

*О. К. Килижеков<sup>1</sup>, А. В. Толстов<sup>2</sup>, Ш. М. Яхин<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ВГРЭ АК АЛРОСА (ПАО), г. Мирный, РС (Я), Россия

<sup>2</sup> ИГАБМ, г. Якутск, РС (Я), Россия

e-mail: tols61@mail.ru

e-mail: kilizhekovOK@alrosa.ru

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗВЕДКИ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ МИР

*Аннотация.* Приведены первые результаты по геологическому строению глубоких горизонтов месторождения алмазов – кимберлитовой трубки Мир. По результатам разведки глубоких горизонтов получены новые данные о геологическом строении месторождения. Морфология трубки с глубиной имеет определенную тенденцию к увеличению объема рудного тела по сравнению с результатами предыдущей разведки. Вещественный состав кимберлитов и их продуктивность на глубину более 1500 м изменяются незначительно. В целом результаты разведки позволили получить значительное увеличение запасов кимберлитовой руды и алмазов общим объемом свыше 60 миллионов каратов.

*Ключевые слова:* месторождение алмазов, трубка Мир, кимберлиты, глубокие горизонты, разведка, морфология, вещественный состав, алмазоносность.

*О. К. Kilizhekov<sup>1</sup>, A.V.Tolstov<sup>2</sup>, Sh.M. Yakhin<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> VGRE AK ALROSA (PAO), Mirny, RS(Ya), Russia

<sup>2</sup> IGABM, Yakutsk, RS(Ya), Russia

e-mail: tols61@mail.ru

e-mail: kilizhekovOK@alrosa.ru

## RESULTS OF DEEP HORIZONS EXPLORATION OF THE MIR KIMBERLITE PIPE

*Abstract.* The first results on the geological structure of the deep horizons of a diamond deposit – the Mir kimberlite pipe are presented. According to the results of exploration of deep horizons, new data on the geological structure of the deposit was obtained. The morphology of the pipe with depth has a definite tendency to increase the volume of the ore body in comparison with the results of previous explorations. The material composition of kimberlites and their productivity to a depth of more than 1,500 m vary slightly. In general, the results of the exploration allowed us to obtain a significant increase in the reserves of kimberlite ore and diamonds with a total volume of over 40 million carats.

*Keywords:* diamond deposit, Mir pipe, kimberlites, deep horizons, exploration, morphology, material composition, diamond content.

### Введение

Планомерные геолого-поисковые работы на алмазы в Западной Якутии были предприняты в 1947 г., а уже через два года вблизи села Крестях в среднем течении р. Вилюй (россыпь косы Соколиная) были обнаружены первые алмазы. После этого открытия геологические исследования в Западной Якутии получили весьма широкий размах и спустя всего несколько лет после начала поисков алмазов, в 1954 г. геологической партией № 128 Амакинской экспедиции были установлены алмазы в россыпях правого притока реки Вилюй – реки Малая Ботуобия и в ее левом притоке – руч. Ирелях (рис. 1), что предопределило дальнейшее направление фронта последующих геолого-поисковых работ на левобережье р. М. Ботуобия на ближайшие пять лет.

В эти же годы геологической партией № 132 Амакинской экспедиции под руководством Кинд Н.В. выполнена геологическая съемка масштаба 1:200 000 площади нижнего и среднего течения р. М. Ботуобия и долины руч. Ирелях и результат не заставил себя долго ждать.

«Закурили трубку Мира. Табак хороший» – эта знаменитая телеграмма, отправленная в июне 1955 года из поселка Новый в Нюрбу, стала крылатой, благодаря множеству публикаций, посвященных открытию якутских алмазов в разных газетах, журналах и книгах.

Месторождение алмазов – кимберлитовая трубка «Мир» открыта 13 июня 1955 г. геологами Амакинской экспедиции Ю.И. Хабардиным, Е.Н. Елагиной, В.П. Авдеенко по прогнозной геологической карте Н.В. Кинд. Трубка расположена в Мало-Ботуобинском алмазоносном районе Якутской алмазоносной провинции. Главными элементами всего алмазоносного района являются Ботуобинская седловина, восточный борт Тунгусской синеклизы, западный борт Вилюйской синеклизы и наложенный Ангаро-Вилюйский прогиб [1, 2, 3].

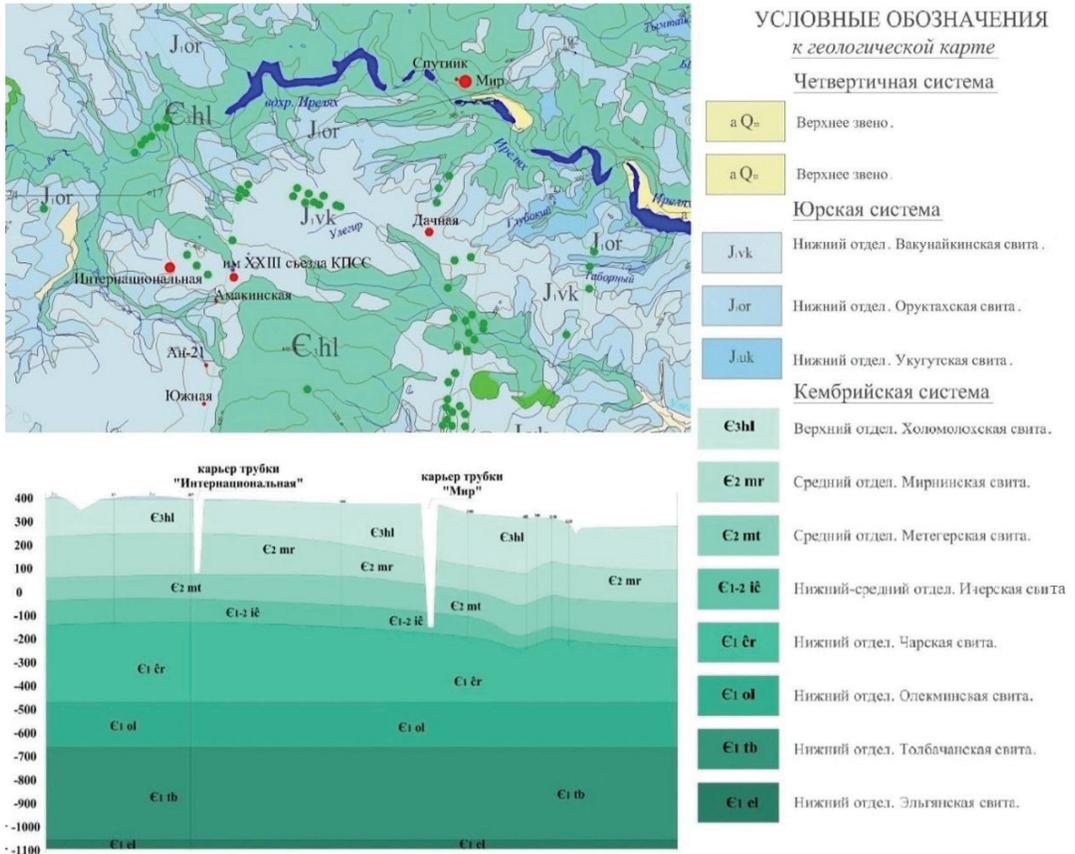


Рис. 1. Геологическое строение (карта и разрез) Мирнинского кимберлитового поля

Fig. 1. Geological structure (map and section) of the Mirny kimberlite field

К настоящему времени кимберлитовая трубка «Мир» – одно из крупнейших и наиболее известных в мире месторождений алмазов в Якутии и в мире [2,3]. Своевременная разведка его во второй половине XX века позволила начать отработку этого месторождение карьером, которая продолжалась более полувека на глубину свыше 500 м и, тем самым, заложить основу алмазодобывающей промышленности в России.

Подземный рудник, строительство которого стартовало в 2012 г., продолжал добычу алмазов вплоть до 2017 г., когда в результате техногенной катастрофы и затопления его отработка была приостановлена.

В 2020-22 гг. была выполнена разведка глубоких горизонтов трубки Мир, а в сентябре 2022 г. на полях VII Восточного экономического форума Глава Республики Саха (Якутия) и генеральный директор АК АЛРОСА (ПАО) дали старт началу строительства нового рудника «Мир-Глубокий».

### Геологическое строение района и основные этапы изучения месторождения

В геологическом строении Мало-Ботубинского алмазоносного района выделяются два структурных этажа.

Нижний структурный этаж, залегающий на глубине 1,9 – 2,4 км, соответствующий кристаллическому фундаменту архейского и раннепротерозойского возраста, сложен глубоко метаморфизованными дислоцированными породами, представленными гранито-гнейсами.

Верхний структурный этаж представлен образованиями осадочного чехла, сложенного карбонатно-терригенными отложениями венда, галогенно-карбонатными, терригенно-карбонатными осадками кембрия [4, 5, 6]. Нижняя часть верхнего структурного яруса представлена вендским комплексом мощностью до 440 м, сложенным песчаниками, доломитами с прослоями аргиллитов. Песчаники бюксской свиты ( $V_{bk2}$ ) являются коллектором Ботубинского нефте-газопродуктивного горизонта. Общая мощность осадочной толщи изменяется от 2114 до 2206 м. Структурные этажи разделены между собой значительными перерывами в осадконакоплении, угловыми и стратиграфическими несогласиями.

Разведка месторождения выполнена в несколько этапов. В ходе первого этапа в 1955 г. геологической партией № 200 Амакинской экспедиции были проведены первые работы по оценке алмазоносности трубки Мир, а также поисковые и разведочные работы русловых и террасовых россыпей рек Ирелях и Малая Ботубобия.

Детальная разведка верхних горизонтов трубки Мир производилась в 1955-58 гг. По ее результатам были получены запасы алмазов промышленных категорий до глубины 600 м (абс. отм. – 280 м) и в интервале 600-800 м (абс. отм. – 480 м) по категории  $C_2$  и утверждены в ГКЗ СССР (протокол № 2621 от 12.03.1959 г).

По результатам изучения месторождения на глубину геологическое строение кимберлитового тела изменялось по мере повышения детальности его изучения. В 1956 г. в ходе разведки была вскрыта кимберлитовая жила, соединяющая трубки Мир и Спутник. Предварительная разведка трубки Спутник, расположенной в 350 м трубки Мир, была завершена в 1959 г.

После завершения детальной разведки трубки Мир в 1959-60 гг. в центральной ее части для установления перспектив алмазоносности пройдена вертикальная скважина № 41 на глубину 1200 м, по результатам бурения которой на глубине от 600 м (нижняя граница утвержденных запасов промышленной категории) до проектной отметки 1200 м была установлена выдержанность алмазоносности на глубину, что позволило оценить прогнозные ресурсы на всю глубину.

В 1968 году сотрудниками Алмазной лаборатории ЦНИГРИ (позднее НИГП АК АЛРОСА (ПАО) была выполнена площадная геолого-петрологическая съемка кимберлитового тела трубки Мир в масштабе 1:1000 на горизонтах +295 м и +280 м.

В 1973-1974 гг. в результате бурения инженерно-геологических скважин № 1, 2 до глубины 1200 м был детально изучен разрез в проектных точках заложения шахтных стволов (южная и северная часть трубки Мир). Эти работы выполнялись специалистами Ботубинской геолого-разведочной экспедицией (БГРЭ) ПГО Якутскгеология по договору с научно-производственным объединением НПО Якуталмаз.

В 1978-79 гг. в соответствии с Постановлением СМ СССР от 03.03.77 г силами объединения Ленанефтегазгеология в 1,8 км на юг от трубки Мир была пробурена параметрическая скважина № 701 глубиной 2165 м до кристаллических пород фундамента.

В 1977-1981 гг. месторождение было разведано в интервалах глубин 600-1235 м (горизонты -280 ÷ -900 м). При разведке пробурено всего 30 разведочных, одна структурная и четыре гидрогеологических скважины.

В результате выполненных работ получены дополнительные данные, свидетельствующие о существенном увеличении размеров рудного тела на северо-западном фланге. Подсчитанные запасы алмазов по категориям  $C_1$  и  $C_2$  утверждены в ГКЗ СССР (протокол № 8830 от 11.09.1981 г).

В соответствии с «Классификацией запасов...» месторождение трубка Мир отнесено ко 2-й группе по сложности геологического строения.

Согласно «Методическим рекомендациям...» месторождение соответствует группе весьма крупных по размерам и запасам алмазов кимберлитовым трубкам сложной формы.

До глубины 300 м трубка «Мир» имела овальную в плане форму, вытянутую в СЗ направлении воронкообразную диагтруму с размерами на поверхности 340x225 м, переходящую с глубиной в канал вытянутой овальной формы с субвертикальными контактами. Соотношение длинной и короткой осей горизонтальных сечений трубки возрастает от 1,5 на дневной поверхности до 2,4 – на горизонте с абсолютной отметкой – 300 м. В интервалах горизонтов -300-700 м горизонтальное сечение трубки приобретает удлиненно-овальные очертания.

Отработка месторождения открытым способом была начата в 1959 г и завершена спустя более 40 лет, в 2001 г на глубине 525 м (абс. отм. -190 м). На конечной стадии отработки карьер имел глубину 525 м и диаметр 1,2 км на дневной поверхности. Всего за годы отработки открытым способом из карьера месторождения трубки Мир было извлечено около 350 млн м<sup>3</sup> горной массы. С 2001 г начались работы по консервации карьера и строительству подземного рудника, а в 2005 г карьер трубки Мир поставлен на сухую консервацию (рис. 2).

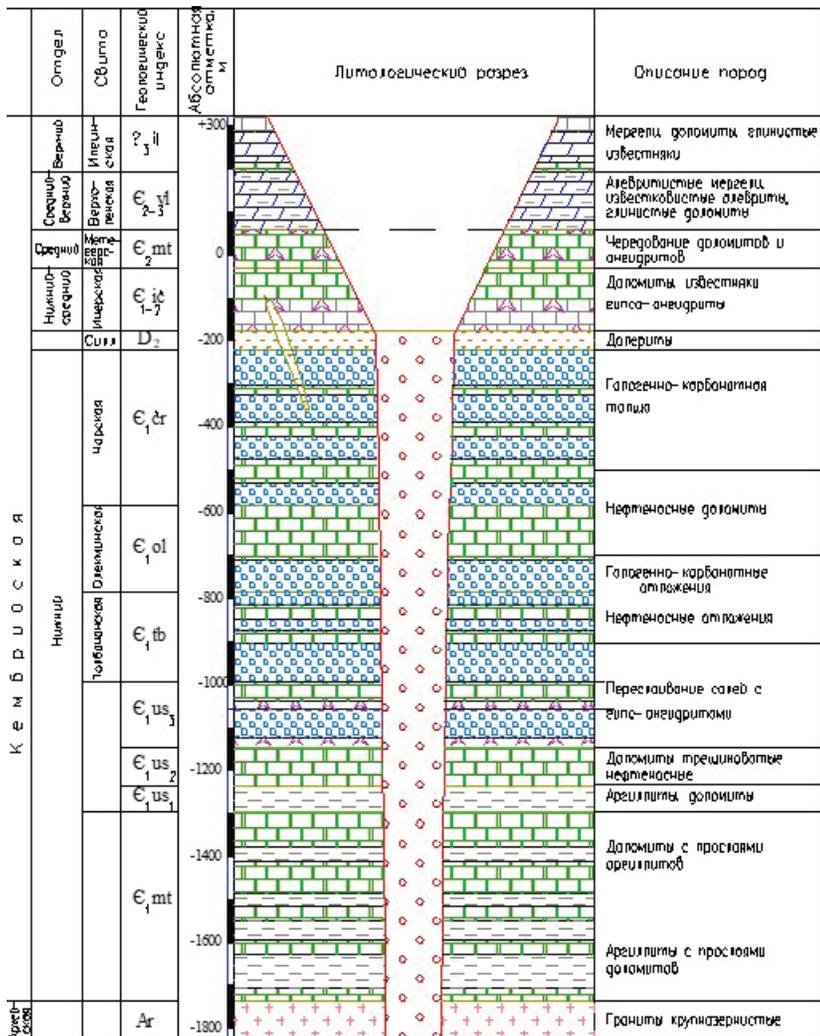


Рис. 2. Стратиграфический разрез месторождения трубки Мир

Fig. 2. Stratigraphic section of the Mir pipe deposit

Параллельно с завершающим этапом открытой отработки, в 2001 г. было начато строительство подземного рудника, а его первый пусковой комплекс был введен в эксплуатацию в 2009 г., в результате чего начата добыча руды. Проектная мощность рудника по добыче 1 млн. тонн руды в год достигнута в 2016 г. По состоянию на июль 2017 г. на подземном руднике добычные работы велись в блоках 6 и 7, в абс. отм. -210 /-410 м. Полностью были подготовлены, пройдены и сданы в эксплуатацию горизонты -210 м, -310 м, -410 м, в стадии строительства находились горизонты в интервале абс. отм. -510 м и -615 м.

Однако 04.08.17г. на месторождении трубки «Мир» случилась непредсказуемая трагедия – произошел неконтролируемый прорыв рассолов, скопившихся в чаше карьера, вызвавший затопление шахтных горных выработок. После этого, вплоть до настоящего времени рудник был переведен в режим «мокрой» консервации», заключающийся в управляемом подтоплении месторождения с поддержанием уровня воды в карьере «Мир» за счет отвода части дренажных рассолов из карьера по водоотводящей штольне (абс. отм. -152 м) с последующей откачкой их из штольни погружными насосами, расположенными на берме +235 м карьера. Шахтные выработки под рудным целиком (ниже отм. -210 м) полностью затоплены. Данное экстраординарное событие, повлекшее за собой полную остановку рудника, побудило недропользователя к существенной интенсификации геологоразведочных работ на ближайших к Мало-Ботуобинскому алмазодобывающему району и сопредельных территориях, которые увенчались открытием нового Сюльдюкарского кимберлитового поля в Ыгыаттинском алмазодобывающем районе на западе Якутии [6,7,8]. Однако, месторождения, соразмерного с уникальным выбывшим из разработки объектом, обнаружено не было, поэтому временная потеря рудника, учитывая существенные запасы алмазов, оставшиеся в недрах, не могла стать окончательной.

Работы по оценке возможности возобновления добычных работ на месторождении Мир были начаты практически тотчас же. В 2018 г. институт «Якутнипроалмаз» выполнил ТЭС целесообразности инвестиций в строительство нового рудника на месторождении алмазов трубки Мир в пределах абс. отм. -565 м ÷ -1300 м.

В связи с высоким коммерческим потенциалом проекта Инвестиционным комитетом АК «АЛРОСА» (ПАО) осуществлено финансирование геологоразведочных работ с проведением геологического изучения недр в пределах абс. отм. -900 ÷ -1300 м с последующим рассмотрением результатов для принятия решения о целесообразности инвестиций в строительство подземного рудника.

Для поддержания уровня алмазодобычи, принятия решения и проработки вариантов дальнейшей эксплуатации месторождения, во исполнение замечаний и рекомендаций ГКЗ РФ, требований пункта 5 статьи 23 Закона РФ «О недрах» (об обеспечении наиболее полного извлечения из недр запасов месторождения) руководством АК АЛРОСА (ПАО) было принято решение об изучении глубоких горизонтов месторождения с изучением их вещественного состава, определением запасов алмазов и морфологии рудного тела.

Проект на геологическое изучение и оценку промышленной ценности глубоких горизонтов месторождения алмазов трубки Мир в рамках лицензий ЯКУ 0294 КП и ЯКУ 06037 КП в 2019-2022 гг. был оперативно подготовлен геологами Вилуйской ГРЭ (ВГРЭ). Геологическое изучение недр также проводилось силами ВГРЭ АК «АЛРОСА» (ПАО) с привлечением подрядных организаций. Все разведочные работы проводились за счёт собственных средств АК «АЛРОСА» (ПАО).

Задачи разведки глубоких горизонтов кимберлитовой трубки Мир решались путем проходки веера наклонно-направленных скважин из основного (материнского) ствола № 308, опробования и обогащения керновых проб. Проходка скважин осуществлялась с юго-западного борта карьера трубки Мир. Бурение осуществлялось подрядной организацией ВПТН «Нефтемаш» с применением современных технологий: винтовых забойных двигателей с контролем положения трассы скважины телеметрической системой по гидроканалу.

Разведочные работы на глубоких горизонтах были полностью завершены в июле 2021 г. Проходка скважин выполнялась со стороны вмещающих пород по направлению рудного тела, до его полного пересечения и выхода во вмещающие породы. Очередность проходки скважин и развитие разведочной сети определялись необходимостью последовательного изучения морфологии рудного тела сверху вниз. При этом полученная информация служила основанием для уточнения параметров заложения последующих выработок с целью более рационального решения основной геологической задачи. Для фиксации границы рудного тела углубка наклонных скважин во вмещающие породы составляла от 28 м до 77 м. Это позволило геологам своевременно и надежно изучить зоны зкзоконтактов месторождения и избежать риска ошибочных принятий крупных ксенолитов за границы рудного тела.

По результатам разведочных работ контур кимберлитовой трубки на горизонте -900 м был существенно уточнен, и в настоящее время он опирается на данные бурения 7 (семи) скважин, по которым отмечено 10 подсечений контактов рудного тела. Три из них были получены по данным предыдущей стадии разведки (1981 г.), семь – по данным бурения современных скважин. Из 10 контактов две пары скважин сближены между собой, расстояния между ними 6,6 м и 15,4 м. Фактически по горизонту имеются 8 подсечений (рис. 3).

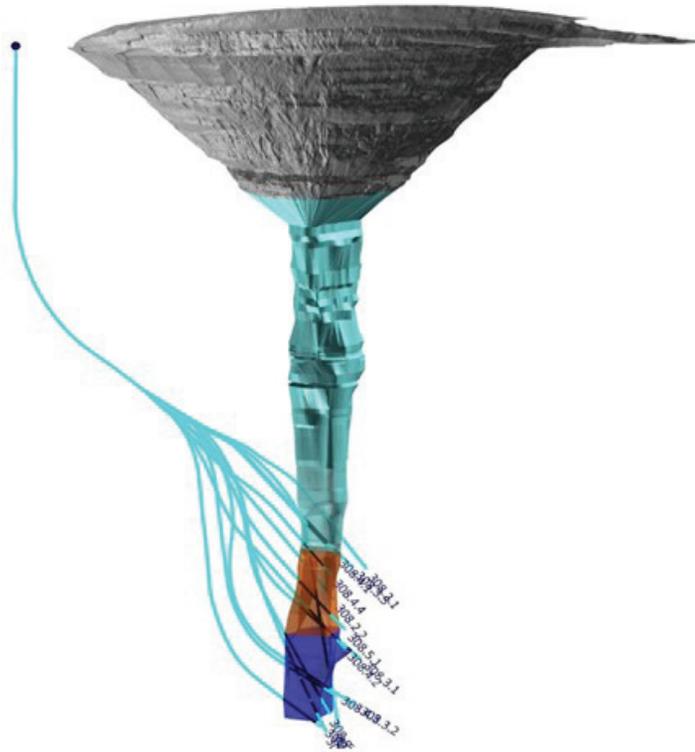


Рис. 3. Объемная модель месторождения Мир с расположением разведочных скважин

Fig. 3. Volume model of the Mir deposit with the location of exploration wells

Таким образом, расстояния по периметру между подсечениями составляют от 42 до 94 м, что позволило достичь необходимой плотности разведки на данном горизонте. Ниже, на горизонте -1100 м, контур кимберлитовой трубки определен по пяти подсечениям контактов рудного тела, а также в трех точках – с помощью внутренней интерполяции между выше и ниже находящимися подсечениями.

На горизонте -1300 м контур рудного тела в юго-восточной части построен по трем подсечениям внешних границ месторождения буровыми скважинами. Остальная часть трубки опреде-

лена путем внешней экстраполяции подсечений контактов рудного тела скважинами глубокого бурения. Глубины экстраполяции составили 58-128 м.

Минералого-петрографические, геохимические и изотопные исследования являются предметом отдельных исследований геологов ВГРЭ и результаты будут представлены позднее. В целом же они показали относительно хорошую выдержанность вещественного состава и алмазоносности кимберлитов трубки Мир до 1500 м и глубже, достаточно хорошо изученных предшественниками ранее [9,10].

Основным видом работ при разведке месторождения являлось керновое опробование на алмазы. Опробование проводилось с целью получения сведений о содержании алмазов в руде и их качестве. Керновые пробы отбирались по всем пересечениям разведочными скважинами рудного тела и экзоконтактам рудного тела во вмещающих породах.

Длина керновой пробы кимберлитов изменялась от 10,4 м до 19,7 м, в среднем составила 15,4 м. Всего в ходе разведки отобрано и обогащено 100 керновых проб кимберлитов общим весом 30886,0 кг (1535,2 п.м.). Вес каждой керновой пробы был обеспечен по представительности. В зависимости от длины пробы, объемной массы и линейного выхода керна, вес изменялся от 176 до 429 кг, составляя в среднем 308 кг. Алмазоносность с глубиной выдержана, по отдельным пробам она является ураганной, но в целом сопоставима с результатами предшествующих этапов разведки [9, 11].

Геофизические исследования в скважинах (ГИС) проводились с целью решения следующих задач: литолого-стратиграфическое расчленение разрезов скважин, корреляция разрезов по скважинам, выделение контактов кимберлита и вмещающих пород, петрографические исследования и выделение разновидностей кимберлитовых пород, определение физических свойств горных пород в естественном залегании, контроль технического состояния ствола скважины, определение объемов подготовки тампонажных смесей (КВ) и контроль пространственного положения оси ствола скважины.

Поставленные задачи решались с помощью стандартного разведочного комплекса ГИС, который включал в себя спектрометрический гамма-каротаж (СГК), каротаж магнитной восприимчивости (КМВ), кавернометрию (КВ) и гироскопическую инклинометрию (ГИ). Оценка алмазоносности кимберлитов трубки производилась по результатам обогащения керновых проб, выполнена в полном объеме и сопоставима с результатами предшественников, что говорит о выдержанности продуктивности на всю глубину.

### **Заключение**

В ходе разведки глубоких горизонтов трубки Мир (в интервале абсолютных отметок -900 ÷ -1300 м) были определены размеры и морфология рудного тела, вещественный и изотопный состав слагающих его породных разновидностей, детально изучены минералого-петрографические, геохимические, изотопные особенности кимберлитов, инженерно-геологические, гидрогеологические и газовые условия залегания кимберлитов на глубоких горизонтах.

В результате разведки изучены основные петрологические, петрохимические, геохимические и изотопные характеристики разновидностей глубоких горизонтов кимберлитов месторождения алмазов трубки Мир. Вещественный состав и алмазоносность кимберлитов из глубоких горизонтов аналогичны таковым из верхних отработанных горизонтов месторождения и сопоставимы с другими кимберлитовыми телами – промышленными месторождениями Малоботубинского и Средне-Мархинского районов [9, 10, 12].

Результатами разведки подтверждены основные параметры алмазоносности месторождения на глубинах 1250-1650 м. Установлено, что в пределах разведанных горизонтов форма рудного тела остается удлиненно-овальной, а не резко переходит в дайкообразную, как предполагалось ранее. При этом общие запасы руды месторождения значительно увеличиваются, в результате чего ожидаемый прирост запасов алмазов во вновь разведанных блоках составит около 60 млн. карат.

Выполненные разведочные работы позволили уверенно выполнить проектирование и начать строительство подземного рудника Мир-Глубокий, что, в свою очередь, дает возможность вовлечения в отработку этого, безусловно, уникального месторождения в ближайшие годы.

*Благодарности: Работа выполнена в рамках НИР ИГАБМ СО РАН (№ 0381-2019-0003).*

### Литература

1. Емельянов, В.С. Новые данные о перспективах коренной алмазности Вилюйско-Мархинской зоны разломов / В.С. Емельянов, А.В. Толстов, Е.И. Борис. – Текст : непосредственный // Вопросы методики прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых. (применительно к объектам геологоразведочных работ АК «АЛРОСА»). – Якутск : АК «АЛРОСА» ЯНИГП ЦНИГРИ., 2004. – С. 115-123.
2. Соболев, Н.В. Перспективы поисков алмазносных кимберлитов в северо-восточной части Сибирской платформы / Н.В. Соболев, А.В. Соболев, А.А. Томиленко [и др.]. – Текст : непосредственный // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59, № 10. – С. 1701-1719.
3. Проценко, Е.В. Критерии поисков кимберлитов и новые перспективы коренной алмазности Якутии / Е.В. Проценко, А.В. Толстов, Н.И. Горев. – Текст : непосредственный // Руды и металлы. – 2018. – № 4. – С. 14-23.
4. Игнатов, П.А. Геологические и минералого-геохимические признаки структур, контролирующих алмазносные кимберлиты Накынского поля Якутии / П.А. Игнатов, К.Ю. Бушков, Я.И. Штейн [и др.]. – Текст : непосредственный // Руды и металлы. – 2006. – № 4. – С. 59-67.
5. Игнатов, П.А. Реконструкция кинематики разломов на закрытых территориях по данным анализа микронарушений в керне / П.А. Игнатов, К.В. Новиков, К.Ю. Бушков, А.В. Толстов. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений : Геология и разведка. – 2011. – № 3. – С. 55-60.
6. Мальцев, М.В. Новое кимберлитовое поле в Якутии и типоморфные особенности его минералов-индикаторов / М.В. Мальцев, А.В. Толстов, В.М. Фомин, Т.С. Старкова. – Текст : непосредственный // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2016. – № 3. – С. 86-94.
7. Мальцев, М.В. Особенности вещественного состава кимберлитов Сюльдюкарского поля (Западная Якутия) / М.В. Мальцев, А.В. Толстов, Т.С. Старкова, А.С. Иванов. – Текст : непосредственный // Наука и образование. – 2017. – № 4 (88). – С. 37-43.
8. Мальцев, М.В. Условия локализации и критерии поисков кимберлитов (на примере Ыгыаттинского алмазносного района, Западная Якутия) / М.В. Мальцев, А.В. Толстов, И.И. Бережнев. Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2018. – № 6. – С. 41-49.
9. Лапин, А.В. Изотопный состав Sr- и Nd- кимберлитов и конвергентных с ними пород Сибирской платформы / А.В. Лапин, А.В. Толстов, А.В. Антонов. – Текст : непосредственный // Доклады Академии наук. – 2007. – Т. 414, № 1. – С. 78-82.
10. Лапин, А.В. Петрогеохимические особенности кимберлитов Средне-Мархинского района в связи с проблемой геохимической неоднородности кимберлитов / А.В. Лапин, А.В. Толстов, В.Б. Василенко. – Текст : непосредственный // Геохимия. – 2007. – № 12. – С. 1292-1304.
11. Горев, Н.И. Тектонические аспекты строения Вилюйско-Мархинской зоны, их использование при прогнозировании кимберлитовых полей / Н.И. Горев, А.В. Герасимчук, Е.В. Проценко, А.В. Толстов. – Текст : непосредственный // Наука и образование. – 2011. – № 3. – С. 5-10.
12. Соболев, Н.В. Уникальные особенности состава вкрапленников оливина посттрапповой алмазносной кимберлитовой трубки Малокуонапская, Якутия / Н.В. Соболев, А.В. Соболев, А.А. Томиленко [и др.]. – Текст : непосредственный // Доклады Академии наук. – 2015. – Т. 463, № 5. – С. 587-591.

### References

1. Emel'janov, V.S. Novye dannye o perspektivah korenoy almazonosnosti Viljujsko-Marhinskoj zony razlomov / V.S. Emel'janov, A.V. Tolstov, E.I. Boris. – Tekst : neposredstvennyj // Voprosy metodiki prognozirovaniya

и поисков месторождений полезных ископаемых. (применительно к объектам геологоразведочных работ АК "ALROSA"). – Якутск : АК "ALROSA" JaNIGP CNIGRI., 2004. – С. 115-123.

2. Sobolev, N.V. Perspektivy poiskov almazonosnykh kimberlitov v severo-vostochnoj chasti Sibirskoj platformy / N.V. Sobolev, A.V. Sobolev, A.A. Tomilenko [i dr.]. – Tekst : neposredstvennyj // Geologija i geofizika. – 2018. – T. 59, № 10. – S. 1701-1719.

3. Procenko, E.V. Kriterii poiskov kimberlitov i novye perspektivy korennoj almazonosnosti Jakutii / E.V. Procenko, A.V. Tolstov, N.I. Gorev. – Tekst : neposredstvennyj // Rudy i metally. – 2018. – № 4. – S. 14-23.

4. Ignatov, P.A. Geologicheskie i mineralogo-geohimicheskie priznaki struktur, kontrolirujushhix almazonosnye kimberlity Nakynskogo polja Jakutii / P.A. Ignatov, K.Ju. Bushkov, Ja.I. Shtejn [i dr.]. – Tekst : neposredstvennyj // Rudy i metally. – 2006. – № 4. – S. 59-67.

5. Ignatov, P.A. Rekonstrukcija kinematiki razlomov na zakrytyh territorijah po dannym analiza mikronarushenij v kerne / P.A. Ignatov, K.V. Novikov, K.Ju. Bushkov, A.V. Tolstov. – Tekst : neposredstvennyj // Izvestija vysshix uchebnyh zavedenij : Geologija i razvedka. – 2011. – № 3. – S. 55-60.

6. Mal'cev, M.V. Novoe kimberlitovoe pole v Jakutii i tipomorfnye osobennosti ego mineralov-indikatorov / M.V. Mal'cev, A.V. Tolstov, V.M. Fomin, T.S. Starkova. – Tekst : neposredstvennyj // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Geologija. – 2016. – № 3. – S. 86-94.

7. Mal'cev, M.V. Osobennosti veshhestvennogo sostava kimberlitov Sjul'djukarskogo polja (Zapadnaja Jakutija) / M.V. Mal'cev, A.V. Tolstov, T.S. Starkova, A.S. Ivanov. – Tekst : neposredstvennyj // Nauka i obrazovanie. – 2017. – № 4 (88). – S. 37-43.

8. Mal'cev, M.V. Uslovia lokalizacii i kriterii poiskov kimberlitov (na primere Ygyattinskogo almazonosnogo rajona, Zapadnaja Jakutija) / M.V. Mal'cev, A.V. Tolstov, I.I. Berezhnev. Tekst : neposredstvennyj // Izvestija vysshix uchebnyh zavedenij. Geologija i razvedka. – 2018. – № 6. – S. 41-49.

9. Lapin, A.V. Izotopnyj sostav Sr- i Nd- kimberlitov i konvergentnyh s nimi porod Sibirskoj platformy / A.V. Lapin, A.V. Tolstov, A.V. Antonov. – Tekst : neposredstvennyj // Doklady Akademii nauk. – 2007. – T. 414, № 1. – S. 78-82.

10. Lapin, A.V. Petrogeohimicheskie osobennosti kimberlitov Sredne-Marhinskogo rajona v svyazi s problemoj geohimicheskoj neodnorodnosti kimberlitov / A.V. Lapin, A.V. Tolstov, V.B. Vasilenko. – Tekst : neposredstvennyj // Geohimija. – 2007. – № 12. – S. 1292-1304.

11. Gorev, N.I. Tektonicheskie aspekty stroenija Viljujsko-Marhinskoj zony, ih ispol'zovanie pri prognozirovanii kimberlitovyh polej / N.I. Gorev, A.V. Gerasimchuk, E.V. Procenko, A.V. Tolstov. – Tekst : neposredstvennyj // Nauka i obrazovanie. – 2011. – № 3. – S. 5-10.

12. Sobolev, N.V. Unikal'nye osobennosti sostava vkraplennikov olivina posttrappovoj almazonosnoj kimberlitovoj trubki Malokuonapskaja, Jakutija / N.V. Sobolev, A.V. Sobolev, A.A. Tomilenko [i dr.]. – Tekst : neposredstvennyj // Doklady Akademii nauk. – 2015. – T. 463, № 5. – S. 587-591.

### Сведения об авторах

*КИЛИЖЕКОВ Олег Константинович* – заместитель главного геолога Вилюйской геологоразведочной экспедиции (ВГРЭ) АК АЛРОСА (ПАО), e-mail: kilizhekovOK@alrosa.ru

*KILIZHEKOV Oleg Konstantinovich* – Deputy Chief Geologist, Vilyuisk Geological Exploration Expedition (BGRE) of AK ALROSA (PAO), e-mail: kilizhekovOK@alrosa.ru

*ТОЛСТОВ Александр Васильевич* – д.г.-м.н., в.н.с. Института геологии алмаза и благородных металлов (ИГАБМ) СО РАН, <https://orcid.org/0000-0002-6057-5987>, e-mail: tols61@mail.ru;

*TOLSTOV Alexander Vasilyevich* – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, Institute of Diamond and Precious Metals Geology (IGABM) SB RAS, e-mail: tols61@mail.ru;

*ЯХИН Шавкат Мясгудович* – руководитель проекта, Вилюйская геологоразведочная экспедиция (ВГРЭ) АК АЛРОСА (ПАО)

*YAKHIN Shavkat Masgutovich* – Project Manager, Vilyuisk Geological Exploration Expedition (BGRE) of AK ALROSA (PAO)