3), заключенной между линиями 559-553, проектом предусматривалось дальнейшее сгущение кустами скважин ранее созданной прямоугольной поисково-оценочной буровой сети по линиям ориентированным в северо-западном направлении до  $100 \times 50$  м.

Обоснование оптимальной плотности разведочной сети выполнялось по четырем направлениям: 1) опытное многовариантное разрежение эталонной сети эксплоразведки, 2) оценка необходимого количества разведочных проб и пересечений через минимально представительный объём опробования блока, 3) расчёт через коэффициент вариации, 4) сравнение с аналогичными уже отработанными объектами.

#### **Анализ плотности сети методом многовариантного разрежения.**

Плотность эксплоразведочной сети на участках россыпи Нюрбинской, выделенных за контуром кимберлитовой трубки (блок ПС<sub>2</sub>), –  $40 \times 20-10$  м. Эта сеть в 4 раза плотнее сети разведочного бурения ( $80 \times 40$  м) в пределах участка россыпи Нюрбинская за пределами контура поверхности одноименной кимберлитовой трубки. Она соответствует плотности сети разведочных шурфов, использованных при разведке запасов категории В+С<sub>1</sub> на подобной триас-нижнеюрской законтурной россыпи трубки Мир, в основном уже успешно отработанной, вполне достаточна для запасов категории С<sub>1</sub> и в принципе может служить в качестве эталонной сети для обоснования плотности разведочной сети за пределами проектного контура карьера.

Важно отметить, что большая часть эксплоразведочных пересечений в пределах блока ПС<sub>2</sub> пройдена с помощью кустового бурения (2, реже до 5-7 скважин в кусте). Такой подход наряду с увеличением диаметра бурения со 112-132 мм при разведке россыпи в 1996-2001 г.г. до 151 мм в 2002-2010 г.г. позволил заметно повысить представительность результатов опробования эксплоразведочных скважин, выступающих в роли эталона для опытного разрежения. Так, масса отбираемого в пробу керна с 1 пог. метра возросла с 9-14 кг на разведочной стадии до 22-44 кг (одиночные и кусты скважин) при э/разведке.

Средний весовой выход керна на стадии эксплоразведки (2007-2008 г.г.) по продуктивным отложениям по данным Мирнинской ГРЭ [102] составил 88 %, общий объём опробования по интервалам с выходом керна менее 70% составил 2,9%.

Многовариантное разрежение выполнено в пределах локального участка (участка «детализации») размером 400×200 м (11 широтных линий с номерами от 0 до 40 и 10 меридиональных линий со скв. 100 по скв. 280), разведанного эксплоразведочными скважинами по сети 40×20 м. Указанный участок расположен западнее трубки Нюрбинская, в 40-120 метрах от её западной границы, фактически через участок 2 примыкает к участку 3 и включает 89 пересечений.

Для обоснования достаточности плотности сети на участке 3, проектная сеть скважин на котором предусматривалась 100×50 метров, было выполнено разрежение на этом полигоне (участке «детализации») до 100×40 метров по 5-ти вариантам. Сводные результаты разрежения по 5-ти вариантам для сети 100×40 метров приведены в таблице 3.3.

Эти результаты указывают на то, что средние отклонения по основным подсчётным параметрам: мощности, содержания и вертикального запаса (продуктивности) алмазов не превышают ±18-20%, а максимальные отклонения не выходят за пределы ±35-37%. Учитывая, что исходная сеть

«эталона» составляла 40×20 метров, а разреженная сеть – 100×40 метров, можно прогнозировать, что для сети 100×50 метров, средние отклонения не превысят ±20%, а максимальные – 40%.

Таким образом, результаты, приведенные в таблице 3.2, могут обоснованно свидетельствовать в пользу возможности отнесения запасов, разведанных по сети 100×50 метров, к категории С<sub>1</sub>, при условии доказанности идентичности участка 3 с участком детализации (разрежения) по вещественному составу, морфологии, изменчивости основных подсчётных параметров и ситовому составу алмазов.

Таблица 3.3

Сводные результаты разрежения «эталонной» разведочной сети 40×20 метров на участке детализации (0-40×скв.100-280) до 100×40 метров

№ варианта разрежения	Количество пересечений	Отклонения по мощности, %	Отклонения содержания алмазов по классам крупности (мм), %				Отклонения вертикального запаса по классам крупности алмазов (мм), %			
			-7,5	-3,5	-1,5	-0,5	-7,5	-3,5	-1,5	-0,5
1	14	-13,5	8,3	7,6	2,5	-14,6	-6,4	-7	-11,4	-26,2
2	17	1,2	44,1	35,4	31,6	21,7	45,8	36,9	33,1	23,1
3	18	-24,1	-1,8	10,5	2,2	12,6	-25,4	-16,1	-22,4	-14,5
4	19	21,7	-13	-22,9	-24,6	-17,6	5,9	-6,2	-8,2	0,3
5	21	9,1	-23,3	-13,7	-1,6	1,6	-16,3	-5,8	7,4	10,9
Средние отклонения по 5-ти вариантам разрежения, %:										
	18	13,9	18,1	18	12,5	13,6	19,9	14,4	16,5	15
Максимальные отклонения, %:										
		24,1	44,1	35,4	31,6	21,7	45,8	36,9	33,1	26,2

Минимальный представительный объём опробования в блоке VIIIС<sub>1</sub> для надёжной оценки содержания алмазов класса -4+0,5 мм должен составить 9,5 т и класса -8+0,5 мм – 27,5 тонн. При средней массе «сквозного пересечения» 991 кг минимальное количество пересечений должно составить: для оценки содержания алмазов класса -4+0,5мм – 9500:991=10 пересечений (кустов скважин), класса -8+0,5 мм – 27500:991=28 пересечений. Фактически в расчетах средних параметров по блоку VIIIС<sub>1</sub> участвует 65

кустовых буровых пересечений, что существенно превышает расчётное, тем самым подтверждая надёжность оценки среднего содержания по блоку.

**Аналитический расчет необходимого количества скважин (проб) в относительно однородных разведочных блоках в пределах залежи Нюрбинская (в карьере и вне контура проектного карьера) выполнен по формуле:**

$$N = \frac{V^2 \times t^2}{P^2}$$

где  $N$  – количество скважин (проб);  $V$  – коэффициент вариации содержаний алмазов (%);  $t$  – квантиль вероятности (коэффициент надёжности), принятый равным 1 и 1,5;  $P$  – допустимая погрешность оценки среднего (%). Погрешность оценки среднего ( $P$ ) в блоках ограничена величиной 30-50% (Табл. 3.4). Выбранные параметры расчёта соответствуют надёжности оценки запасов по категории  $C_1$ , в т.ч. наиболее «жестким» условиям оценки погрешности определения среднеблочного содержания ( $t = 1,5$  и  $P = 30\%$ ).

В расчетах участвуют коэффициенты вариации содержаний алмазов представительно определяемых классов по сквозным пробам (выработкам). Анализ результатов теоретических расчётов необходимого количества разведочных скважин (пересечений) позволяет отметить, что россыпь Нюрбинская в пределах карьера изучена весьма детально, с большой точностью определения её параметров.

Таблица 3.4

Результаты расчетов необходимого количества разведочных скважин в блоке

Залежи, блоки	Коэф. вариации содерж., %	Необходимое количество скважин (шт)						Фактическое количество скважин в блоке (шт.)
		при заданной погрешности						
		30%		40%		50%		
		t = 1	t = 1,5	t = 1	t = 1,5	t = 1	t = 1,5	
Нюрбинская россыпь, в контуре карьера, блок ПС <sub>2</sub>	147,9	31	69	17	39	11	25	125
--«»--, вне контура карьера блок VIIIС <sub>1</sub>	131,9	31	69	17	39	11	25	89

Фактическое количество эксплоразведочных скважин в подсчетном блоке намного превышает их расчетное минимально необходимое количество при самых «жестких» условиях расчета, то есть при квантиле вероятности  $t = 1,5$  и допустимой погрешности  $P = 30\%$ , что еще раз подтверждает обоснованность участия данных эксплоразведки в качестве эталонной сети для опытного разрежения.

Для россыпи за контуром проектного карьера фактическое количество пересечений в подсчетном блоке VIIIС<sub>1</sub> по сети  $100 \times 50$  м превышает расчетное при погрешности  $30\%$  и значении квантиля  $t = 1,5$ , что также свидетельствует о достаточном количестве скважин для отнесения запасов блока VIII к категории С<sub>1</sub>.

Необходимо отметить, что запасы отработанного блока ПС<sub>2</sub> вне всякого сомнения могут быть отнесены к категории С<sub>1</sub>, что подтверждается результатами эксплуатации – в т.ч. вполне удовлетворительным отходом содержания ( $k=1,0$ ), объёмов песков ( $k=1,0$ ) и запасов ( $k=1,0$ ).

Россыпь Нюрбинская вместе с их продолжением на юго-запад (ранее выделялась как залежь Дьяхтарская или Накынская) уникальны в своем роде и в принципе среди разведанных алмазонасных россыпей им сложно подобрать эталоны-аналоги. Ближе всего к ним по особенностям геологического строения находятся залежи реликтовых галечников Верхний

Биллях (Анабарский алмазоносный район), Водораздельные галечники («ВГ») и Новинка (Мало-Ботуобинский алмазоносный район) [64,65,72]. Залежь «ВГ» отнесена по сложности геологического строения ко 2-й группе, а залежи Накынского рудно-россыпного поля к 3 и 4-ой группам, поэтому аналогия между ними условна, залежи Верхний Биллях и Новинка отнесены к 3-й группе. Все месторождения формировались примерно в одно и то же время ( $T_3-J_1$ ), за исключением залежи В.Биллях (N-Q). Для разведки этих россыпных месторождений применялась горная или горно-буровая система выработок с разведочной сетью от  $100 \times 20-10$  м (В.Биллях) до  $100 \times 50-80 \times 40(80)$  м (Новинка и ВГ). Использование горных выработок позволило наработать представительный объём проб, достаточный для надёжной оценки содержаний алмазов всех доминирующих по массе классов крупности. По результатам отработки россыпей ВГ и Новинка существенных отклонений от запасов, подсчитанных по данным разведочных работ по категориям  $B+C_1$  (ВГ) и  $C_1$  (Новинка), не установлено.

Возможности использования горных выработок при оценке залежей Накынского поля ограничены из-за большой мощности перекрывающих пород. Проходка тяжелых горных выработок при разведке повлекло бы за собой весьма большие финансовые вложения и существенно затянуло бы отработку месторождения. По этим причинам наиболее предпочтительный способ оценки подобных месторождений – буровой (несмотря на недостаточную представительность объёма проб из скважин) в сочетании с опытными работами при открытой добыче, заключающимися в отборе необходимого, достаточно большого количества валовых проб представительного объёма, выборочно – прежде всего, из верхних и нижних интервалов, примыкающих к кровле и подошве продуктивного пласта, то есть из участков, характеризующихся *пониженной алмазоносностью*, а соответственно представительностью пробы. Вопросы представительного

объёма проб не меньше, чем обоснованная достаточная плотность сети определяют категорию разведанности запасов.

### **3.3.3. Представительность опробования**

Расчеты по обоснованию представительности пробы выполнялись по методике В.Е.Минорина, разработанной в ЦНИГРИ, с внесением некоторых корректив [51,52]. Представительность массы разведочных рядовых проб для оценки содержания алмазов с целью оконтуривания продуктивного пласта по мощности и в плане (1-ая задача) и по пересечению (2-ая задача) анализировалась с помощью аналитической оценки необходимой массы пробы в зависимости от алмазности песков на уровне пробы или совокупности проб. С этой целью все пробы, попадающие в кондиционные разведочные пересечения, были разбиты на 4 условных группы: «богатые» высокоалмазные (содержание алмазов в пробе более 4,0 кар/т), «рядовые» (4,0-0,8 кар/т), «бедные» слабоалмазные (0,8-0,37 кар/т) и «убогие» (0,37-0,09 кар/т) – оконтуривающие пробы нижних потенциально некондиционных горизонтов продуктивного пласта, участков на флангах. (Табл. 3.5).

Выделение проб по уровню алмазности во многом носит условный характер, т.к. в результате проявления эрозионно-карстовых процессов содержания алмазов по соседним сближенным (1,5-2 м) скважинам существенно различаются и выделить относительно однородные по алмазности сколько-нибудь протяженные по вертикали и латерали участки из-за неравномерного и контрастного распределения алмазов сложно. Тем не менее, определенные закономерности локализации высокоалмазных обогащенных локальных участков с гнездово-струйчатым распределением алмазов и убого алмазных песков существуют и выявляются уже на разведочной стадии [15].

Предложенный не применявшийся ранее подход объясняется тем, что для участков распространения высоко алмазоносных песков минимально представительный объем рядовой пробы для оценки алмазов класса  $-4+0,5$  мм может быть значительно ниже, чем в целом по месторождению, в свою очередь при решении задачи оконтуривания пласта по мощности для нижних горизонтов (низы дяхтарской толщи) россыпи и в плане для фланговых, краевых слабо алмазоносных участков существенно выше.

В качестве граничного значения содержания алмазов в пробах (по кл.+0,5 мм) для выделения «богатых» высоко алмазоносных песков было условно принято 4,0 кар/т (8,6 кар/м<sup>3</sup>) – как двукратное значение среднего содержания по блокам участка 3 (VIIIС<sub>1</sub>+IXС<sub>2</sub>). Примерно этому уровню соответствует появление повышенной доли пересечений с содержанием 4,0 кар/т и более. Нижнее граничное значение «рядовых» песков взято также условно на уровне 0,8 кар/т.

Убогие по алмазоносности пески с содержанием в пробах 0,09-0,37 кар/т выделены пока как условно забалансовые запасы. Понятно, что для относительно надежной оценки содержания алмазов доминирующих классов  $-4+2$  мм и  $-2+1$  мм в этих нижних горизонтах и фланговых участках россыпи отобрать пробы минимально представительного объема на стадии разведки без проходки горных выработок большого сечения или кустов из скважин большого диаметра не возможно.

Средние массы кристаллов для расчета средневзвешенной массы по широко представленным доминирующим классам  $-1+0,5$ ,  $-2+1$  взяты как средние по разведочным пробам, отобраным по объекту Россыпной. Для сравнения приведены ситовые характеристики алмазов (Табл. 3.6) из блоков I-IVС<sub>2</sub> по данным э/разведки МГРЭ, а также данные кустового бурения (5-8 скважин в кусте), валового опробования спецотвалов и отобранные в карьере, а также данные промышленного обогащения на фабриках 15, 16. Оценки средней массы крупных алмазов классов  $-8+4$  мм и  $-4+2$  мм приняты с учётом наиболее надёжных данных валового опробования песков в карьере и спецотвалов.

Таблица 3.5

## Средние содержания алмазов по группам проб, выделенных по уровню алмазоносности

Группы проб по содерж.	Количество проб	Длина пробы (М), м	Вес проб, кг	Всего извлечено алмазов (кл.+0,5мм)		в т.ч. по классам крупности								Содержание алмазов (кл.+0,5мм) (С), кар/т	Вертик. запас алмазов (кл.+0,5мм) (С), кар/т	в т.ч. по классам крупности			
						-8+4мм		-4+2мм		-2+1мм		-1+0,5мм				-4+0,5 мм	-2+0,5мм		
алмазов (+0,5 мм), парам.				шт	мг	шт	мг	шт	мг	шт	мг	шт	мг			С	М x С	С	М x С
<i>1. "Убогие" пески, C = 0,09 – 0,37 кар/т</i>																			
Сумма:	47	230,3	18455,7	355	639	0	0	2	22,1	92	405	261	211,9		41,24		41,24		40,15
Среднее взвешенное на длину проб:														0,18		<b>0,18</b>		<b>0,17</b>	
Среднее взвешенное на массу проб:							0,006		0,11		0,06		0,17		0,17		0,17		0,17
<i>2. Слабоалмазоносные "бедные" пески, C = 0,371 – 0,80 кар/т</i>																			
Сумма:	25	123	9211,2	364	982,7	0	0	10	246,7	91	532,4	263	203,6		66,37		66,37		49,62
Среднее взвешенное на длину проб:														0,54		<b>0,54</b>		<b>0,4</b>	
Среднее взвешенное на массу проб:							0,13		0,29		0,11		0,11		0,53		0,53		0,4
<i>3. "Рядовые" пески, C = 0,81 – 4,0 кар/т</i>																			
Сумма:	40	214,9	15317,2	1799	5547	0	0	58	1940,6	472	2493,1	1269	1113,4		387,1		387,1		254,02
Среднее взвешенное на длину проб:														1,8		<b>1,8</b>		<b>1,18</b>	
Среднее взвешенное на массу проб:							0,63		0,81		0,36		0,36		1,81		1,81		1,18
<i>4. "Богатые" высокоалмазоносные пески, C &gt; 4 кар/т</i>																			
Сумма:	15	77	5576,6	3195	11461	4	723	101	3852,3	869	5021,8	2221	1863,6		771,48		732,4		471,13
Среднее взвешенное на длину проб:														10,02		<b>9,51</b>		<b>6,12</b>	
Среднее взвешенное на массу проб:							3,45		4,5		1,67		1,67		9,63		9,63		6,17

Таблица 3.6

**Ситовые характеристики алмазов по результатам разведочного, эксплуатационного, валового опробования и обогащения песков на фабриках**

Виды опробования, участки отбора проб, параметры	Вес пробы, кг	Всего извлечено		в т.ч. по классам крупности									
		.+0,5 мм		.-16+8 мм		.-8+4мм		.-4+2мм		.-2+1мм		.-1+0,5мм	
		шт	мг	шт	мг	шт	мг	шт	мг	шт	мг	шт	мг
1. Кусты скважин, разведка (БГРЭ), блоки VIII <sub>1</sub> +IXC <sub>2</sub> Распределение количества и массы алмазов, % N, M = Средняя масса алмазов, d, мг =	104540	1630	50700,1	0	0	15	3047,3	482	16304,5	4217	22048,2	11316	9300,1
						0,1	6	3	32,2	26,3	43,5	70,6	18,3
							203,2		33,8		5,2		0,8
2. Кусты, одиноч.скважины, э/разведка (МГРЭ), бл.I-IVC <sub>2</sub> % N, % M = d, мг =	87344,3	19880	55478,7	0	0	22	4987,1	573	18192,4	4628	21133,4	14657	11165,8
						0,11	8,99	2,9	32,79	23,3	38,09	73,7	20,13
							226,7		31,7		4,6		0,8
3. Кусты скважин (более 5), МГРЭ, карьер, блоки I-IVC <sub>2</sub> % N, % M = d, мг =	17179,8	874	3814,3	0	0	1	301,8	47	1652,8	301	1448,4	525	411,3
						0,11	7,91	5,4	43,33	34,4	37,97	60,1	10,78
							301,8		35,2		4,8		0,8
4. Валовые пробы из карьера и спецотвалов % N, % M = d, мг =	3010523,5	27752	200930,3	1	1130,2	109	29649,9	2277	83138	13315	73947,1	12051	14195,3
				0	0,56	0,39	14,76	8,2	41,38	48	36,8	43,4	7,06
					1130,2		272		36,5		5,6		1,2
5. Траншеи в карьере % N, % M = d, мг =	20350	6189	24590,5	0	0	8	3538,5	219	7707,4	1656	9281,6	4306	4063
						0,13	14,39	3,5	31,34	26,8	37,74	69,6	16,52
							442,3		35,2		5,6		0,9
6. Шнековые скважины (спецотвал, склад НП, карьер) % N, % M = d, мг =	181507,8	5043	27259,6	0	0	10	1861,6	359	12056,8	2147	10967,8	2527	2373,4
						0,2	6,83	7,1	44,23	42,6	40,23	50,1	8,71
							186,2		33,6		5,1		0,9
<b>ИТОГО, с учетом всех видов опробования:</b> % N, % M = d, мг =	<b>3365466</b>	<b>65451</b>	<b>330703,3</b>	<b>1</b>	<b>1130,2</b>	<b>154</b>	<b>41062,3</b>	<b>3646</b>	<b>128809,1</b>	<b>23571</b>	<b>125230,6</b>	<b>38080</b>	<b>35601,3</b>
				<b>0</b>	<b>0,34</b>	<b>0,24</b>	<b>12,42</b>	<b>5,6</b>	<b>38,95</b>	<b>36</b>	<b>37,87</b>	<b>58,2</b>	<b>10,77</b>
					<b>1130,2</b>		<b>266,6</b>		<b>35,3</b>		<b>5,5</b>		<b>0,9</b>
Справочно, результаты обогащения песков на фабрике													
2003-2005 г.г.: Распределение массы алмазов, % M =													
2006-2007 г.г.: Распределение массы алмазов, % M =													
2173400 т													
<b>Приняты в расчетах с учетом всех данных опробования и эксплуатации:</b>													
1. Кусты скважин, разведка (БГРЭ), блоки VIII <sub>1</sub> -IXC <sub>2</sub>													
Распределение массы алмазов, % M =							<b>11</b>		<b>32,5</b>		<b>38,3</b>		<b>18,2</b>
Средняя масса алмазов, d, мг =							<b>267</b>		<b>35,3</b>		<b>5,5</b>		<b>0,9</b>

Таким образом, надежные оценки средней массы алмазов по классам крупности ( $d_i$ ), приняты в расчетах в следующих значениях: класс  $-8+4$ мм – 267 мг,  $-4+2$ мм – 35,3 мг,  $-2+1$ мм – 5,5 мг и  $-1+0,5$  мм – 0,9 мг. Весовые доли каждого из классов рассчитаны исходя из фактического соотношения классов по данным разведочного опробования объекта Россыпной, с поправкой на соотношение классов по результатам валового опробования в карьере и спецотвалов, а также по результатам обогащения фабрики.

Класс  $-16+8$  мм исключен из-за малого количества особо крупных камней (доля в общей массе 0,8-0,9%), достоверные оценки этого класса обеспечиваются при отборе крупнообъемных технологических проб массой десятки и сотни тысяч тонн.

Класс  $-8+4$ , как и ранее, в расчетах минимального представительного объема рядовой пробы также не участвовал ввиду его незначительной весовой доли (9,0-14,8%), но участвовал при обосновании минимального суммарного объема опробования блока.

Аналитический расчет необходимой массы проб для оценки россыпной алмазности продуктивных отложений укугутской свиты и дяхтарской толщи, контрольной пробы и суммарного опробования блока основан на формуле, апробированной при разведке месторождений алмазов [51,52]:

$$V = d_{\text{в}} t^2 / c \varepsilon^2,$$

где  $d_{\text{в}}$  – средневзвешенная масса зерен алмазов, мг ( $d_{\text{в}} = \sum d_i \times \beta_i$ , где  $d_i$  и  $\beta_i$  – соответственно средняя масса и весовая доля алмазов  $i$ -го класса крупности);

$\varepsilon$  – допустимая погрешность оценки средневзвешенной массы алмазов в долях единицы, для рядовых проб принимается равной 0.3–0.4, для контрольных – 0.15 – 0.20, для суммарного объема опробования в блоках категории разведанности  $C_1$   $\varepsilon = 0.10$ –0.15 и кат. $C_2$   $\varepsilon = 0.15$  – 0.20.

$t$  – коэффициент надежности (квантиль вероятности не превысить допустимую погрешность) принимается равным 1.0 (вероятность 0,68) при

расчете массы частных рядовых и 1.5-2.0 (вероятность 0,87-0,95) при расчете суммарного объема опробования;

$c$  – содержание алмазов, мг/т, принимается по доминирующим классам крупности для расчета массы проб и всем классам – для расчета массы суммарного опробования блока.

Исходные данные для расчета необходимой массы частных проб и суммарного опробования блока: оценки содержания ( $c_i$ ) и весовой доли ( $\beta_i$ ) алмазов по классам крупности для блоков категорий разведанности  $C_1$  и  $C_2$ , результаты расчетов средневзвешенной массы зерен алмаза и минимально представительной массы рядовой, а также суммарного объема опробования блока приведены в таблицах 3.7, 3.8.

Учитывая подчиненное значение отложений дяхтарской толщи в распределении запасов Нюрбинской залежи, а также то, что основные разновозрастные типы песков (укугутской свиты и дяхтарской толщи) достаточно близки по гранулометрическому составу алмазов, все расчеты выполнены для пласта в целом, без выделения «верхней» и «нижней» залежи. Существование четкой геологической границы внутри залежи в нашем случае (сходство отложений укугутской свиты и дяхтарской толщи по вещественному составу, ситовым и качественным характеристикам алмазов, изменчивости алмазоносности, технологических свойств песков) не влияет на принципы выделения границы залежи.

Необходимая масса пробы рассматривается исходя из следующих требований: рядовая секционная проба поисково-оценочной и разведочной скважины должна обеспечивать удовлетворительную (с ошибкой  $\varepsilon = 0,3-0,4$ ) оценку содержания алмазов кл.-2+0,5мм и -4+0,5 мм соответственно, контрольная «кустовая» и валовая – высокую ( $\varepsilon = 0,20-0,15$ ) точность оценки содержания алмазов всех значимых по содержанию классов крупности, т.е. кл.-4+0,5 и -8+0,5мм соответственно.

Таблица 3.7

## Расчет средневзвешенной массы зерен алмазов

Залежь, блоки	Весовая доля алмазов, $\beta_i, \%$ Средняя масса зерен, $d_i$ , мг по ситовым классам (мм)					Средневзвешенная масса зерен алмаза $d_v = \sum \beta_i \times d_i$ , мг по классам крупности (мм)		
	-8+4	-4+2	-2+1	-1+0,5	в сумме	-2+0,5	-4+0,5	-8+0,5
Нюрбинская, блоки VIIIС <sub>1</sub> +IXС <sub>2</sub> , разведка 2007-2010г.г.	<u>11</u> 267	<u>32,5</u> 35,3	<u>38,3</u> 5,5	<u>18,2</u> 0,8	<u>100</u>	2,3	13,7	43,1

Таблица 3.8

## Расчет минимально представительной массы рядовой, контрольной пробы и суммарного объема опробования подсчетного блока

Тип пробы	Оцениваемые классы крупности, мм	Средневзвешенная масса кристаллов алмаза ( $d$ ), мг	Квантиль вероятности $t$	Среднее содерж. ( $C$ ) кар/т	Допустимая средняя погрешность	Мин. предст. масса пробы, блока ( $P$ ), т
<b>Представительность пробы</b>						
<i>1. "Убогие" пески, <math>C = 0,09 - 0,37</math> кар/т</i>						
рядовая проба (п/оц) <sup>(*)</sup>	-2+0,5	2,3	1	0,17	0,35	0,552
рядовая проба (разв.) <sup>(**)</sup>	-4+0,5	13,7	1	0,18	0,35	3,107
контр. проба	-4+0,5	13,7	1	0,18	0,2	9,5
контр. валовая проба	-8+0,5	43,1	1,5	0,18	0,2	67,3
<i>2. Слабоалмазоносные "бедные" пески, <math>C = 0,371 - 0,80</math> кар/т</i>						
рядовая проба (п/оц)	-2+0,5	2,3	1	0,4	0,35	0,235
рядовая проба (разв.)	-4+0,5	13,7	1	0,54	0,35	1,04
контр. проба	-4+0,5	13,7	1	0,54	0,2	3,2
контр. валовая проба	-8+0,5	43,1	1,5	0,54	0,2	22,4
<i>3. "Рядовые" пески, <math>C = 0,81 - 4,0</math> кар/т</i>						
рядовая проба (п/оц)	-2+0,5	2,3	1	1,18	0,35	0,08
рядовая проба (разв.)	-4+0,5	13,7	1	1,8	0,35	0,311
контр. проба (куст)	-4+0,5	13,7	1	1,8	0,2	0,951
контр. валовая проба	-8+0,5	43,1	1,5	1,8	0,2	6,7
<i>4. "Богатые" высокоалмазоносные пески, <math>C &gt; 4</math> кар/т</i>						
рядовая проба (п/оц)	-2+0,5	2,3	1	6,12	0,35	0,015
рядовая проба (разв.)	-4+0,5	13,7	1	9,51	0,35	0,059
контр. проба (куст)	-4+0,5	13,7	1	9,51	0,2	0,18
контр. валовая проба	-8+0,5	43,1	1,5	10,02	0,2	1,2
<b>Представительность суммарного объема опробования подсчетного блока</b>						
<b>Блок VIIIС<sub>1</sub></b>						
подсчетный блок	-4+0,5	13,7	2	2,88	0,1	9,5
подсчетный блок	-8+0,5	43,1	2	3,13	0,1	27,5
<b>Блок IXС<sub>2</sub></b>						
подсчетный блок	-4+0,5	13,7	1,5	0,87	0,2	4,4
подсчетный блок	-8+0,5	43,1	1,5	0,99	0,2	12,2

Примечание. <sup>\*)</sup> п/оц. – поисково-оценочная стадия, <sup>\*\*)</sup> разв. – разведка кустами скважин увеличенного диаметра; <sup>\*\*\*)</sup> – для расчета параметров

объединенной контрольной пробы из куста скважин (5-7) увеличенного (не менее 230 мм) диаметра.

Рассчитанная масса рядовых проб 80 кг для представляющих практический интерес «рядовых» и высокоалмазоносных песков с содержанием алмазов выше 0,80 кар/т (1,72 кар/м<sup>3</sup>) обеспечивает с ошибкой до 35% оценку содержания 2-х (-2+1 и -1+0,5мм) из 3-х доминирующих классов алмазов по крупности кристаллов и может считаться минимально необходимой при поисково-оценочном бурении, при котором основная цель – это детализировать геологический разрез, выявить продуктивные толщи и дать оценку прогнозных ресурсов категории P<sub>1</sub>, а при достаточной сети – и запасов категории C<sub>2</sub>. Оценки масс рядовых проб (менее 80 кг), обеспечивающие извлечение алмазов крупностью -2+0,5 мм, являются недостаточными, так как в песках содержится значительная доля алмазов средней (-4+2 мм) крупности. Во-вторых, при низких содержаниях (менее 1 кар/м<sup>3</sup>) высока вероятность необнаружения слабоалмазоносных отложений.

Минимальная представительная масса рядовой разведочной пробы, обеспечивающая с ошибкой до 35% оценку содержания всех 3-х доминирующих классов алмазов крупностью -4+0,5мм, должна быть не меньше 310 кг.

При проектной длине рядовой разведочной пробы 4-6 м (фактическая длина проб составила 2,0-11,5 м, в среднем 3,9 м по 285 пробам, вошедшим в продуктивные пласты) такая масса может быть обеспечена при отборе материала массой 52-78 кг с 1 пог. метра, что возможно только при бурении кустов из 2-х скважин увеличенным диаметром. Фактически при разведке залежи было обеспечено поступление в пробу с 1 п.м. 71,2-79,5 кг (по линиям), в среднем по россыпи – 75,3 кг/пог.м. Фактическая масса проб варьировала от 250 до 650 кг, в среднем составила 321 кг. Проб с массой меньше 310 кг отмечено всего 22 (менее 8%) из 285 проб, вскрывших основные продуктивные пласты.

Таким образом, большая часть отобранных рядовых проб позволило с достаточной точностью оценить содержание алмазов основных доминирующих классов  $-4+0,5$  мм. В то же время, эта масса рядовой пробы не достаточна для достоверного оконтуривания продуктивного пласта в пределах проектного карьера по действующим кондициям, при условии вскрытия на границе пласта слабоалмазоносных ( $0,37-0,80$  кар/т) и «убогих» по алмазоносности песков ( $0,09-0,37$  кар/т).

Масса рядовой пробы должна быть соответственно не менее 1,0 и 3,1 тонны, что может быть обеспечено при бурении кустов из 3-8 скважин или при отборе валовой пробы объемом  $0,5-1,5$  м<sup>3</sup>. Учитывая большие мощности перекрывающих пласт вскрышных пород в среднем 76,0 метров, что практически исключает возможность отбора проб таким объемом, задача уточнения контура россыпи, прежде всего нижней границы продуктивного пласта, становится одной из основных задач эксплуатационной разведки.

Условие успешного выполнения этой задачи – это вскрытие с возможной отработкой продуктивного пласта для обеспечения возможности непосредственного отбора обарчивающих валовых проб из траншей (или бурения кустов скважин) необходимым объемом ( $0,5-1,5$  м<sup>3</sup>).

Секционные контрольные валовые пробы на стадии эксплуатационной разведки массой 6,5-7т (объемом более 3 м<sup>3</sup>) должны обеспечить с ошибкой до 20% оценку содержания всех значимых по массе классов крупности ( $-8+0,5$ мм). Частные обарчивающие валовые пробы в подошве пласта объемом 1 м<sup>3</sup> должны обеспечить с ошибкой до 20% оценку содержания доминирующих по массе классов крупности ( $-4+0,5$ мм), что является достаточным для оконтуривания пласта по мощности. Сводные результаты расчетов необходимой минимальной массы проб и суммарного опробования сведены ниже в таблице 3.9. Оценки для блоков категории С<sub>2</sub> могут увеличиться в случае снижения содержания алмазов, пропорционально величине снижения.

Таблица 3.9

Расчетные и фактические массы проб и суммарного опробования по блокам россыпи Нюрбинская за пределами карьера

Номер блока	Масса керновых проб, кг		Суммарная масса, т		
	расчетные оценки для содержаний алмазов доминирующих классов		фактическая средняя	расчетная оценка -4+0,5мм/ -8+0,5мм	Фактическая масса проб, т
	-2+0,5 мм	-4+0,5 мм			
VШС <sub>1</sub>	80	311	317-376 / 982-1002 (**)	9,5 / 27,5	40,5
IXС <sub>2</sub>	80	311	387-393 / 1064	4,4 / 12,2	51,2

Примечание. \*) Масса частных рядовых проб из «кустовых» скважин увеличенного диаметра (151 мм) колебалась в зависимости от мощности пласта от 250 до 650 кг, в среднем 375.6 кг. Масса проб по сквозным пересечениям колебалась от 298 до 2280 кг, в среднем 991 кг. Валовые пробы в пределах Нюрбинской залежи вне действующего карьера не отбирались.\*\*\*) Приведены массы по частным пробам / и сквозным пересечениям. Расчеты выполнены как без учета, так и с учетом кустов скважин.

Сопоставление расчетных и фактических масс проб, а также оценок содержаний и массы алмазов по классам крупности на основе данных опробования скважин позволяет следующие следующие выводы:

Фактическая масса рядовых проб керна, отобранных из кустов разведочных скважин в пределах разведки 2-ой очереди россыпи Нюрбинская, как правило, больше расчетной для кл. -4+0,5мм и как правило позволяет фиксировать по несколько алмазов кл.-4+0,5 мм. Алмазы кл.-8+0,5 мм не фиксируются, либо отмечены в единичных пробах.

Пробы с убогим содержанием алмазов (0,09-0,37 кар/т) в пределах первоначально выделенного по бортовому содержанию 0,20 кар/м<sup>3</sup> продуктивного пласта, недостаточно представительные для оценки кл.-4+0,5 мм, присутствуют. Но их доля очень существенно, на 35% снижена в результате разработки ТЭО разведочных кондиций для открытой отработки Нюрбинской россыпи за пределами проектного карьера и сведена по

предлагаемым к утверждению ГКЗ кондициям (бортовое содержание 0,70 кар/м<sup>3</sup>) до минимума (всего 15%).

14 декабря 2011 года в ГКЗ Роснедра успешно завершилось рассмотрение технико-экономического обоснования разведочных кондиций и отчета о результатах разведки II очереди погребенной россыпи алмазов Нюрбинская за 2007-2010 гг. с подсчетом запасов по состоянию на 01.09.2010 г. Протоколом № 2650 заседания Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых (ГКЗ Роснедра) от 14 декабря 2011 г., для подсчета запасов II очереди отработки алмазной россыпи Нюрбинская применительно к условиям открытой добычи, утверждены следующие постоянные разведочные кондиции:

- подсчет запасов производить в контуре карьера II очереди, обоснованного в ТЭО кондиций;
- оконтуривание россыпи производить в геологических границах продуктивных отложений (галечники и гравелиты), а при их отсутствии по бортовому содержанию в пробе +3 у.с.к, равному 0,4 кар/м<sup>3</sup>;
- минимальное содержание в краевой оконтуривающей выработке – 0,7 кар/м<sup>3</sup>
- минимальная мощность продуктивного пласта, включаемого в подсчет запасов – 1 м;
- подсчет балансовых запасов производить по условному ситовому классу +3;
- относить к балансовым запасам фактически извлекаемые при принятой в ТЭО технологии обогащения мелких алмазов у.с.к. -3 в количестве 10 % от запасов у.с.к.+3.

Утверждены запасы категорий C<sub>1</sub> и C<sub>2</sub> – **24 224 400** карат.

В соответствии с Классификацией запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых месторождение II очереди отработки

алмазной россыпи Нюрбинская отнесено к 3-ей группе по сложности геологического строения, а по степени разведанности – к группе разведанных [95].

Общая стоимость выполненных работ в ценах 1991 года составила - 7 695 тыс. руб., что более чем на порядок меньше стоимости работ проведенных при разведке алмазоносных залежей Солур и Восточная, проведенных Ботуобинской ГРЭ в 1997-2002 гг.

Разведка алмазоносных залежей Восточная и Солур осуществлена по линиям штреков из шахт 5, 6, 7, 8, 9 и 10 с непрерывным опробованием продуктивного пласта или через 10-25 м по восстающим и гезенкам. Штреки пройдены через 800 м. в крест простирания залежей. Участки залежей между штреками изучены скважинами колонкового и ударно-канатного бурения по сети 200-100x100-50 м. Общая стоимость выполненных работ в ценах 1991 года составила 110 407 тыс. руб. [104].

Таким образом, для оценки ресурсов и подсчета запасов алмазов класса -4+0,5мм погребенных россыпей обоснована буровая система: при содержании более 0,8 карат/т минимально представительный объем рядовых проб составляет 310 кг, при содержании более 4 карат/т – 60 кг, а для оконтуривания нижних горизонтов и слабо алмазоносных флангов минимально представительный объем проб должен быть увеличен до 1550 кг, эффективная наработка которого возможна методом скважинной гидродобычи.

#### **4. ДАЛЬНЕЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ ПОГРЕБЕННЫХ РОССЫПЕЙ АЛМАЗОВ СРЕДНЕ-МАРХИНСКОГО РАЙОНА**

Методика и результаты разведки первой и второй очередей россыпи Нюрбинская подробно изложены в третьей главе настоящей работы. На флангах россыпи Нюрбинская работами Ботубинской ГРЭ оценены прогнозные ресурсы по категориям  $P_1$  и  $P_2$  в весьма значимых объемах. Оцениваемые блоки прогнозных ресурсов располагаются в пределах высококонтрастного Верхне-Дяhtarского ореола рассеяния ИМК и алмазов. Новые блоки выделены на продолжении россыпи «Нюрбинская» в пределах лицензионной площади ПАО «АЛРОСА-Нюрба», а также за ее пределами в юго-западном направлении на расстояние около 4,0 км.

##### **4.1. Современное состояние оценочных и разведочных работ по россыпи Нюрбинская**

В 2015 году Ботубинская ГРЭ закончила работы по разведке коренного месторождения алмазов кимберлитового тела «Майское» и сопровождающей его россыпи. Работы по разведке месторождения проведены в связи с необходимостью дальнейшего обеспечения запасами алмазов промышленных категорий действующего горнообогатительного комплекса. При составлении отчёта использованы результаты геологоразведочных работ, проведенных в 2011-2015 гг. Ботубинской ГРЭ за счет средств АК «АЛРОСА» (ПАО) по объекту «Майский». Кроме этого использованы результаты поисково-оценочных работ, проведенных Ботубинской ГРЭ на месторождении в 2006-2007 гг.

Месторождение «Майское» разведывалось системой наклонно-направленных и вертикальных скважин различного (от 112 до 224 мм)

диаметра, с комплексом опробовательских, обогатительных, опытно-методических и лабораторно-аналитических исследований.

Кимберлитовое тело перекрыто толщей рыхлых мезозойских образований и имеет дайкообразную форму.

Месторождение «Майское», согласно «Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» и «Методическим рекомендациям по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых [43, 48] отнесено к 4-ей группе месторождений по сложности геологического строения.

По результатам разведки месторождение «Майское» отнесено к мелким по размеру и средним по запасам алмазов [42].

Разведанная в контуре предполагаемого карьера россыпь алмазов, генетически связана с размывом коренного месторождения и пространственно сопряжена с ним. Россыпь относится к глубокопогребенным древним алмазоносным залежам в фациях ближнего сноса смешанного генезиса (делювиальных, делювиально-коллювиальных, делювиально-пролювиальных, озерно-пролювиальных), залегает в отрицательных формах древнего рельефа эрозионно-карстового генезиса. По сложности геологического строения, в контуре предполагаемого карьера россыпь алмазов, сопряженную с телом «Майское» отнесена к 3-ей группе месторождений по сложности геологического строения [43, 48].

По размерам и запасом россыпь, сопряженную с коренным месторождением «Майское», отнесена к весьма мелким.

В декабре 2016 года Ботуобинская ГРЭ закончила работы по оценке III-ей очереди россыпи Нюрбинская. В результате оценки россыпной алмазоносности выделен и оконтурен продуктивный пласт, состоящий из верхней и нижней залежей. Размеры россыпи Нюрбинская 3-ей очереди 1990м по длинной оси, при ширине 100-700м. Отчет с подсчетом запасов принят и направлен на экспертизу в ТКЗ Якутнедра.

В целом, распределение содержаний алмазов по площади третьей очереди россыпи неравномерное, струйчато-гнездовое, гнездовое, характерное для неустойчивого гидравлического режима; обогащённые участки перемежаются с обеднёнными.

По мере удаления от коренного источника и далее по простиранию россыпи, алмазоносность заметно снижается, отмечаются отдельные «вспышки» содержаний; средняя мощность пласта верхней и нижней залежи неравномерная. Залежи разделены на отдельные фрагменты, причем с окнами пустых пород.

Основным коллектором алмазов являются отложения дяхтарской толщи, в них сконцентрировано 62% процента запасов «песков» (от общих по пласту), и при сопоставимых с верхней залежью содержаниях 58 % запасов алмазов (также от общих по пласту). В укугутских отложениях соответственно доля посчитанных запасов «песков» составила 38%, запасов алмазов – 42%.

Россыпь Нюрбинская 3-ей очереди отнесена к 3-ей группе месторождений по сложности геологического строения [48].

Методика работ опирается на колонковое бурение в комплексе с топогеодезическими, геофизическими, опробовательскими работами по керну, обогащением, опытно-методическими и лабораторно-аналитическими исследованиями.

Разведочные линии заложены в северо-западном направлении, поперек простирания продуктивной залежи. Сеть бурения 200x100 м.

В первую очередь бурились одиночные скважины, по результатам которых выделены перспективные участки для бурения второй и третьей скважин в непосредственной близости (1 м) от первой скважины. Далее выделен участок детализации с сетью кустов скважин 50x50 м. Выбранный участок изучен почти полностью кустами по две скважины.

Бурение скважин производилось станками ЗИФ-650 с продувкой забоя сжатым воздухом, коронками СМ-5 диаметром 172 мм, с расширителями диаметром 188 мм.

Скважины вскрывали весь разрез сунтарских, тюнгских, укугутских и дяхтарских отложений, элювиальную кору выветривания и после углубки в неизменные терригенно-карбонатные породы нижнего ордовика закрывались с последующим проведением в них комплекса ГИС.

С целью обоснования правомерности применения кондиций для оперативного подсчета запасов алмазов третьей очереди россыпи Нюрбинская выполнен технико-экономический расчет (ТЭР) в основу которого приняты фактические затраты ПАО «АЛРОСА-Нюрба» по освоению второй очереди россыпи Нюрбинская за 2015 год. Полученное на основании технико-экономического расчёта (Табл. 4.1) бортовое содержание алмазов в пробе для оконтуривания третьей очереди россыпи Нюрбинская ( $0,58 \text{ кар/м}^3$ ), с учетом фактических эксплуатационных затрат и цен реализации алмазов в ценах 2015 года, является близким по своему значению к параметрам постоянных разведочных кондиций, утвержденных ГКЗ. Приведенный ТЭР подтверждает правомерность использования в оперативном подсчете запасов алмазов параметров кондиций для второй очереди россыпи Нюрбинская. Необходимо отметить, что по результатам разведочной стадии работ, планируемой в 2020-2023 гг., будет разработано ТЭО постоянных кондиций с окончательным пересчетом всех запасов алмазов россыпи Нюрбинской, включая участок третьей очереди.

Достигнутая плотность разведочной сети позволяет квалифицировать запасы верхней и нижней залежи по категории  $C_2$ (оцененные).

Таблица 4.1

**Сравнение параметров кондиций утвержденных кондиций и ТЭР  
(бортовое содержание алмазов в пробе)**

Наименование показателей	Ед. изм.	Показатели II очереди россыпи, использованные в ТЭО, в руб. на 1 м <sup>3</sup> песков	Показатели III очереди россыпи	Разница %
Прямые затраты на 1 м <sup>3</sup> песков, в т.ч.	тыс. руб.	921	2906,5	315,5
- прямые затраты (добыча, вскрыша, обогащение) без учета амортизации и ОПР	тыс. руб.	367,51	818,15	222,6
- расходы ЦОД	руб.	9,6	-	
- налоги в себестоимости	руб.	544,1	2088,35	383,8
Расчёт производится по формуле: $C_{\text{борт}} = \frac{З}{Ц * И * Р}, \text{ где}$ <p>С<sub>борт</sub> – бортовое содержание алмазов в пробе, кар/м<sup>3</sup>;  З – прямые затраты на вскрышу, добычу и переработку 1 м<sup>3</sup> песков россыпи Нюрбинская, тыс. руб.;  Ц – цена 1 карата алмазов, руб.;  И – коэффициент извлечения алмазов, доли ед. (0,97);  Р – коэффициент разубоживания при добыче, доли ед. (0,8764).</p> $C_{\text{борт}} = \frac{2906,5}{5875,42 * 0,97 * 0,8764} = 0,58 \text{ кар/м}^3$				
Бортовое содержание алмазов в пробе	кар/м <sup>3</sup>	<b>0,477</b> (в протоколе ГКЗ принято 0,4)	<b>0,58</b>	

Суммарные оцененные запасы «песков» и алмазов составили **6094,9** тыс. м<sup>3</sup> и **9505,5** тыс. карат, соответственно [107].

В настоящее время Ботубинская ГРЭ приступила к работе по оценке 4-ой и 5-ой очередей россыпи Нюрбинская. При этом 4-я очередь россыпи находится в пределах лицензионной площади ПАО «АЛРОСА-Нюрба», а участок 5-ой очереди за ее пределами, чем и вызвано это разделение (Рис. 4.1).

В соответствии с «Методическими рекомендациями по применению классификации запасов твердых полезных ископаемых к россыпным месторождениям» [48] при разведке россыпей 3 группы сложности применяются шурфы с рассечками по сети 80-40х40-10 м.

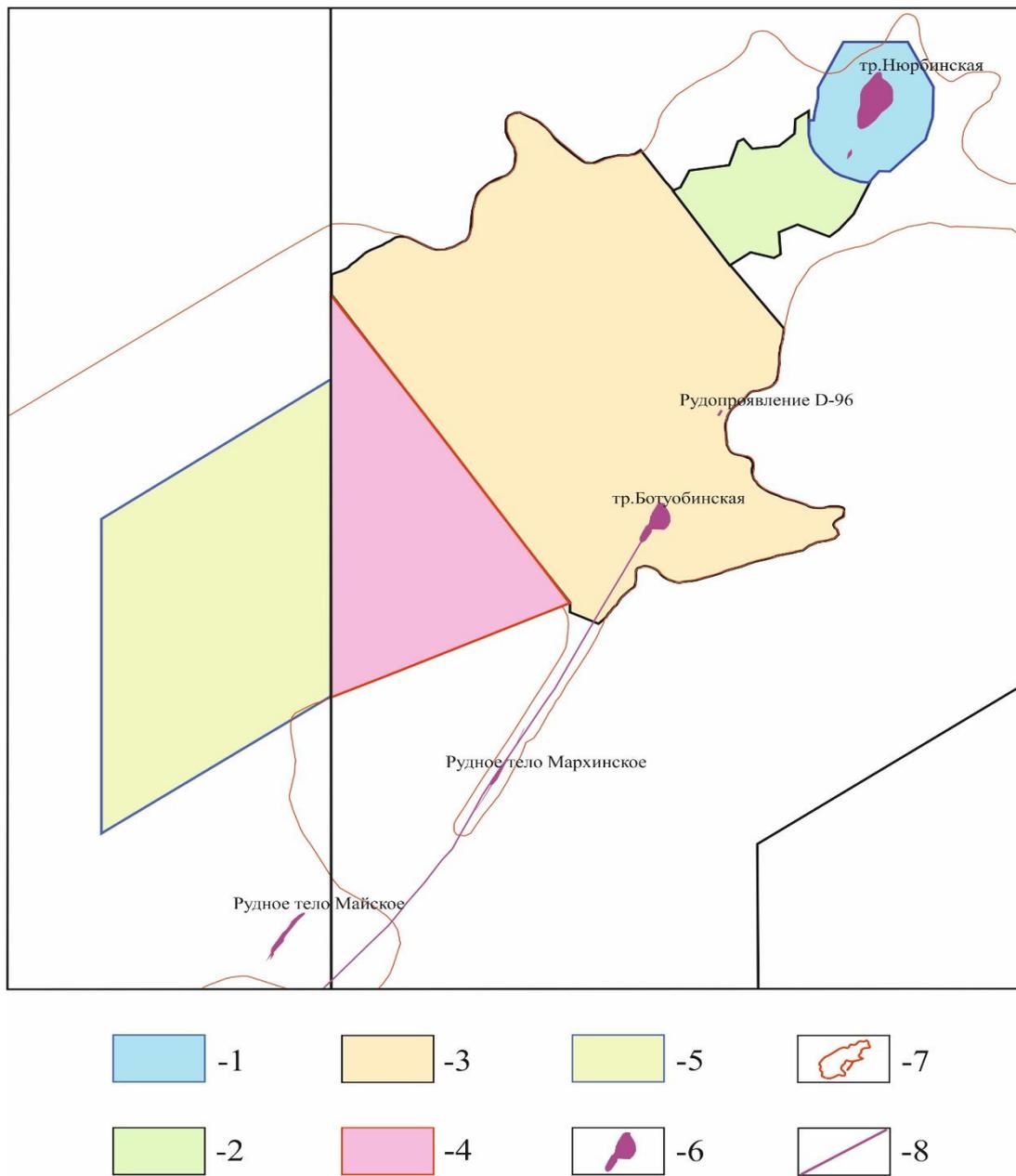


Рис. 4.1. Схема очередности оценки россыпи Нюрбинская

1 – 1 очередь россыпи Нюрбинская; 2 – 2 очередь россыпи Нюрбинская; 3 – 3 очередь россыпи Нюрбинская; 4 – 4 очередь россыпи Нюрбинская; 5 – 5 очередь россыпи Нюрбинская; 6 – Кимберлитовые трубки и рудные тела; 7 – Контур россыпи Нюрбинская; 8 – Рудовмещающие разлом Диагональный.

Фактически для разведки россыпных месторождений алмазов применялась горная или горно-буровая система выработок с разведочной сетью от  $100 \times 20 - 10$  м (В. Биллях) до  $100 \times 50 - 80 \times 40(80)$  м (Новинка и ВГ). По результатам отработки россыпей ВГ и Новинка существенных отклонений от запасов, подсчитанных по данным разведочных работ по категориям В+С1 (ВГ) и С1 (Новинка), не установлено.

Возможности использования горных выработок при оценке россыпи Нюрбинская ограничены большой мощностью перекрывающих пород (поверхностные выработки) и слабой устойчивостью пород продуктивного пласта (подземные выработки). Применение тяжелых горных выработок влечет за собой большой объем нерациональных затрат на крепление горных выработок и существенно затягивает сроки отработки месторождения.

Основным техническим средством дальнейшей оценки россыпи Нюрбинская, учитывающим оптимальное соотношение достоверности получаемых данных, стоимости геологоразведочных работ и доступности технических средств остается бурение кустов из 2 колонковых скважин диаметром 172 мм (на флангах и в местах уменьшения мощности верхней залежи – 3-4 скважины в кусте).

По целиковой части россыпи за пределами разведанных и оцененных запасов предусматривается использовать и развивать ранее созданную поисковую прямоугольную буровую сеть кустовыми скважинами северо-восточного заложения  $200 \times 100$  м (с подсчетом запасов в верхней залежи по категории  $C_2$  и оценкой прогнозных ресурсов по нижней залежи по категории  $P_1$ ).

Ожидаемый прирост запасов алмазов и прогнозных ресурсов четвертой очереди россыпи Нюрбинская составит по категории  $C_2 + P_1 = 4$  млн. карат.

Ожидаемый прирост запасов алмазов и прогнозных ресурсов пятой очереди россыпи Нюрбинская по категории  $C_2 + P_1$  составит – 10 млн. карат.

Таким образом, оценка россыпной алмазности по 4-ой и 5-ой очереди россыпи Нюрбинская послужит основанием для выбора площади дальнейшей постановки разведочных работ с целью увеличения минерально-сырьевой базы ПАО «АЛРОСА – Нюрба».

#### **4.2. Новые возможности буровой системы разведки и отработки погребенных россыпей алмазов**

По результатам разведки II-ой очереди и оценки III-ей очереди россыпи выяснилось, что на флангах ее содержания алмазов падают, мощность продуктивного пласта уменьшается. Для проведения дальнейших работ по оценке россыпной алмазности флангов россыпи Нюрбинская, необходимо резко увеличивать объем опробования песков. Решить эту задачу можно либо увеличением количества скважин в кусте, либо увеличением диаметра бурения. Оба этих пути ведут к значительному удорожанию разведочных работ. Наиболее предпочтительным способом увеличения объема проб может быть применение технологии скважинной гидродобычи (СГД).

На сегодняшний день положительный опыт применения СГД при разведке и разработке россыпей алмазов отсутствует. В 1986–1991 гг. проводились опытные работы по СГД золота из многолетнемерзлых россыпей на прииске Экспериментальный (г. Сусуман, Магаданская область), касситеритовых песков из мощных многолетнемерзлых россыпей на Депутатском ГОКе (Якутия). В ходе этих исследований был апробирован способ отработки мощных мерзлых глубокозалегающих россыпей на основе водно-теплового оттаивания продуктивного пласта с изоляцией кровли воздухом [4].

В 90-е годы прошлого века в г. Мирном на базе погребенных россыпей вблизи трубки Интернациональная на флангах погребенной россыпи Новинка были предприняты попытки проведения опытно-методических

работ по применению СГД алмазов. В ходе этих работ было приобретено, смонтировано и разработано следующее оборудование: буровая установка ПБУ-1200, гидромонитор конструкции МГРИ (Рис. 4.2), энергетическое оборудование (компрессорная станция НВ-10/8М2, передвижная электростанция ДЭС-100, буровой насос НБ-15А), трубная обвязка и измерительные приборы.

Кроме того, силами ЦРММ Чернышевской экспедиции был изготовлен нестандартный модуль для первичного обогащения полученного материала – классификатор собственной конструкции. В ходе этих работ была пройдена одна технологическая скважина для СГД глубиной 40 м, испытано пульпоподъемное оборудование эрлифтного типа. Эрлифтный снаряд состоял из пульпоподъемной и водоподающей трубы с гидромонитором.

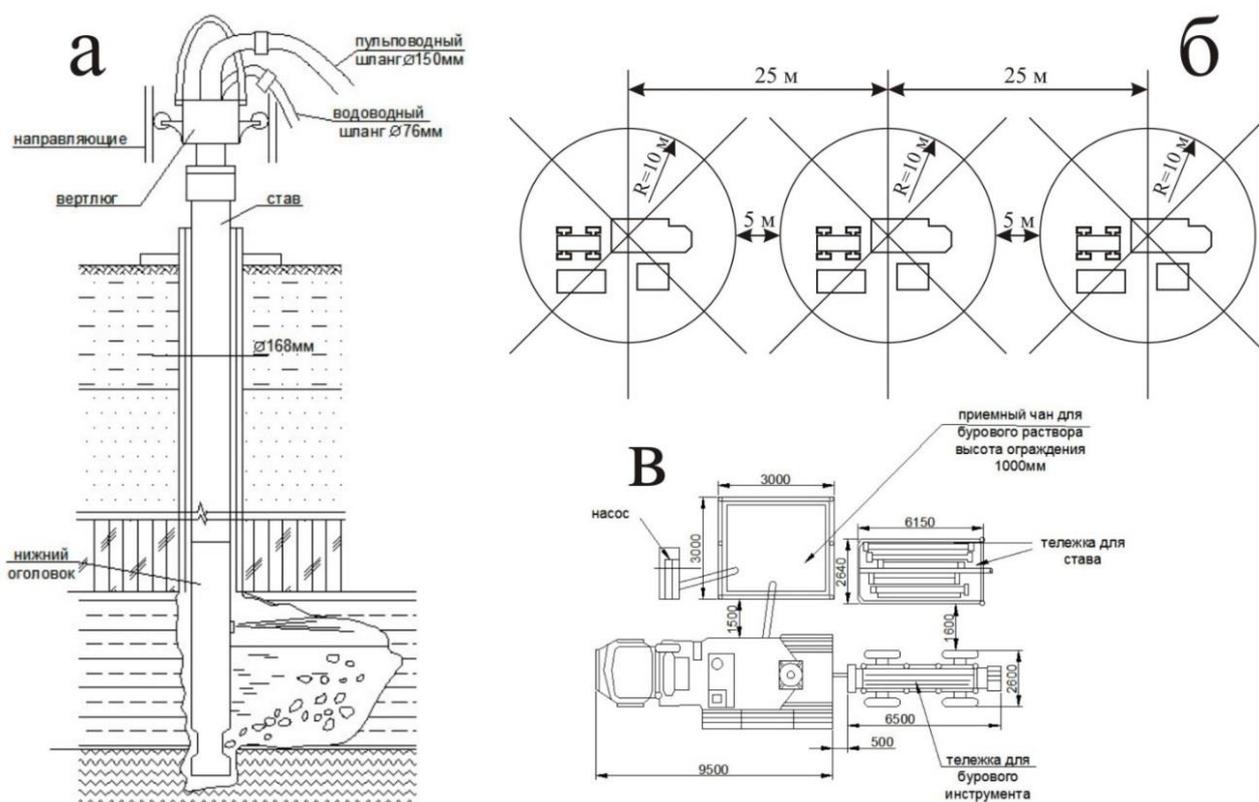


Рис. 4.2. Конструкция гидромониторного снаряда (а), схема расположения буровых установок на скважинах (б) и перечень оборудования для СГД на россыпи Новинка.

Установлены следующие параметры процессов СГД: при давлении воды 120 МПа дальность размыва мерзлых песков незатопленной гидромониторной струей составила более 10 м. Отработка полости осуществлялась при постепенном оттаивании стенок камеры, проходилась 1 п.м. затем осуществлялось ожидание растепления в течение одних суток, и далее процесс повторялся. В результате работ получена выемочная камера высотой около 10 м, при этом ее точные геометрические параметры установлены не были. Объем полученного концентрата на модуле первичного обогащения составил 1,8 м<sup>3</sup>.

В ходе просмотра доставленного на поверхность материала алмазов не выявлено, на минералы-спутники алмаза концентрат не просматривался. На наш взгляд, достоверность выполненных работ нельзя назвать удовлетворительной, поскольку они не сопровождались проходкой контрольной скважины, а поскольку они осуществлялись в пределах фланга россыпи «Новинка» с неопределенными параметрами алмазоносности, в результате чего нельзя точно утверждать был ли вообще вскрыт продуктивный пласт. Телеметрия выработанной полости не проводилась, и через 20 дней произошло обрушение камеры, после чего работы были остановлены и дальнейшего развития не получили.

Неудовлетворительный опыт нельзя идентифицировать с невозможностью применения СГД при отработке алмазных россыпей, поскольку при их постановке были недостаточно проработаны вопросы изучения вещественного состава и технологических особенностей сцементированных алмазоносных отложений, слагающих россыпь Новинка. Учитывая этот опыт, получившийся гидроразмыв, сформировавший внушительную выемочную камеру, приведшую к последующему ее обрушению, свидетельствует о принципиальной возможности применения метода СГД при отработке погребенных россыпей, имеющих широкое распространение в районе г. Мирного.

В целом же метод СГД показал свою эффективность для извлечения с глубины мерзлых галечников, однако, при разработке россыпей золота и касситерита было установлено, что некоторая часть полезного компонента оставалась в добычной камере. Это связано с тем, что частицы золота и касситерита имеют очень высокий удельный вес [2,3,4]. В связи с этим для успешного внедрения технологии необходимым и обязательным условием является проведение на изучаемом россыпном месторождении на первом этапе опытно-методических, а на втором этапе – опытно-промышленных работ.

Особенности способа СГД показывают, что возможность и эффективность его применения определяются широким комплексом факторов. Поскольку каждое месторождение обладает индивидуальными инженерно-геологическими и геолого-технологическими особенностями, в значительной степени определяющими специфику метода СГД, состав технологического оборудования, конструкцию добычного снаряда, простое копирование технологического процесса может заведомо привести к отрицательному результату, как это получилось при попытке применения СГД на россыпи Новинка.

Основными характеристиками, позволяющими оценить возможность применения СГД месторождении, являются физико-геологические [2,4,7].

#### **4.2.1. Горно-геологические условия разработки месторождения**

Перекрывающая трубки Нюрбинская, Ботубинская и погребённую россыпь Нюрбинская толща осадочных пород «торфа» имеет суммарную мощность от 56 до 76 м. Вверху осадочные породы представлены современными элювиально-делювиальными образованиями мощностью 0,5-2,2 м. Эти образования повсеместно перекрывают толщу нижнеюрских отложений. Нижнеюрские отложения (перекрывающие отложения и продуктивная верхняя залежь) сверху вниз представлены: сунтарской,

тунгской и укугутской свитами. Отложения сунтарской свиты имеют мощность 52-57 м, тунгской 5-6 м, укугутской 1,3-20,8 м. Ниже залегают глинистые отложения дяхтарской толщи ( $J_1dh$ ) мощностью от 10 до 50 м. Значение модуля кусковатости составляет 4-6 кусков на метр. В целом, трещиноватость пород слабая и колеблется от 1-2 до 3-5 трещин на метр. Все трещины морозобойного характера образования, ориентировка трещин различная, с преобладанием трещин субгоризонтального простирания. Трещины имеют волнистую, извилистую морфологию.

Частично трещины открытые и выполнены льдом. Следует отметить, что в интервале глубин 40-50 метров ( $J_1sn$ ) залегает пачка аргиллитов, отложения которой характеризуются повышенной трещиноватостью, модуль трещиноватости достигает 10-15 тр/м. Пустоты трещин выполнены льдом в виде линз мощностью до 3-5 см. Породы имеют тонкослоистую текстуру и при оттаивании рассланцо-вываются по многочисленным горизонтальным трещинам отдельности на мелкие плитки толщиной от первых миллиметров до 10 см. При проходке ПГВ буровзрывным способом породы слабоустойчивые.

В нижней части разреза в породах укугутской свиты встречаются прослойки пород с повышенной льдистостью (до 10%), их мощность не превышает 2 метров. Как правило, это алевролиты, аргиллиты с многочисленными зеркалами, бороздами скольжения. Лёд выполняет линзы мощностью до 2-3 см, редко до 5-7 см. Линзы приурочены к субгоризонтальным трещинам напластования.

Для отложений дяхтарской толщи, их мощность в пределах трубок варьирует от 7-15 метров, модуль кусковатости составляет 8-10 кусков на метр. Трещиноватость высокая: 5-10 трещин на метр; по стенкам трещин отмечаются многочисленные зеркала, борозды скольжения. Открытые трещины, мощностью от 0,05 см до 0,2 см, выполнены льдом.

В отложениях дяхтарской толщи в пределах карстовой полости, вскрытой наклонным стволом (ПК 274,4-311 м) и полевым квершлагом (ПК 0-25,0 м) пройденными при разведке трубки Ботуобинская, развита система трещин юго-восточного направления, относительно пологопадающих (20-50°) к юго-западу. Здесь же отмечаются небольшие (до 15-20 см по длинной оси и 3-5 см в поперечнике) полости, заполненные льдом.

По прочностным свойствам перекрывающие отложения малопрочные, низкой и очень низкой прочности (Табл. 4.2). Самыми слабыми породами являются глины алевритистые, глины карбонатные с обломками карбонатных пород, песчаники алевритистые (Табл. 4.3).

В целом, перекрывающие породы на дневной поверхности под действием атмосферных осадков легко разрушаются до рыхлого состояния [47,59,76].

Плотик россыпи сложен карбонатными и терригенно-карбонатными породами олдондинской свиты (O<sub>101</sub>) и развитыми на них образованиями кор выветривания средне-позднетриасового возраста (T<sub>2-3</sub>). Юрские отложения характеризуются средней трещиноватостью (5-10 трещин на 1 пог. м.). Трещины мощностью 1-2 мм, редко до 5 см большей частью выполнены льдом. Подстилающие породы представлены карбонатными и терригенно-карбонатными осадочными образованиями нижнего палеозоя – олдондинской свитой ордовикской системы.

Олдондинская свита сложена сероцветными оолитовыми известняками, желтовато-серыми доломитами в разной степени алевритистыми и песчанистыми, водорослевыми и строматолитовыми доломитами и известняками, внутрiformационными конгломератами, реже голубовато – и зеленовато-серыми алевролитами известковистыми, известковисто-доломитовыми песчаниками, мергелями. Средняя остаточная мощность свиты в районе месторождения составляет 100 м.

Таблица 4.2

## Физико-механические свойства перекрывающих отложений

	Влажность при испытании, W%	Объемный вес, кг/м <sup>3</sup>	Удельный вес, кг/м <sup>3</sup>	Пористость, %	Прочность на сжатие, МПа	Прочность на растяжение, МПа	Скорость продольной волны, м/сек.	Динамический модуль упругости, ГПа	Коэффициент хрупкопластичности, К	Классификация пород по ГОСТу 25100-95
трубка Ботуобинская										
Юрские отложения										
min. значение	0,8	1860	2528	16,9	0,33	0,13	630			Пониженной прочности с прослоями малопрочных и низкой прочности
max. значение	12,09	2200	2928	35,1	25,07	3,15	1750			
количество определений	21	21	20	20	73	56	58			
<b>среднее значение</b>	<b>3,89</b>	<b>1989</b>	<b>2736</b>	<b>27,27</b>	<b>6,1</b>	<b>1,15</b>	<b>1145</b>			
Карстовые + кора выветривания										
min. значение	0,31	2040	2605	2,8	1,25	0,38	1280			Низкой прочности, пониженной прочности, участками малопрочные
max. значение	6,66	2820	2901	26,8	58,95	5	5132			
количество определений	8	8	8	8	23	19	20	1	1	
<b>среднее значение</b>	<b>2,55</b>	<b>2207</b>	<b>2717</b>	<b>18,9</b>	<b>8,92</b>	<b>1,02</b>	<b>2312</b>	<b>55,88</b>	<b>15,94</b>	
трубка Нюрбинская										
Юрские отложения										
min значение	1,9	1860	1740	6,4	0,49	0,47	727	1,9	5	Малопрочные с прослоями низкой прочности
max значение	13,6	2550	2894	33,74	12,9	2,71	1893	7,5	10	
количество определений	42	42	25	25	49	30	48	9	8	
<b>среднее значение</b>	<b>5,85</b>	<b>2013</b>	<b>2731</b>	<b>26,7</b>	<b>5,81</b>	<b>1,14</b>	<b>1452</b>	<b>5,23</b>	<b>6,25</b>	
Карстовые + кора выветривания										
min значение	0,58	1980	2631	20,2	0,64	0,28	469	2,3	3	Пониженной прочности, малопрочные, низкой и очень низкой прочности
max значение	5,5	2400	2935	30,8	27,7	2,4	3125	15,8	12	
количество определений	18	18	10	10	30	18	30	6	6	
<b>среднее значение</b>	<b>2,51</b>	<b>2104</b>	<b>2766</b>	<b>24,99</b>	<b>7,87</b>	<b>1,14</b>	<b>1837</b>	<b>7,56</b>	<b>4,67</b>	

Таблица 4.3

Средние значения основных физико-механических свойств литологических разностей пород по свитам.

Характеристика породы	Влажность,%		Объёмный вес, г/см <sup>3</sup>		Удельный вес, г/см <sup>3</sup>		Пористость,%		Прочность на сжатие, МПа		Прочность на растяжение, МПа		Скорость продольной волны, м/сек		Динамический модуль упругости, ГПа		Коэффициент хрупкопластичности	
	Ботуобинская	Нюрбинская	Ботуобинская	Нюрбинская	Ботуобинская	Нюрбинская	Ботуобинская	Нюрбинская	Ботуобинская	Нюрбинская	Ботуобинская	Нюрбинская	Ботуобинская	Нюрбинская	Ботуобинская	Нюрбинская	Ботуобинская	Нюрбинская
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Перекрывающие юрские отложения																		
Пески		3,5		2,23		2,82		20,8										
Пески полимиктовые		2,87		2,16		2,86		25,16										
Песчаники	1,97	3,97	1,96	1,95	2,73	2,77	28,01	28,59	2,43	5,53	0,58	0,94	1100	1574		5,95		6,67
Песчаники алевритистые	5,64	5,65	2,04	1,94	2,57	2,72	20,7	30,86	2,08	6,2	0,14	1,26	1110	904		1,9		5
Песчаники глинистые	3,25		1,96		2,68		26,9		9,33		1,77		725					
Песчаники на глинисто-сидеритовом цементе	2,28		1,92		2,83		32,15		5,87		1,09		1407					
Песчаники на карбонатном цементе		3,71		1,96		2,8		29,88										
Аргиллиты	12,09	7,1	2,02	2,05	2,75	2,72	26,6	24,6	9,54									
Аргиллиты алевролитистые	4,23		2,07		2,83		26,53		13,244		2,57		710					
Тонкое переслаивание аргиллитов и алевролитов	5,08	5,6	2,12	1,98	2,84	2,23	25,3	27,47	5,9	9,45	0,98	1,77	1722	1503		5,3		6
Алевролиты	9,26	3,81	1,92	2,05	2,53	2,56	24,1	20,7	9,9		1,19		1346					

Характеристика породы	Влажность, %		Объёмный вес, г/см <sup>3</sup>		Удельный вес, г/см <sup>3</sup>		Пористость, %		Прочность на сжатие, МПа		Прочность на растяжение, МПа		Скорость продольной волны, м/сек		Динамический модуль упругости, ГПа		Коэффициент хрупкопластичности	
	Ботуобинская	Нюрбинская	Ботуобинская	Нюрбинская	Ботуобинская	Нюрбинская	Ботуобинская	Нюрбинская	Ботуобинская	Нюрбинская	Ботуобинская	Нюрбинская	Ботуобинская	Нюрбинская	Ботуобинская	Нюрбинская	Ботуобинская	Нюрбинская
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Алевропесчаники	3,99	9,45	1,89	2,01	2,83		33,1		8,31		1,68		1365					
Глины карбонатные	1,92		2,25		2,72		17,28		12,16		1,16		2520		55,88		15,94	
Глины алевритистые	2,2		2,15		2,64		18,6		2,56		0,66		2013					
Глины карбонатные с обломками карбонатных пород	2		2,05		2,8		26,8		3,16		0,54		2150					
Вмещающие отложения олдондинской свиты (O <sub>1</sub> ol)																		
Алевриты		0,25		2,44		2,77		11,66		24,36		4,79		3568		31,19		8,28
Алевриты доломитовые		2,2		2,38		2,75		13,35		22,8		2		4059		40		11
Алевриты глинисто-карбонатные	0,28		2,4		2,81		14,53		15,4		3,18		1607					
Глины карбонатные		2,4		2,3		2,77		17,14		7,7		1,5		2167		11,2		5
Глины песчанистые	1,46		2,05		2,74		25,1		1,13		0,48		1306					
Доломиты		1,36		2,65		2,83		6,4		56,95		8,2		4773		55,55		7
Доломиты известковистые		0,47		2,67		2,86		6,63		35,02		6,71		5729		83,94		5,05
Доломиты глинистые	0,19		2,47		2,93		13,8		47,59		2,24		4450		48,38		8,43	
Доломиты с прослоями карбонатных глин		2,4		2,58		2,86		9,87		30,4		5,8		4274		45		5
Известняки	0,89	1,03	2,55	2,65	2,84	2,87	9,57	7,08	25,51	40,66	4,12	6,06	3438	4378	444,93	48,92	12,02	7,95

Перекрывающие и слагающие месторождение юрские отложения в мерзлом состоянии представляют собой довольно монолитную толщу. Прочность на сжатие этих отложений в среднем составляет около 6,8 МПа, объёмный вес 1,86-2,55 т/м<sup>3</sup>, в среднем – 2,06 т/м<sup>3</sup>. В талом состоянии прочность их резко снижается, а верхняя часть разреза этих отложений превращается в плавун.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что алмазоносные пески представляют собой слабосцементированную льдистую породу V категории по буримости (малопрочные, низкой и очень низкой прочности), которая при оттаивании легко размывается струей воды.

#### **4.2.2. Технология обогащения «песков» месторождения**

Пески являются труднопромывистыми, содержание илисто-глинистой фракции мельче 0,1 мм доходит до 80-90 %. Промышленная технологическая схема обогащения песков разработана по результатам детального изучения технологических свойств алмазосодержащих пород, проведенных институтами «Иргиредмет» и «Якутнипроалмаз».

Обогащательная фабрика № 15 построена по проекту фирмы «SVEDALA» (Швеция). В основу первоначальной технологической схемы заложен западный вариант технологии обогащения алмазосодержащих кимберлитов, что принципиально и существенно отличает ее от действующих фабрик АК «АЛРОСА», а именно:

- процесс раскрытия алмазов из руды осуществляется трехстадиальным дроблением;
- обогащение руды проводится в гидроциклоне в суспензии из гранулированного ферросилиция, регенерация суспензии осуществляется магнитной сепарацией в одну стадию;
- для доизмельчения хвостов цеха доводки установлена стержневая мельница;

- технологическое оборудование укомплектовано контрольно-измерительными приборами, управление процессом, регулировка режимов работы компьютеризировано и осуществляется оператором диспетчерского пульта, куда сводится вся оперативная информация о работе технологического оборудования.

Обогатительная фабрика № 15 эксплуатируется в сезонном режиме от наступления устойчивых теплых дней до первых морозов. Проектная технологическая схема рассчитана на обогащение рудного материала крупностью  $-25+1$  мм. Нижний предел обогащения (1,0 мм) утвержден согласно классификатору и преискуранту системы «Сити» по протоколу ГКЗ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 25.04.01 г. Исходные алмазонасные пески из карьера вывозятся самосвалами САТ-777D на промежуточный отвал песков, расположенный непосредственно на пандусе фабрики, откуда колесным погрузчиком САТ-988F загружаются в приемный бункер  $V=20$  м<sup>3</sup>, оборудованный решеткой 400x400 мм. Из бункера пески при помощи пластинчатого питателя ПП2-15-60 с регулируемым приводом подаются в мельницу мокрого самоизмельчения ММС-50x23Р. Разгрузка мельницы крупностью  $-25$  мм поступает в спиральный классификатор 1КСН-24x92, слив которого (класс  $-1$  мм) направляется в зумпф с последующей перекачкой в хвостохранилище. Пески классификатора, крупностью  $-25$  мм ленточным конвейером ЛСТ-800 подаются на последующую дезинтеграцию в скруббер W20M40. Из скруббера материал разгружается на двухдечный вибрационный грохот ГИСЛ-62У, где рассеивается на три класса:  $+25$  мм;  $-25+1$  мм;  $-1$  мм. Подрешетный продукт крупностью  $-1$  мм направляется в зумпф и вместе со сливами классификатора 1КСН 24x92 насосом «WARMAN» подается в хвостохранилище. Продукт  $-25+1$  мм разгружается на ленточный конвейер и поступает в смесительную камеру тяжелосредной сепарации (ТСС). Материал крупностью  $+25$  мм с помощью трёх ленточных конвейеров

выводится в сохранный отвал. В смесительной камере ТСС готовый продукт перемешивается с суспензией и насосом подается на обогащение в тяжелосредний гидроциклон С420-20-1/ВВ-А/100 диаметром 420 мм. Тяжелая (концентрат) и легкая (хвосты) фракции поступают через неподвижный дуговой грохот на самобалансный вибрационный грохот 1500x4800 SD для отмывки их от суспензии. Дека дренажного грохота разделена на две части для отдельной транспортировки тяжелой и легкой фракций.

Тяжелая фракция (концентрат) после отмывки суспензии подается трубчатым питателем и ленточным конвейером на вибрационный грохот ГИТ-0,63, где разделяется на три класса крупности: -25+6; -6+1 и -1 мм.

Материал крупностью -25+6 мм поступает на рентгенолюминесцентные сепараторы ЛС-ОД-50-03.

Материал крупностью -6+1 мм через бункер направляется в инфракрасную сушильную печь UV+IR и вибрационную печь «КОНСИТ». Высушенный материал поступает на однодечный двухсекционный грохот (HFS 0,9x3,0), где разделяется на три класса крупности: -6+3; -3+1 и -1 мм. Продукты крупностью +1 мм отдельно по классам поступают на рентгенолюминесцентные сепараторы ЛС-Д-4-04, затем перечищаются на рентгенолюминесцентных аппаратах ЛС-ОД-4-04, материал крупностью -1 мм возвращается на дезинтеграцию в скруббер.

Легкая фракция (хвосты) крупностью -25+1 мм является отвальным продуктом, и после отмывки от суспензии на грохоте ленточным конвейером подается в сохранный отвал сухих хвостов.

Водоснабжение отделения рудоподготовки и обогащения смешанное с водоснабжением обогатительной фабрики № 16, осуществляется насосами из отдельных емкостей: хвостохранилища I очереди и пруда тяжёлосредней установки фабрики соответственно. Складирование хвостов производится также отдельно по переделам: рудоподготовка, обогащение.

Полученные алмазосодержащие концентраты рентгенолюминесцентных сепараторов подвергаются разборке в цехе доводки фабрики № 16 и окончательной доводке в цехе окончательной доводки (ЦОД-е) Мирнинского ГОКа АК «АЛРОСА» (ПАО) (г. Мирный).

Для контроля за процессом технологического процесса на фабрике № 15 функционирует система опробования и контроля. Опробованию подвергаются отвальные продукты при обработке песков, в т.ч.:

- слив классификатора 1КСН-24х92;
- подрешетный продукт грохота ГИСЛ-62У крупностью -1 мм на разгрузке скруббера (слив и пески ГЦ-500);
- надрешетный продукт грохота ГИСЛ-62У крупностью +25 мм;
- хвосты тяжелосредней сепарации крупностью -25+1 мм;
- немагнитная фракция магнитного сепаратора VS 1212 DMHG узла регенерации;
- хвосты участка доводки крупностью -25+1 мм.

Отбор проб указанных продуктов осуществляется в ручном режиме сепараторщиками цеха технического контроля (ЦТК). По данным опробований составляется баланс по пескам и рассчитывается извлечение алмазов по фабрике. Учет потерь алмазов производится за каждую смену и в целом за сутки. Учет суммарных потерь алмазов с начала месяца осуществляется отдельно по каждой технологической смене и по фабрике в целом. Кроме того, потери алмазов с начала месяца учитываются отдельно по каждому отвальному продукту. Полученная товарная продукция учитывается за сутки.

Проектное извлечение по фабрике № 15 составляет 96,0%. Фактическое извлечение алмазов при обработке песков на фабрике № 15 составляет 96,5 – 96,7% [95].

### **4.2.3. Инженерно-геологические условия разработки**

#### **месторождения**

В период 1994 – 2000 гг. при детальной разведке коренных месторождений алмазов – кимберлитовых трубок “Нюрбинская” и “Ботуобинская” и их одноимённых россыпей были изучены инженерно-геологические условия района работ при полевых и лабораторных исследованиях.

Полевые инженерно-геологические работы включали соответствующую документацию керна скважин. В интервалах выделенных литологических разностей пород детально описывались структуры и текстуры, характер вторичных процессов и степень изменения пород, трещиноватость, пористость и зоны дробления, давалась качественная и количественная оценка трещиноватости, детально описывалась морфология трещин и состав заполнителя. Сохранность керна при хранении на керноскладах с течением времени удовлетворительная, глинистые разности под действием атмосферных осадков рассланцовываются по напластованию.

Скважинами вскрыты:

- мезозойские терригенные отложения, представленные песчаниками, глинистыми алевролитами, щебнисто-глинистыми карстовыми осадками и образования коры выветривания общей мощностью 102 м;
- палеозойские терригенно-карбонатные породы нижнего ордовика общей мощностью до 67 м.

Терригенно-карбонатные породы представлены тонким переслаиванием алевролитов, известняков, доломитов в разных пропорциях с подчиненным количеством песчаников, мергелей и аргиллитов. Разрезы скважин в пределах участка хорошо коррелируются с другими скважинами, пройденными ранее.

В карбонатных разностях отмечаются эпигенетические и гипергенные процессы. Одним из их проявлений является образование каверн, в

основном, приуроченных к плотным известковым породам. Каверны имеют неправильную овальную или вытянутую форму. Размер 0,1-1,5 см до 3,0 см, заполнены льдом. Стенки каверн инкрустированы кальцитом. Наиболее агрессивным проявлением процессов гипергенеза является выщелачивание карбонатных толщ с развитием процессов маршаллитизации по строматолитовым и оолитовым известнякам и образованием карстовых воронок, полостей, трещин. Карстовые образования заполнены песчано-алевритистым, глинистым терригенно-карбонатным материалом с обломками доломитов, известняков. Мощность развития карстовых образований от первых сантиметров до 10 м.

По данным инженерно-геологической документации керна скважин вмещающие породы имеют повышенные значения модулей кусковатости и трещиноватости.

Месторождение залегает в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород. В вертикальном разрезе выделяются следующие зоны и слои:

- деятельный слой – слой сезонного ежегодного оттаивания и промерзания пород с поверхности; мощность деятельного слоя в зависимости от литологии слагающих его пород, их влажности и экспозиции поверхности меняется от 0,2 до 2,0-2,4 м;
- многолетнемерзлые породы – развиты на площади месторождения до глубины 185 – 197 м, перекрывают сплошным экраном межмерзлотный верхнекембрийский водоносный комплекс, изолируя его от поверхности источников питания; таликовые зоны в пределах месторождения и на прилегающих площадях не зафиксированы;
- зона распространения многолетнемерзлых и морозных пород – прерывистый тип распространения мерзлых пород по вертикали обусловлен спорадическим распространением по площади межмерзлотных вод; породы переходной зоны залегают в интервале 185 – 400 м; отрицательная  $t^{\circ}$  пород зафиксирована до глубины 820 м.

Талые породы и водопритоки не зафиксированы. Кровля межмерзлотного верхнекембрийского водоносного комплекса отмечается на глубинах 185 – 197,2 м. Водопроницаемость комплекса колеблется в пределах 0,0004 – 0,2 м/сут. Дебиты по восстановлению уровня воды в скважинах 0,86 – 2,40 м<sup>3</sup>/сут. Подмерзлотный верхнекембрийский водоносный комплекс на территории трубки Нюрбинской вскрыт на глубине 400 м.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что при наработке крупнообъемных проб при разведочных (или опытно-методических работах) на флангах россыпи Нюрбинская методом скважинной гидродобычи водопритоков подземных вод не ожидаются. Сложность представляет предварительное оттаивание песков, а также изоляция кровли продуктивного пласта от излишней оттайки.

#### **4.2.4. Горнотехнические условия разработки месторождения**

Отработка трубок Ботубинская и Нюрбинская осуществляется открытым способом. Отработка трубки Нюрбинская и прилегающей целиковой россыпи производится в едином карьерном поле, что предопределяет взаимоувязанную схему вскрытия карьера и прилегающей россыпи. Вскрытие россыпи Нюрбинская осуществляется за счет разноса борта карьера «Нюрбинский» в юго-западном направлении. Трубка Ботубинская расположена в 2,5 км юго-западнее карьера «Нюрбинский». Разработка карьеров ведётся по транспортно-углубочной системе с применением автотранспорта. Вскрышные породы вывозятся во внешние отвалы, руда и пески – на склады. Режим работы ОФ №16-круглогодичный, ОФ № 15 – сезонный.

На карьерах принята транспортная углубочно-сплошная система разработки, с применением экскаваторно-автомобильного комплекса, с внешним отвалообразованием. Подготовка вскрышных пород к выемке осуществляется буровзрывным способом. Для бурения используются

буровые станки DMM2 фирмы «Ingersollrand», имеющие дизельную силовую установку и обеспечивающие бурение скважин диаметром 229-279мм. Для взрывных работ применяются штатные промышленные ВВ [1].

В настоящее время, технология открытой отработки россыпи включает механическое рыхление бульдозером, с применением буровзрывного способа при мощности пласта более двух метров. Потери в недрах при разработке россыпи составляют сотые и тысячные доли процента и в связи с их незначительностью игнорируются. Россыпь характеризуется сложным строением, литологический контроль слабый, контуры продуктивного пласта определяются по данным разведочного и эксплуатационно-разведочного опробования. Отработка россыпи проводится по маркшейдерским отметкам с учетом литологических особенностей песков. Сопровождающая эксплуатационная разведка обеспечивает ежесменный геологический контроль за процессом добычных работ.

Особенности строения разрывных нарушений:

- наибольшее развитие в пределах участка имеют субвертикальные и субгоризонтальные разрывные нарушения;
- наклонные дизъюнктивы немногочисленны и не имеют существенного значения для структуры околотрубного пространства;
- наиболее значительные субгоризонтальные нарушения отмечаются на 145-170 горизонтах карьера, где их мощность достигает нескольких метров, и они представлены зонами дробления, расланцевания и перетирания пород, предположительно надвигового типа;
- трещинная сеть в целом на разных участках карьера неодинаковая; несмотря на довольно значительное разнообразие сочетаний основных систем разрывов, позволивших выделить блоки с разным строением трещинной сети, выявлено очевидное доминирование запад-северо-западного и северо-северо-восточного направлений границ блоков;
- мощность зон главных разрывных нарушений в перекрывающих

- трубку отложениях колеблется от 10 до 40 м, составляя в среднем 20 м;
- перемещения по горизонтальным границам не значительны;
  - внутриблоковые разрывные нарушения (преимущественно северо-северо-западного и восток-северо-восточного направлений), как правило, характеризуются по мощности первыми метрами, реже 10 и более м.

По данным лаборатории геомеханики института "Якутнипроалмаз", допустимый коэффициент запаса устойчивости ( $K_{зу}$ ) борта карьера трубки "Нюрбинская" определен равным  $K_{зу}=1,5$ . При таком  $K_{зу}$  борт карьера может быть отстроен в перекрывающей толще 10-15 метровыми уступами, которые на предельном борту могут сдваиваться по специальной технологии под углом  $35^\circ$ . Во вмещающих породах высота уступов может быть повышена до 15 метров с последующим их объединением, кратным трем, с предварительным щелеобразованием, под углом  $75-80^\circ$ [1].

#### **4.2.5. Экологические условия разработки месторождения**

Первые инженерно-экологические изыскания территории Накынского кимберлитового поля были проведены сотрудниками АН РС (Я) и Геолого-геохимической партии ГУП ЯПСЭ Госкомитета по геологии и недропользованию РС (Я) в 1995 – 1996 гг., с целью сбора материалов для экологического обоснования мероприятий по развитию горнодобывающего производства на указанной территории.

В 2014 г. сотрудниками НИИПЭС СВФУ им М.К. Аммосова в рамках договора с ОАО «АПРОСА-Нюрба» выполнены работы по теме «Мониторинг состояния наземных и водных экосистем в зоне влияния Нюрбинского ГОКа». Ими были проанализированы фондовые материалы за 2007-2014гг. по состоянию почвенного покрова, растительности, животного населения, вод водотоков и гидробионов, проведены полевые наблюдения и химико-аналитические исследования. По результатам выполненных работ

выявлены новые участки загрязнения окружающей среды и расширение площади загрязнения в верховьях рек Дяхтар-Юряге и Дюлюнг-Оту. Воздействие деятельности НГОКа по площади имеет локальный характер, по отношению к объектам воздействия – выборочный (в одно время на одни влияет, на другие нет). Зона негативного воздействия по площади не вышла за пределы верхней части междуречья Накын-Ханья.

По вопросам воздействия добывающего предприятия на элементы экосистемы (почва, воздух, недра и др.), следует отметить, что основное воздействие **определяется изъятием больших объёмов горной породы при отработке месторождений.**

Глубина и основные технологические параметры карьеров и рудника приняты на основе многовариантных технологических и технико-экономических расчетов с привлечением современных методик и рекомендаций научно-исследовательских работ. Борты карьеров и их параметры внешних отвалов запроектированы на основе рекомендаций института «Якутнипроалмаз» и находятся под постоянным контролем.

В настоящее время на рассматриваемой территории действует промышленный комплекс, ядром которого являются карьеры «Нюрбинская» и «Ботубинская». Вся производственная инфраструктура размещена на минимально возможном расстоянии от них. На площадке располагается обогатительная фабрика №16 и 15, цех ремонта техники, АБК и объекты тепло-, водо- и электроснабжения, вахтовый посёлок, объекты инфраструктуры, создана разветвлённая сеть автомобильных дорог и инженерных коммуникаций.

Следует отметить что технология СГД не предусматривает применения ядовитых жидкостей или химических реагентов, способных нанести существенный ущерб окружающей среде. По характеру воздействия на существующую экосистему она относится к незначительным, носящим эпизодический и кратковременный характер.

## ВЫВОДЫ:

Анализ вышеизложенной геологической информации позволил оценить россыпное месторождение алмазов Нюрбинская с позиции пригодности для СГД (Табл. 4.4), согласно которым россыпь Нюрбинская отвечает требованиям для применения СГД. Работы можно выполнять круглогодично, поскольку используется замкнутый цикл циркуляции перегретой водно-воздушной смеси.

Таблица 4.4

### Физико-геологические характеристики продуктивных отложений россыпи Нюрбинская для применения СГД

Месторождение	Глубина залегания, м	Мощность продуктивного пласта, м	Породы кровли	Продуктивный пласт	Факторы благоприятные для СГД	Факторы не благоприятные для СГД
Нюрбинская (верхняя залежь)	65,4-90,5	1,0-13,5	Многолетнемерзлые глинистые алевриты	Мелкогалечные конгломераты, гравелиты, песчаники	Пески слабосцементированные, большая мощность продуктивного пласта его четкие границы, прочные многолетнемерзлые перекрывающие породы. Неглубокое и уровневое залегание алмазоносных песков.	Необходимость оттаивания продуктивного пласта. Значительные энергозатраты на оттайку и собственно СГД, поскольку район удален и энергоснабжение планируется за счет привозного топлива.
Нюрбинская (нижняя залежь)	68,5-100,0	1,0-30,2	Многолетнемерзлые породы верхней залежи, глинистые алевриты	Глинистые алевриты с щебнем и дресвой	Пески слабосцементированные, большая мощность продуктивного пласта, прочные многолетнемерзлые перекрывающие породы. Залегание палеокарстовых полостей в прочных карбонатных стенках, с такой же подошвой и перекрытием, которое может быть также сложено юрскими песчано-алевритовыми отложениями, что предопределяет малую степень разубоживания и потерь при СГД.	Необходимость оттаивания продуктивного пласта. Значительные энергозатраты на оттайку и собственно СГД. Высокая глинистость продуктивного пласта, невыдержанность залежи. Возможные потери сырья за счет предположительной локализации части алмазов в щелях карбонатного плотика и среди глыб известняков, которые обусловлены трещинами тектонического кливажа

Предлагаемая последовательность опытно-методических работ по СГД выглядит следующим образом:

1. Предпроектный этап, в ходе которого оцениваются технологические операции СГД, выбор полигона, получены физические характеристики и разновидности продуктивных отложений и вмещающих пород, геометрия пластов, инженерно-геологические исследования.

2. Подготовительные работы, строительство котлованов для технической воды, обустройство дорог, сетей энергоснабжения и трубопроводов, монтаж насосных или цементировочных агрегатов, гидромониторов и вспомогательное оборудования.

3. СГД: разрушение продуктивных пластов с переводом в пульпу, управление процессом формообразование камеры с учетом горного давления, выдача пульпы на поверхность.

Применение СГД возможно и в поисковых целях для получения объемных проб из маломощных базальных горизонтов, залегающих на кимберлитовмещающем карбонатном цоколе. Локализация участков, перспективных на выявление их коренных источников при поисковом бурении сегодня выполняется на основании шлихового кернового опробования на ИМК, однако низкая представительность геологического опробования (объем пробы  $0,01\text{м}^3$ ) не позволяет выявить положительные признаки даже при наличии поблизости месторождения и заставляет сгущать сеть скважин с удорожанием ГРП [40,77].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение закономерностей распределения алмазов в разведанной части погребенной россыпи Нюрбинская позволило сделать вывод о том, что решающий вклад в её образовании внесло коренное месторождение алмазов – кимберлитовая трубка Нюрбинская, незначительная доля алмазов привнесена из кимберлитов Ботуобинской и Майской трубок.

При этом, сложный рельеф плотика россыпи Нюрбинская, аномальные концентрации алмазов на локальных участках, две разновозрастные продуктивные залежи, распространение рудоконтролирующих нарушений и околорудной гидротермальной минерализации позволяют прогнозировать в западном обрамлении Верхне-Дяхтарского ореола ИМК и алмазов новые алмазоносные кимберлитовые тела типа Майского месторождения.

Высокие содержания алмазов и практически полное отсутствие их сортировки на участке второй очереди россыпи Нюрбинской дали возможность оценки и подсчета запасов на основе данных кернового (малообъемного) опробования кустов (группы из трех-пяти сближенных скважин) по сети 100x50м, что позволяет существенно ускорить разведку месторождения и кардинально снизить затраты на ее проведение. Полученный опыт рекомендовано распространить на ГРР по оценке аналогичных объектов.

Представительность массы разведочных рядовых проб для оценки содержания алмазов с целью оконтуривания продуктивного пласта по мощности и в плане, а также по пересечению анализировалась с помощью оценки необходимой массы пробы в зависимости от алмазоносности песков на уровне пробы или совокупности проб.

Минимальная представительная масса рядовой разведочной пробы, обеспечивающая (с ошибкой до 35%) оценку содержания всех трех

доминирующих классов алмазов крупностью  $-4+0,5$  мм, должна быть более 310 кг. Основная часть проб позволяет с достаточной точностью оценить содержание алмазов основных доминирующих классов  $-4+0,5$  мм.

В то же время, такая масса рядовой пробы не достаточна для достоверного оконтуривания продуктивного пласта по действующим условиям на флангах россыпи, особенно при локализации слабоалмазоносных (0,37-0,80 кар/т) и «убогих» по продуктивности песков (0,09-0,37 кар/т), что в данной ситуации требует обязательной наработки крупнообъемных проб. Решить эту проблему может применение технологии скважинной гидродобычи (СГД).

Внедрение технологии СГД позволит увеличить объем опробования в 10–100 раз, что гарантированно позволит наработать представительный объем пробы при разведке и оценке россыпи, а также позволит выявить перспективы алмазоносности изучаемого участка, либо предотвратить дальнейшее его опоскование при постановке поисковых работ.

Технология СГД может быть применима для решения широкого круга вопросов, включая поисково-разведочные работы (для обеспечения представительного объема проб), а также отработку погребенных россыпных месторождений алмазов, что в свою очередь позволит значительно повысить эффективность алмазодобычи и качество геологоразведочных работ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Акишев А.Н., Бондаренко И.Ф., Васильев П.В., Мининг С.С.* Управление запасами и качеством алмазородного сырья. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – 381 с.
2. *Аренс В.Ж.* Сквжинная гидродобыча: исследования, проблемы, задачи // Горный журнал. 2007. №4. С. 42–45.
3. *Аренс В.Ж.* Сквжинная добыча полезных ископаемых (геотехнология). – М.: Недра, 1986. – 279 с.
4. *Аренс В.Ж.* Физико-химическая геотехнология: Учебное пособие. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2001. – 656 с.
5. *Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н.* Минерагения древних россыпей алмазов восточного борта Тунгусской синеклизы // Геология и геофизика. 1987. № 1. С. 90–96.
6. *Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Похиленко Н.П.* Поисковая минералогия алмаза. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2010. – 650 с.
7. *Бабичев Н.И., Николаев А.Н.* Сквжинная гидротехнология – новый способ освоения земных недр // Горный журнал. 1995. №1. С. 14–18.
8. *Белов С.В., Лапин А.В., Толстов А.В., Фролов А.А.* Минерагения платформенного магматизма (траппы, карбонатиты, кимберлиты). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – 537 с.
9. *Бочаров В.В., Григорьев В.С., Грецишников Д.Н., Лозовик В.К., Толстов А.В., Трофимов А.Ф., Шаталов В.И., Якутин В.Е.* Особенности геологического строения и алмазоносность россыпного месторождения Солур-Восточная (Мало-Ботуобинский алмазоносный район) // Россыпи и месторождения кор выветривания: факты, проблемы, решения. Матер. XIII

междунар. совещ. по геологии россыпей и местор. Кор выветривания. Пермь: Изд-во Пермского университета, 2005, с. 15–17.

10. Ваганов В.И. Голубев Ю.К. и др. Методическое руководство по прогнозированию и поискам месторождений алмазов. – М.: 2005. – МПР РФ, ЦНИГРИ. – 220 с.

11. Геология и генезис алмазных месторождений. В двух книгах. Кн. 1. М.: 1989. – 242 с.

12. Геология и генезис алмазных месторождений. В двух книгах. Кн. 2. М.: 1989. – 424 с.

13. Граханов О. С., Серов И. В. Древние россыпи ближнего сноса Средне-Мархинского алмазоносного района // Известия ВУЗов. Геология и разведка № 3, М., 2009 – С.22–27.

14. Граханов О.С. Мезозойские погребенные россыпи алмазов Средне-Мархинского района, строение и условия формирования // Материалы XIV международного совещания «Россыпи и месторождения кор выветривания: современные проблемы исследования и освоения» – Новосибирск: Изд-во ООО «Апельсин», 2010. С. 215–218.

15. Граханов О.С., Неустроев Р.Г. Особенности распределения алмазов в продуктивных отложениях россыпи ближнего сноса Нюрбинская (Средне-Мархинский алмазоносный район) // Система коренной источник – россыпь: материалы конференции, посвященной 100-летию со дня рождения И.С. Рожкова, Ю.Н. Трушкова, П.И. Мельникова. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2009. С. 43–46.

16. Граханов О.С. Рельеф погребенного карбонатного цоколя и его роль в формировании раннеюрской россыпи алмазов Средне-Мархинского района // Наука и образование, Якутск, 2009, № 3, с. 54–59.

17. Граханов О.С. Роль карста в формировании мезозойских россыпей алмазов Средне-Мархинского района // Молодежь и научно-технический прогресс в современном мире: Материалы докладов I

Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Часть II. Якутск: Изд-во Якутского госуниверситета, 2010. С. 166–170.

18. *Граханов О.С.* Строение, состав и условия формирования раннемезозойских погребенных россыпей алмазов Средне-Мархинского района Западной Якутии. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Воронеж, 2010.

19. *Граханов С.А., Шаталов В.И., Штыров В.А., Кычкин В.Р., Сулейманов А.М.* Россыпи алмазов России. – Новосибирск: Академическое изд-во «ГЕО», 2007. – 457 с.

20. *Граханов С.А.* Промышленные россыпи алмазов Якутии // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2005. Т. 80, вып. 3. С. 56–61.

21. *Граханов С.А., Митюхин С.И.* Гранулометрический состав алмазов в россыпях как поисковый признак коренных источников // Изв. вузов. Геология и разведка. 2003. № 1. С. 48–51.

22. *Дукарт А.Д., Борис Е.И.* Авлакогенез и кимберлитовый магматизм. – Воронеж, 2000. – 161 с.

23. *Емельянов В.С., Толстов А.В., Борис Е.И.* Новые данные о перспективах коренной алмазоносности Вилуйско-Мархинской зоны разломов. – Вопросы методики прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых / Якутск: ЯФГУ, изд-во СО РАН, 2004. С. 115–123.

24. *Зинчук Н.Н., Бондаренко А.Т., Гарат М.Н.* Петрофизика кимберлитов и вмещающих пород. – Москва: Недра, 2002. – 695 с.

25. *Зинчук Н.Н., Коптиль В.И.* Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – 603 с.

26. *Зинчук Н.Н., Котельников Д.Д., Борис Е.И.* Древние коры выветривания и поиски алмазных месторождений. – М.: Недра, 1983. – 196 с.

27. *Зинчук Н.Н., Алябьев С.Г., Банзерук В.И., Стегницкий Ю.Б., Ротман А.Я., Егоров К.Н., Коптиль В.И.* Геология, вещественный состав и

алмазоносность кимберлитов Накынского поля Якутии (на примере трубки Нюрбинская) // Геология алмаза – настоящее и будущее. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2005. С 807–824.

28. *Зинчук Н.Н.* Постмагматические минералы кимберлитов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. – 538 с.

29. *Зинчук Н.Н., Афанасьев В.П., Борис Е.И.* Принципы районирования алмазоносных территорий по минералам-спутникам алмаза // Прогнозирование и поиски коренных алмазных месторождений / Под ред. Ю.Н. Брагина. Симферополь: Изд-во Украинск. геол. ин-та, 1999. С. 36–41.

30. *Зинчук Н.Н., Борис Е.И., Яныгин Ю.Т.* Особенности минерации алмаза в древних осадочных толщах (на примере верхнепалеозойских отложений Сибирской платформы). Мирный: Изд-во ЯНИГП ЦНИГРИ, 2004. – 172 с.

31. *Зинчук Н.Н., Дукарт Ю.А., Борис Е.И.* Тектонические аспекты прогнозирования кимберлитовых полей. – Новосибирск, 2004. – 166 с.

32. *Зинчук Н.Н.* Постмагматические минералы кимберлитов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. – 538 с.

33. *Зинчук Н.Н., Харькив А.Д., Мельник Ю.М., Мовчан Н.П.* Вторичные минералы кимберлитов. Киев: «Наукова думка», 1987. – 282 с.

34. *Зинчук Н.Н., Савко А.Д., Шевырев Л.Т.* О количестве эпох мощного корообразования и кимберлитового магматизма в неогее Земли. – Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов. Мирный: 1998.

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

36. *Игнатов П.А., Бушков К.Ю., Толстов А.В., Яныгин Ю.Т.* Картирование скрытых сдвиговых кимберлитоконтролирующих структур в

Накынском поле. В сб. Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях. Якутск. Изд. ЯНЦ СОРАН. 2008. С. 325-331.

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

38. *Игнатов П.А., Новиков К.В., Шмонов А.М., Разумов А.Н., Килижеков О.К.* Сравнительный анализ рудовмещающих структур Майского, Мархинского и Озерного кимберлитовых тел Накынского поля Якутии // Геология рудных месторождений. – 2015 – т. 57, № 2 – с. 125–131.

39. *Игнатов П.А., Зарипов Н.Р., Килижеков О.К., Лисковая Л.В.* Осветление кембрийских красноцветных пород Накынского поля Якутской алмазоносной провинции. Известия вузов. Геология и разведка. 2016. № 5. С. 26-34.

40. *Килижеков О.К., Толстов А.В.* Новые возможности буровой системы разведки и отработки погребенных россыпей алмазов // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, Новосибирск, 2016, №3, С. 297-304.

41. *Килижеков О.К., Толстов А.В.* Закономерности образования и размещения промышленных россыпей алмазов в Накынском кимберлитовом поле (Якутская алмазоносная провинция). «Наука и образование», Якутск, – АН РС(Я) – 2017 – №1 (82), (в печати).

42. *Килижеков О.К., Толстов А.В., Минин В.А., Сыромолотова Н.А., Гречишников Д.Н.* Особенности геологического строения и методики разведки россыпи алмазов, связанной с Майским кимберлитовым телом. Материалы XV Межд. Совещ. по геологии россыпей и месторождений кор выветривания Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология: (г. Пермь, ПГНИУ, 24–28 августа 2015г) //Пермский

государственный национальный исследовательский университет. – Пермь, 2015. С. 95-96.

43. Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Утверждена приказом МПР России от 11.12.2006 №278.

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

45. *Копылова А.Г., Земнухов А.Л., Томшин М.Д.* Петрохимические особенности щелочных базитов Накынского кимберлитового поля // Отечественная геология. 2005. № 5. С.65-73.

46. *Котлуков В.А.* Значение и методы построения реконструкций палеорельефа платформенных областей // Методы палеогеографических исследований. М., Недра, 1964, с. 96–108.

47. *Котельников Б.Н.* Гранулометрия и определение основных динамических типов песков // Литология и палеогеография. Вып. 2. Л., ЛГУ, 1989. – 132 с.

48. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (алмазы). Приложение 1 к распоряжению МПР России от 05.06.2007 № 37-р.

49. Месторождения алмазов СССР. Методика поисков и разведки. Владимирова Б.М., Дауев Ю.М., Зубарев Б.М., Каминский Ф.В., Минорин В.Е., Прокопчук Б.И., Соболев Н.В., Соболев Е.В., Харьков А.Д., Черный Е.Д. – М.: ЦНИГРИ, 1984. – 435 с.

50. *Милашев В.А.* Основные принципы и критерии прогнозирования коренной алмазоносности. – В кн.: «Минералогия, геохимия и прогнозирование алмаз. месторождений». Л., 1974.

51. *Минорин В.Е., Подчасов В.М., Богатых И.Я.* и др. Геология, прогнозирование, методика поисков, оценки и разведки месторождений алмазов. Книга 2. Россыпные месторождения. – Якутск: ЯФ ГУ «Издательство СО РАН», 2004. – 424 с.
52. *Минорин В.Е.* Прогнозно-поисковые модели алмазоносных россыпей России / Под ред. Кривцова А.И. – М.: ЦНИГРИ, 2001. – 117 с.
53. *Михайлов Б.М.* Рудоносные коры выветривания: Принципы и методы оценки рудоносности геологических формаций. – Л.: Недра, 1986. – 238 с.
54. Морфологические особенности индикаторных минералов из осадочных коллекторов и россыпей алмазов различных генетических типов Сибирской платформы / Подвысоцкий В.Т., Зинчук Н.Н., Афанасьев В.П. ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА». – Мирный: ЦПК АК «АЛРОСА», Мирнинская городская типография, 2000. – 72 с.
55. *Никулин И.И.* Геохимические особенности продуктов разрушения кимберлитов в полостях древних карстов (Западная Якутия) // В сб.: Месторождения природного и техногенного сырья: геология, геохимия, геохимические и геофизические методы поиска, экологическая геология, Воронеж: "Воронежпечать", 2008. С. 165–168.
56. *Никулин И. И.* Литология алмазоносных нижнеюрских отложений Накынского кимберлитового поля (Западная Якутия). Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Мирный, 2009.
57. *Никулин И.И.* Особенности глинистых минералов из переотложенных продуктов разрушения кимберлитов Западной Якутии // Вестник ВГУ, Серия: Геология, 2007. № 2. С. 119–126.
58. *Никулин И.И.* Слоистые силикаты из потенциально алмазоносных нижнеюрских отложений Западной Якутии // В сб.: Проблемы

прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2008. С. 196–201.

59. *Осовецкий Б.М.* Дробная гранулометрия аллювия. Пермь: Изд-во Перм. Ун-та, 1993. – 343 с.

60. *Подвысоцкий В.Т.* Терригенные алмазоносные формации Сибирской платформы. – Якутск: ЯФ Изд-ва СО РАН, 2000. – 332 с.

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

62. *Подчасов В.М., Минорин В.Е., Богатых И.Я.* и др. Геология, прогнозирование, методика поисков, оценки и разведки коренных месторождений алмазов. Книга 1. – Якутск: ЯФ ГУ «Издательство СО РАН», 2004. – 548 с.

63. *Подчасов В.М., Евсеев М.Н., Богатых И.Я., Минорин В.Е., Черенков В.Г.* Россыпи алмазов мира. – М.: ООО «Геоинформмарк», 2005. – 747 с.

64. *Прокопчук Б.И.* Алмазоносные россыпи и методика их прогнозирования и поисков. М., Недра, 1970. – 248 с.

65. *Прокопчук Б.И., Метелкина М.П.* Основные эпохи формирования алмазных россыпей на древних платформах // Изв. АН СССР, сер. геол., 1976.

66. *Рожков И.С., Буров А.П., Прокопчук Б.И.* Геологические основы и методика поисков и разведки месторождений алмазов. Издательство «Недра», 1970. – 392 с.

67. Россыпные месторождения России и других стран СНГ. М., Научный мир, 1997.

68. *Савко А.Д., Шевырев Л.Т., Зинчук Н.Н.* Эпохи мощного корообразования и алмазоносного магматизма в истории Земли. – Воронеж, 1999.

69. *Салтыков О.Г., Эринчек Ю.М., Устинов В.Н., Мильштейн Е.Д.* Позднепалеозойские терригенные коллекторы алмазов восточного борта Тунгусской синеклизы. СПб., 1991. – 223 с.
70. Словарь по геологии россыпей / Под ред. Н.А. Шило; Н.Н. Арманд, В.Д. Белоусов, Л.З. Быховский и др. – М.: Недра, 1985. – 197 с.
71. Справочник по литологии / Под ред. Вассоевича Н.Б., Либровича В.Л., Логвиненко Н.В., Марченко В.И. – М.: Недра, 1983. – 509 с.
72. *Сулейманов А.М., Минорин В.Е., Гречишников Д.Н., Подчасов В.М., Лимонов В.П.* Особенности формирования и алмазоносности россыпи реки Биллях // Россыпи и месторождения кор выветривания: факты, проблемы, решения. Матер. XIII междунар. совещ. по геологии россыпей и местор. кор выветривания. Пермь: Изд-во Пермского университета, 2005. с. 272–274.
73. *Сыромолотова Н.А., Толстов А.В., Боланев В.С.* Новые данные по морфологии кимберлитовой трубки Ботуобинская // Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2003. – С 151–152.
74. *Тарских О.В., Специус З.В.* Типоморфные особенности индикаторных минералов из кимберлитов трубки Нюрбинская (Среднемархинский район, Якутия) // Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях: Материалы конференции, посвященной 40-летию ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА». – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2008. – С 208–215.
75. Теоретические основы опробования и оценки запасов месторождений / Батугин С.А., Черный Е.Д. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1998. – 344 с.

76. Тимофеев П.П. Геология и фации юрской угленосной формации Южной Сибири // Труды Геологического института АН СССР, вып. 197, 1969. – 558 с.

77. Толстов А.В., Граханов О.С. Новые перспективы освоения погребенных россыпей алмазов в Якутии. Геология и минерально-сырьевые ресурсы с-в РОССИИ. Материалы ВНК-2014 г., Изд. дом СВФУ, Якутск, с. 487-492.

78. Толстов А.В., Серов И.В., Богуш И.Н, Сунцов М.И. Новые перспективы Средне-Мархинского алмазоносного района // Труды III Международной научно-практической конференции «Природные и техногенные россыпи. Проблемы. Решения», КО УкрГГРИ, 2007, с. 210–218.

79. Толстов А.В., Минин В.А., Василенко В.Б., Кузнецова Л.Г., Разумов А.Н. Новое тело высокоалмазоносных кимберлитов в Накынском поле Якутской кимберлитовой провинции // Геология и геофизика, 2009, т. 50, № 3, с. 227–240.

80. Толстов А.В., Килижеков О.К., Неустроев Р.Г., Гречишников Д.Н., Копылов Г.Н., Разумов А.Н., Яхин Ш.М. Особенности геологического строения, условий залегания и системы разведки погребенной россыпи Нюрбинская. М-лы XIV Межд. Сов. по геол. россыпей и кор выветривания (РКВ-2010), Новосибирск: И-во ООО «Апельсин», 2010 с.660-665.

81. Толстов А.В., Сыромолотова Н.А., Боланев В.С. Перспективы Средне-Мархинского алмазоносного района в связи с новыми данными по морфологии кимберлитовой трубки Ботуобинская // Геодинамика, магматизм и минерагения континентальных окраин Севера Пацифики. Изд-во СВКНИИ ДВО РАН. Мат-лы Всеросс. совещ. Магадан, 2003, с. 210–213.

82. Файнштейн Г.Х. Закономерности формирования и размещения алмазных россыпей Западной Якутии // Материалы по геологии и полезным ископаемым Якутской АССР. – М.: Госгеолтехиздат, 1962. – Вып. IX. – С. 41–62.

83. *Харькив А.Д. и др.* Геолого-генетические основы шлихо-минералогического метода поисков алмазных месторождений. – М.: Недра, 1995. – 348 с.
84. *Харькив А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И.* Коренные месторождения алмазов мира. – М.: ОАО «Издательство «Недра», 1998. – 555 с.
85. *Харькив А.Д.* Минералогические основы поисков алмазных месторождений. М.: Недра, 1978. – 135 с.
86. *Харькив А.Д., Квасница В.Н., Сафронов А.Р., Зинчук Н.Н.* Типоморфизм алмаза и его минералов-спутников из кимберлитов. Киев: Наукова думка, 1989. – 184 с.
87. *Черный С.Д., Сафьянников Ю.В., Яныгин Ю.Т., Шаталов В.И.* История открытия Накынского кимберлитового поля // 300 лет спустя: Сб. статей. – Якутск. 2000. – С. 209–215.
88. *Шаталов В.И., Граханов С.А., Егоров А.Н., Сафьянников Ю.В.* Геологическое строение и алмазоносность древних россыпей алмазов Накынского кимберлитового поля Якутской алмазоносной провинции // Вестн. Воронежского ун-та. Геология, 2002, № 1, с. 185–201.
89. *Шаталов В.И., Граханов С.А., Егоров А.Н., Сафьянников Ю.В.* Новый промышленный тип россыпей алмазов в Якутской алмазоносной провинции // Отечественная геология. 2002. № 4. С. 15–19.
90. *Шило Н.А.* Учение о россыпях: Теория россыпеобразующих рудных формаций и россыпей. Изд. 2-е, перераб. и доп. Владивосток: Дальнаука, 2002. – 576 с.

#### **Фондовая**

91. *Боланев В.С., Сафьянников В.И. и др.* Отчет о результатах детальной разведки коренных месторождений алмазов – кимберлитовых трубок Нюрбинская и Ботуобинская в 1994-2000 гг. Мирный, 2000.

92. *Гладков А.С., Черемных А.В., Кошкарев Д.А.* Применение тектонофизического метода при локальном прогнозировании месторождений алмазов в условиях Накынского кимберлитового поля (методическое пособие). – Мирный, 2015.

93. *Килижеков О.К.* Отчет о результатах поисков коренных месторождений алмазов в Накынском кимберлитовом поле в 2004–2006 гг. Объект Промышленный-2. Мирный, 2006.

94. *Килижеков О.К.* Отчет о результатах поисков месторождений алмазов в пределах Накынского кимберлитового поля в 2005-2008 гг. (Объект Промышленный – 3). Мирный, 2008.

95. *Килижеков О.К.* и др. Отчет о результатах разведки второй очереди погребенной россыпи Нюрбинская за 2007-2010 гг. с подсчетом запасов по состоянию на 01.09.2010 г. (Объект Россыпной). Мирный, 2010.

96. *Мальцев М.В.* Отчет о результатах поисков месторождений алмазов в пределах перспективных участков Накынского кимберлитового поля в 2009-2013 гг. (Объект Промышленный – 4), Мирный, 2013.

97. *Масленникова Э.А.* Отчет о результатах поисков месторождений алмазов в пределах Накынского кимберлитового поля в 2010-2013 гг. (Объект Нижне-Накынский-2). Мирный, 2013.

98. *Молчанов Ю.Д., Турушев Ю.В.* Отчет по теме «Структурно-тектоническое и геолого-минералогическое районирование междуречья Марха-Муна в целях локализации площадей для постановки поисковых работ на алмазы» за 1998–2001 г.г. Объект Тюнгский. Мирный, 2001.

99. *Николаев А.В.* Отчет о результатах поисковых работ, проведенных в Муно-Тюнгском и Средне-Мархинском алмазоносных районах на северо-западном борту Вилюйской синеклизы в 1992–2000 г.г. Объект Разломный. Мирный, 2000.

100. *Новосёлов А. О., Ведин А.Т., Звонарев Н.К. и др.* Результаты изучения физико-механических свойств руды, перекрывающих и

вмещающих пород трубок «Ботуобинская» и «Нюрбинская». Якутнипроалмаз, Мирный, 1999.

101. *Пыжьянов С.А., Боланев В.С.* Отчет о результатах поисков коренных и россыпных месторождений алмазов на водоразделе рр. Ханья-Накын за 2000–2004 г.г. Объект Промышленный. Мирный, 2004.

102. *Пыжьянов С.А., Яхин Ш.М.* Геологические материалы к ТЭО постоянных разведочных кондиций по трубкам Ботуобинская, Нюрбинская и связанными с ними одноименными россыпями (по состоянию на 01.06.08 г.). Мирный, 2008.

103. *Рукавишников В.М., Храпцов А.А., Жандалинов В.М.* Отчет о результатах глубинного доизучения площади масштаба 1:50000 (ГДП-50) и общих поисков в Средне-Мархинском районе на площади листов: Q-50-91-Г-вг; Q-50-92-В-вг, Г-вг; Q-50-102-Г; Q-50-103-А-бг,Б,В,Г; Q-50-104-А,Б,В,Г-аб; Q-50-114-А,Б,В,Г; Q-50-115-А,Б,В-аб по результатам Накынской партии в 1995-2001 гг. Мирный, 2001.

104. *Сафьянников В.И., Григорьев В.С.* и др. Материалы подсчета запасов алмазов россыпного месторождения Солур-Восточная по состоянию на 01.01.2002 г. Мирный, 2002.

105. *Сиваков С.В., Покровский М.В.* Отчет о результатах детальных поисков месторождений алмазов в пределах Накынского кимберлитового поля. Объект Ханнинский. Мирный, 2004.

106. *Степанов Е.А.* Отчет с подсчетом запасов по результатам разведки коренного месторождения алмазов – кимберлитового тела «Майское» в 2011-2015 гг. Мирный, 2015

107. *Степанов Е.А.* Отчет о результатах проведения оценочных работ по третьей очереди погребенной россыпи Нюрбинская в 2012-2016гг. с подсчетом запасов по состоянию на 01.11.2016г. Мирный 2016.

108. *Сыромолотова Н.А.* Отчет с подсчетом запасов по результатам разведки флангов и глубоких горизонтов коренного месторождения алмазов

трубки Ботуобинская за 2001-2005гг. (по состоянию на 01.07.2005г., объект Рудный). Мирный, 2005.

109. *Тарских Е.В., Яхин Ш.М.* Отчет о результатах разведки глубоких горизонтов трубки Нюрбинская в 2007-2013гг. с подсчетом запасов алмазов по трубкам Ботуобинская, Нюрбинская и связанным с ними одноименным россыпям (по состоянию на 01.1.2014г.). Мирный, 2014.

110. *Шаталов В.И., Молчанов Ю.Д.* Отчет по теме «Изучение структуры осадочного чехла междуречья Ханья-Накын в предполагаемых контурах Накынского кимберлитового поля». Объект Дяхтарский. Мирный, 2000.

111. *Шаталов В.И., Яныгин Ю.Т.* Отчет по теме «Структурно-тектоническое и геолого-минералогическое районирование Вилюйско-Мархинской зоны в междуречье Ыгыатта-Марха-Тюнг в целях локализации площадей, перспективных на выявление месторождений алмазов за 2001–2005 г.г.». Объект Ыгыатто-Тюнгский. Мирный, 2005.

112. *Шаталов В.И., Яныгин Ю.Т.* Отчет по теме «Перспективно-прогнозная оценка алмазоносности Средне-Мархинского и Муно-Тюнгского районов за 1993–1997 гг.». Объект Эйикский. Мирный, 1997.

113. *Яхин Ш.М., Иванов А.А.* Материалы к оперативному подсчету запасов алмазов по россыпи Нюрбинская по состоянию на 01.01.2011 г. Мирный, 2011.