

УДК 551.243

ОЦЕНКА СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ ТРУБКИ «АЙХАЛ» ДЛЯ ПОСТАНОВКИ ГИДРОГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОНИТОРИГА

А.С. Гладков¹, А.В. Дроздов², Д.А. Кошкарев³, И.А. Потехина⁴, А.М. Афонькин⁵

^{1,3,4,5}Институт земной коры СО РАН, 664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128.

²Институт «Якутнипроалмаз» АК «АЛРОСА», 678174, Россия, респ. Саха (Якутия), г. Мирный, ул. Ленина, 39.

Цель работы – выявление разломно-блоковой структуры месторождения как основы гидромеханического мониторинга. Рассмотрены особенности отработки подкарьерных запасов трубки «Айхал». Установлено, что основные разрывные деформации связаны с региональными разломами, где также интенсивно развита и локальная трещиноватость, обусловленная особенностями формирования кимберлитовых трубок и их дальнейшей эволюцией. Построена трехмерная модель пространственного распределения зон субвертикальных разрывных нарушений в пределах изученных горизонтов. Установлено, что наиболее опасными с позиций миграции поверхностных, подземных вод и газов являются разломные узлы с сопутствующей тектонической трещиноватостью горных пород. На основе результатов сравнительного анализа разломно-блоковой структуры и местоположений водопроявлений в подземных выработках рудника сделан прогноз по оценке опасности участков на предмет прорыва карьерных вод, а также возможных мест выходов подземных рассолов и газов.

Ключевые слова: разломный узел; кимберлитовая трубка; тектоническая трещиноватость; Якутская алмазоносная провинция.

EVALUATION OF STRUCTURAL AND TECTONIC FRAMEWORK OF AIKHAL KIMBERLITE PIPE DEEP HORIZONS FOR HYDROGEOMECHANICAL MONITORING SETTING

A.S. Gladkov, A.V. Drozdov, D.A. Koshkarev, I.A. Potekhina, A.M. Afonkin

Institute of the Earth Crust SB RAS, 128 Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia.

Institute "Yakutnioproalmaz" ALROSA JSC, 39 Lenin St., Mirny, Sakha Republic (Yakutia), 678174, Russia.

The paper is aimed at the identification of the fault-block structure of the deposit as a basis for hydromechanical monitoring. The features of mining pit reserves of the Aikhal kimberlite pipe are observed. It is found that the main rupture deformations are connected with regional faults characterized with intensively developed local fracturing determined by the formation peculiarities of kimberlite pipes and their further evolution. A three-dimensional model of the spatial distribution of subvertical fault areas within the studied horizons has been built. It is found that the fracture nodes accompanied by tectonic rock fracturing are the most dangerous in terms of the

¹Гладков Андрей Станиславович, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории тектонофизики, e-mail: gladkov@crust.irk.ru

Gladkov Andrei, Candidate of Geological and Mineralogical sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Tectonophysics, e-mail: gladkov@crust.irk.ru

²Дроздов Александр Викторович, кандидат геолого-минералогических наук, зав. лабораторией горно-геологических проблем разработки месторождений, e-mail: DrozdovAV@alrosa.ru

Drozdov Aleksandr, Candidate of Geological and Mineralogical sciences, Head of the Laboratory of Mining and Geological Problems of Mineral Deposit Exploitation, e-mail: DrozdovAV@alrosa.ru

³Кошкарев Денис Анатольевич, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории геологии и магматизма древних платформ, e-mail: koshckar@crust.irk.ru

Koshkarev Denis, Candidate of Geological and Mineralogical sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Geology and Magmatism of Ancient Platforms, e-mail: koshckar@crust.irk.ru

⁴Потехина Инна Александровна, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник лаборатории тектонофизики, e-mail: ip@crust.irk.ru

Potekhina Inna, Candidate of Geological and Mineralogical sciences, Researcher of the Laboratory of Tectonophysics, e-mail: ip@crust.irk.ru

⁵Афонькин Андрей Максимович, аспирант, e-mail: andrei.afonkin@mail.ru

Afonkin Andrei, Postgraduate, e-mail: andrei.afonkin@mail.ru

surface migration of groundwater and gases. On the basis of the results of comparative analysis of the fault-block structure and water seepage locations in underground workings the authors make a forecast providing hazard assessment of sites in terms of the risk of quarry water breakthrough and possible locations of underground brine outcrops and gas emission.

Keywords: fault node; kimberlite pipe; tectonic rock fracturing; Yakutsk Diamond Province.

Введение. Отработка глубоких горизонтов коренных месторождений алмазов сопряжена с серьезными проблемами промышленной безопасности, связанными с возможными геодинамическими процессами, притоками подземных флюидов, обладающих высокими напорами и разнообразной интенсивностью. Неравномерная насыщенность подрабатываемых породных массивов рассолами разного состава, газонефтеносность кимберлитовых трубок и вмещающих пород создают определенные сложности производства горных работ в подземных выработках. Общие представления о геологическом строении, структуре и генезисе кимберлитовых тел, данные о зональной проницаемости породных массивов говорят о том, что разрывные дислокации являются своеобразными «подводящими каналами» подземных и поверхностных вод с делением трубок на блоки разной трещиноватости и устойчивости. Все это требует обязательного учета при проектировании и ведении горных работ.

Механизм формирования кимберлитовых трубок обычно связывают с процессами растяжения, которые являются типичными проявлениями тектоники при рифтообразовании [2]. В пределах палеорифтовой зоны кимберлиты проникали в верхние горизонты земной коры по системам трещинных каналов. Эти системы закладывались в областях пересечения крупных зон растяжения, называемых кимберлитоконтролирующими структурами, и поперечных зон трансформных разломов. Эксплозивные процессы сопровождались деструкцией локальных участков консолидированной коры и изменением физико-механических свойств пород, включая и водопроницаемость. Оценка степени трещиноватости, обводненности и газообильности пород глубоких горизонтов, реконструкция локальных и региональных полей

тектонических напряжений, мониторинг состояния трещинных систем до и после проходки выработок с целью разработки рекомендаций по повышению их устойчивости и ликвидации стоков для безопасного ведения горных работ являются основой при планировании алмазодобычи. Поэтому необходимо оценить влияние разрывных нарушений в рудных телах и вмещающих породах трубки «Айхал» на развитие гидрогеомеханических процессов в горном массиве с выделением и оконтуриванием опасных зон миграции поверхностных и подземных вод в горные выработки.

Характеристика месторождения и особенностей его разработки. Алмазное месторождение Айхал расположено в северо-восточной части Среднесибирского плоскогорья в бассейне верхнего течения р. Мархи на территории Мирнинского района Республики Саха (Якутия). На территории Алакит-Мархинского кимберлитового поля развит ярус многолетнемерзлых пород (ММП), входящий в криолитозону, имеющую мощность до 720 м. Криогенная толща пород характеризуется минимальными температурами от -3, до -4,2°C на глубинах 100–140 м, т.е. в пределах яруса ММП, мощность которого составляет 340–450 м (от +11 до +180 абс. м). Район трубки «Айхал» относится к северной части Верхневилуйского криоартезианского бассейна, в осадочном чехле которого распространена единая раннепалеозойская слабоводоносная формация мощностью до 2800 м [1].

Кимберлитовая трубка «Айхал» представляет собой крутопадающее сплюснуто-трубчатое тело северо-восточного простирания (63°) и имеет протяженность на поверхности по длинной оси 510 м при ширине 50–120 м с пропорциями осей в плане 1:6,4. На отметке +374 абс. м трубка разделяется массивом

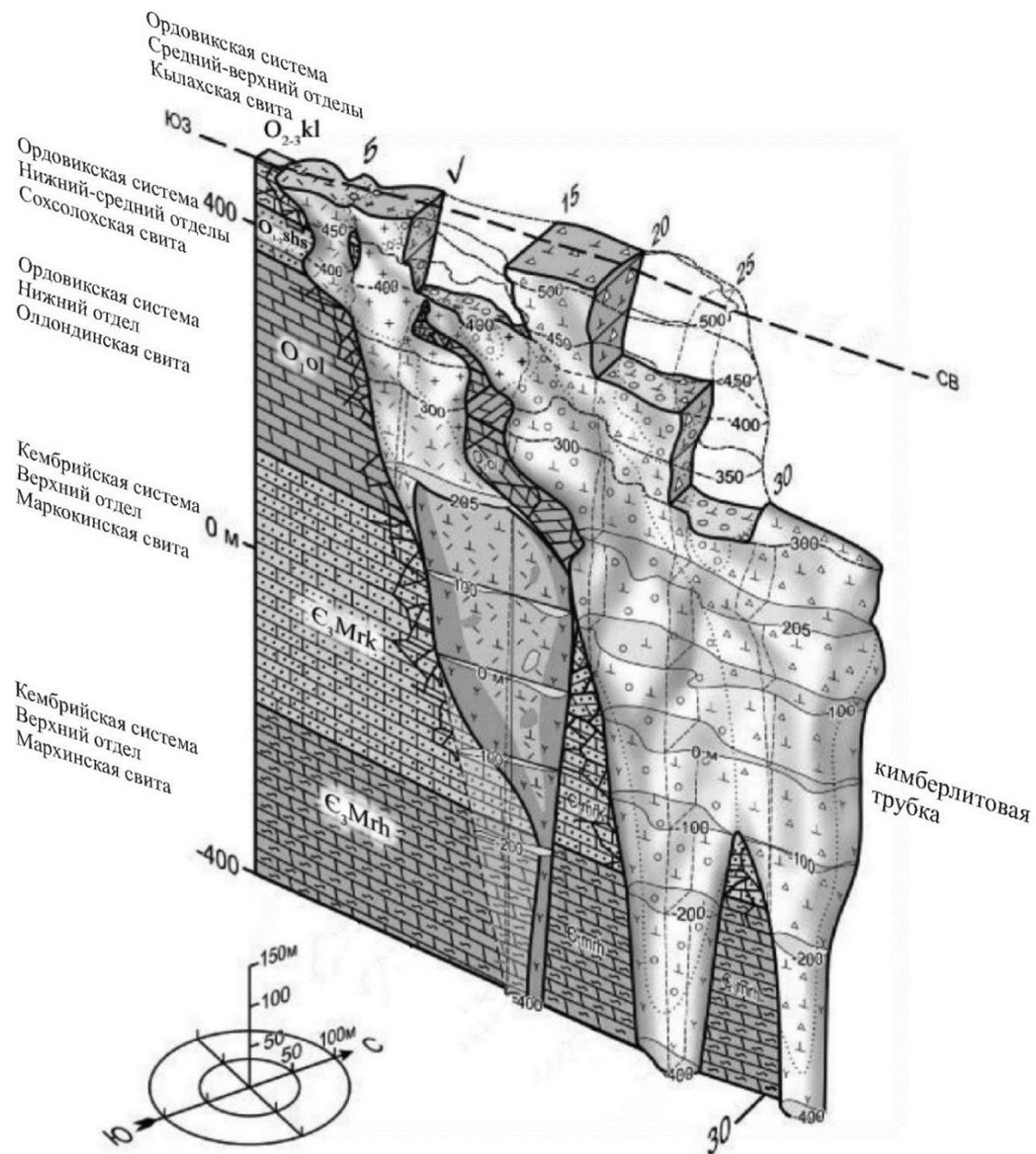


Рис. 1. Геологическая модель трубки «Айхал»

карбонатных пород на два рудных тела: юго-западное и северо-восточное (рис. 1). Мощность перемычки карбонатных пород возрастает от 22 м на отметке +225 абс. м до 105 м на отметке - 400 абс. м. В верхней части трубки карбонатные отложения, разделяющие рудные тела, дезинтегрированы, а ниже породы залегают горизонтально. На юго-западном фланге между горизонтами +330 и +150 абс. м трубка расширяется, на северо-восточном сужается. Ниже горизонтов +150 и +100 абс. м рудное тело постепенно сужается, на отметке 10 абс. м оно

разделяется на два рудных столба: западный и восточный.

Для района месторождения характерны проявления магматизма кимберлитовой и трапповой формаций. Траппы представлены в виде пластовых интрузий долеритов позднепалеозойского-раннемезозойского возраста, которые развиты почти повсеместно в регионе, занимая водораздельные пространства. Трубка «Айхал» первоначально частично перекрывалась пластовой интрузией долеритов. Породы, слагающие интрузив-

ное тело, представлены оливиновыми долеритами, габбро-долеритами, долеритовыми порфиритами, базальтами и туффиитами. Мощность интрузий траппов колеблется в широких пределах от 0,5–5,0 до 200–250 м. Мощность краевой части интрузии, частично перекрывавшей рудное тело, в южной стенке карьера достигает 30 м.

Разработка месторождения открытым способом начата в 1961 г. и завершена в конце 1997 г. Отметка дна отработанного карьера составила +235 абс. м в юго-западной части и +195 абс. м в северо-восточной части.

До настоящего времени отработка подкарьерных запасов трубки выполнялась слоевой системой с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями под предохранительным целиком мощностью 25 м, обеспечивающим безопасность ведения подземных горных работ. Проектная производительность рудника составляет 500 тыс. т руды в год с вводом в эксплуатацию с 2012 г.

После прекращения карьерной алмазодобычи на его дне сформировался водный объект, представленный обводненными глинистыми шламами и породными осыпями с бортов и берм. Ежегодно в карьере накапливается 2–4 м обводненных шламов, которые в зимний период частично промерзают, в результате чего за период строительства и ввода в эксплуатацию рудника образовалась толща отложений, в которой чередуются прослойки замороженных и обводненных грунтов.

Стоки в карьер поступают в основном за счет паводковых вод и атмосферных осадков с незначительным количеством подземных минерализованных вод. Основной объем стоков из карьера перепускается через специальные скважины в подземные выработки рудника, а затем перекачивается на поверхность. Осредненная минерализация воды на дне карьера составляет 4 г/дм³. Проведенными исследованиями было установлено, что температура горных пород предохранительного целика достигает от

-0,8 до -0,9°C, а насыпных грунтов на дне осыпи (отм. +205 абс. м) в зимний период – в пределах от -0,4 до -0,5°C. По выполненным измерениям в вентиляционном закладочном штреке (ВЗШ) установлено, что температура пород в кровле выработки изменялась на глубине 3 м в течение года от +2,6 до -2,7°C. Таким образом, исследования геотермического режима на месторождении и не прекращающаяся фильтрация воды в ВЗШ дают основания предположить, что горные породы осыпи на дне отработанного карьера с момента прекращения открытых работ находятся в талом или вяломерзлом состоянии.

Наличие в карьере водного объекта и сложные структурно-тектонические условия месторождения представляют угрозу для безопасности ведения горных работ на подземном руднике. Для извлечения запасов алмазов, находящихся во временном предохранительном рудном целике, необходимо ликвидировать водный объект с последующим созданием системы водоотведения из карьера. Для этого произведена оценка возможных способов и разных технологий решения этой задачи с учетом их экономической эффективности [4]. Наиболее актуально в нынешний период стоит вопрос о выборе геотехнологии выемки запасов руды системами с закладкой выработанного пространства, а также технологии возведения и приготовления закладочной смеси, которая способна обеспечить необходимые технологические и геомеханические характеристики создаваемого искусственного массива. На устойчивость вскрываемых горных выработок во вмещающих породах главным образом влияют особенности строения и основные параметры (пространственная ориентировка, ширина, предполагаемая длина и др.) разрывных нарушений и зон повышенной трещиноватости с учетом геомеханического состояния породных блоков и геодинамического районирования вблизи кимберлитовой трубки.

Для отработки подкарьерных запасов месторождение вскрыто по комбинированной схеме (рис. 2): транспортными автоуклонами с существующими бермами карьера; двумя наклонными стволами (ГНС и ВНС), пройденными под углом 30°, и одним вертикальным стволом ВКС. При добыче руды в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях применяется ряд технологий с обоснованием параметров систем разработки, позволяющих производительно и безопасно осуществлять алмазодобычу. Поэтому на руднике «Айхал» запланирован вариант камерной выемки с закладкой выработанного пространства и расположением камер относительно друг друга в так называемом шахматном порядке (рис. 3). Такое взаимное расположение камер позволяет производить выемку запасов руды камерами с максимально возможными геометрическими параметрами и при этом значительно снизить влияние горного давлe-

ния на элементы системы разработки. Это достигается тем, что при формировании очистного пространства верхняя половина камеры располагается в закладочном массиве ранее отработанных камер, а их нижняя половина заглубляется в рудный массив.

Разломно-блоковая структура месторождения. В целом для месторождения характерна сложная разломная структура, обусловленная взаимодействием разрывных нарушений различных направлений. При решении задач обеспечения безопасной эксплуатации в условиях рудника использовалась двумерная модель, которая не удовлетворяет современным требованиям и является малоэффективной. В связи с этим возникла необходимость уточнения схемы разломно-блоковой структуры трубки «Айхал» с применением технологий трехмерного моделирования, что и послужило основанием для постановки дополнительных исследований.

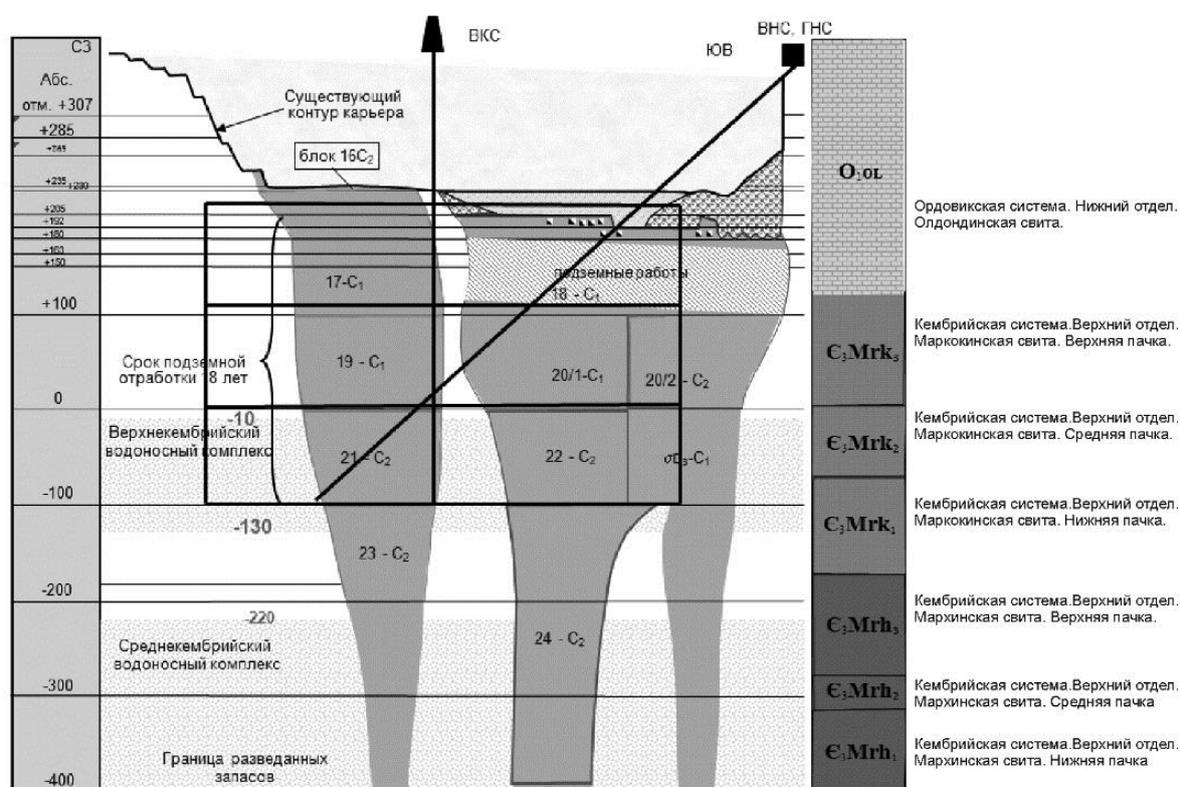


Рис. 2. Схема отработки месторождения трубки «Айхал»

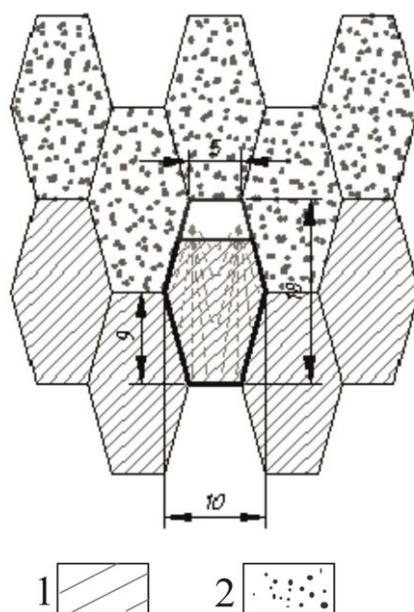


Рис. 3. Схема и параметры камерной системы разработки в шахматном порядке:
 1 – камерные выемки обрабатываемые; 2 – камерные выемки с закладкой выбранного пространства

В 2002 г. были выполнены специальные структурные работы по изучению разломно-блокового строения месторождения [5], по которым установлено, что кимберлитовое тело локализуется в зоне разлома ВСВ (~70°) прости-

рания на участке ее пересечения с разломными зонами СЗ и ЗСЗ направлений. Разломно-блоковое строение района трубки определяется взаимодействием локальных разломов ВСВ, СЗ, ЗСЗ, субмеридиональной и широтной ориентировок (рис. 4).

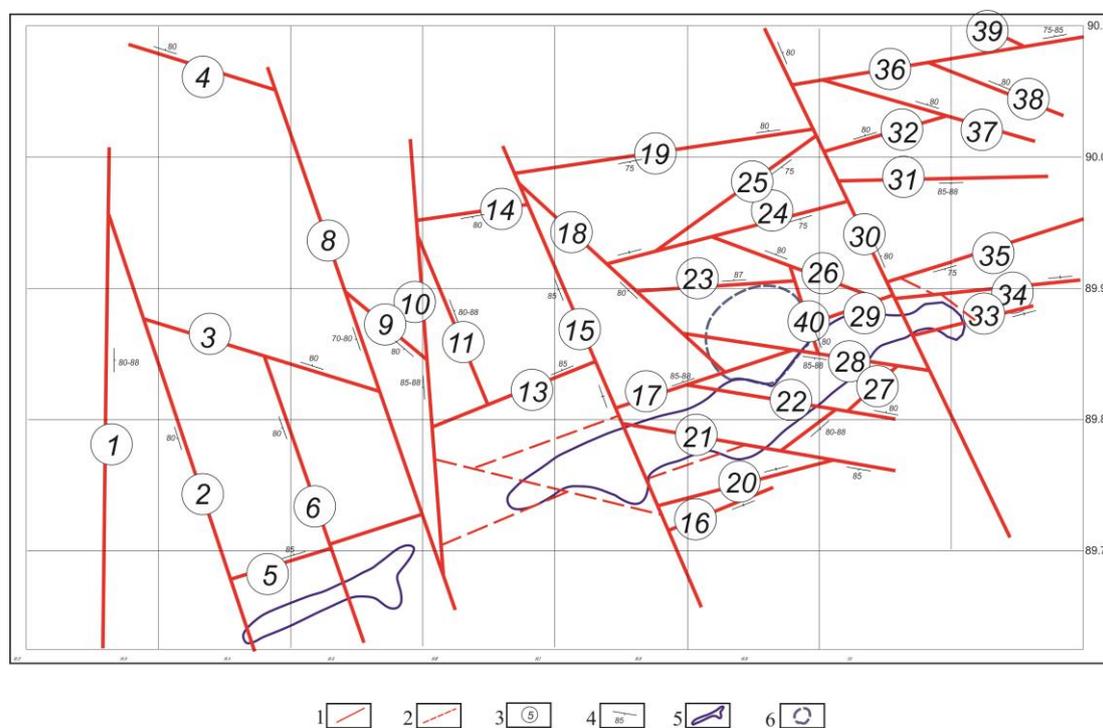


Рис. 4. Схема разломно-блокового строения участка локализации трубки «Айхал»:
 1 – локальные разломы (достоверные); 2 – локальные разломы предполагаемые; 3 – номер разлома;
 4 – элементы залегания разломов; 5 – контуры рудного тела; 6 – контуры слепого тела

Для решения необходимых задач было проведено геолого-структурное картирование разрывных нарушений в пределах новых подземных горизонтов рудника «Айхал», при этом имеющаяся сеть точек наблюдений была существенно дополнена. В процессе изучения использовалась схема проведения геолого-структурных и тектонофизических исследований, изложенная в специальном пособии [4]. Наблюдения начинались с плановой привязки точек в пределах горной выработки. Затем выделялись основные системы трещин, определяющие нарушенность данного участка горного массива, проводилось измерение элементов их залегания, а также документировались взаимоотношения разрывов различных систем друг с другом. Далее на точке наблюдения проводилось изучение дизъюнктивных структур более крупного по отношению к трещинам масштаба, т.е. локальных разрывных нарушений. Их оценка подразумевала измерение элементов залегания, характеристику особенностей вещественного и структурного заполнения, типа контактов с вмещающей средой, морфологию сместителей, а также обязательное измерение количественных параметров (мощность, амплитуда смещения, расстояние между сместителями и др.). При систематизации разрывных структур использовалась следующая шкала ранжирования:

- 1 ранг – трещины (длиной от 0,1 до 5 м);
- 2 ранг – крупные трещины (длиной более 5 м);
- 3 ранг – разрывные нарушения (зоны трещиноватости, дробления и расланцевания мощностью от нескольких сантиметров до десяти и более метров и длиной в десятки – сотни метров);
- 4 ранг – локальные разломы (зоны разрывных и пластических деформаций мощностью в десятки метров и протяженностью в сотни метров – первые километры);
- 5 ранг – региональные разломы

(зоны разрывных и пластических деформаций мощностью в сотни метров и длиной в десятки и сотни километров, вмещающие кимберлитовое тело).

Особое внимание уделялось получению количественных характеристик трещинной сети. Во-первых, выполнялся подсчет количества трещин на 1 м^2 изучаемой площадки (N). Во-вторых, оценивалось среднее расстояние между трещинами соизмеримой длины для каждой из систем, что в дальнейшем, позволяет рассчитывать густоту каждой системы или линейную плотность, измеряемую количеством трещин, секущих заданное расстояние нормали к их плоскостям, (G_i). В-третьих, фиксировались параметры отдельных трещин (длина, зияние, амплитуда смещения и другие характеристики). Кроме дизъюнктивных структур в точке наблюдения описывались другие структурные формы (складки, будины, линейность и т.д.).

Оценка ранее полученных и новых данных свидетельствует о том, что определяющую роль в тектоническом строении месторождения играют субвертикальные и субгоризонтальные тектонические трещины и разрывные нарушения различной мощности. Анализ ориентировок субвертикальных дизъюнктивов подтвердил, что определяющую роль в тектоническом строении трубки играют разрывы ВСВ, ССВ и реже СЗ направлений. Менее развиты дислокации ЗСЗ и субмеридионального простираний. В дальнейшем были последовательно рассмотрены особенности пространственного расположения зон субвертикальных разрывных нарушений и систем трещин. Субвертикальные разрывные нарушения отмечены как по контакту кимберлитового тела и вмещающих пород, так и на удалении от него. В большинстве это фрагменты зон повышенной трещиноватости и дробления пород; реже зоны брекчирования и милонитизации. Зоны повышенной трещиноватости представлены сериями сближенных субпараллельных сколовых трещин,

иногда со следами смещений. Мощности зон разрывных нарушений колеблются от первых десятков сантиметров до первых десятков метров.

В результате анализа данных была построена трехмерная модель пространственного распределения зон субвертикальных разрывных нарушений в пределах каждого из изученных горизонтов. При этом разрывные нарушения ранжировались по параметру ширины зоны. Аналогичным образом были построены трехмерные схемы, характеризующие пространственное положение и интенсивность проявления систем субвертикальных тектонических трещин в каждой из точек наблюдений. Представленные материалы послужили основой для построения уточненной объемной схемы субвертикальных разломов вблизи трубки «Айхал». При определении глубины проникновения разломов исходили из того, что созданная сеть наблюдений охватывает горизонты от +495 до 0 абс. м. Кроме того, была выполнена интерполяция прослеженных нарушений до глубины -100 абс. м.

Результаты построений свидетельствуют о том, что тектонические условия вблизи трубки определяют субвертикальные разломы ВСВ, ССЗ, ЗСЗ, широтного, а также СВ направлений. В большинстве своем данные разломы представляют собой зоны повышенной трещиноватости, мощности которых колеблются по разрезу от 5 до первых десятков метров. Зафиксированные нарушения разбивают горный массив (в плане) на 3- и 4-угольные блоки различного масштаба. Другим важным элементом разломно-блоковой структуры месторождения являются субгоризонтальные разрывные нарушения, которые служат ограничениями блоков по вертикали. Положение зафиксированных субгоризонтальных нарушений показывает, что основные субгоризонтальные границы блоков приурочены к горизонтам +400, +360, +320 и +120 абс. м. То есть размеры блоков по вертикали составляют от 40 до 240 м.

Наклонные разрывные нарушения редки. Всего зафиксировано шесть нарушений данного типа, три из которых имеют ССЗ простирание. Существенной роли в разломно-блоковой структуре месторождения наклонные зоны нарушений не играют. Анализ трехмерной схемы позволил проследить четыре наклонных дизъюнктива (крупные трещины) в центральной части рудника в различных интервалах глубин между горизонтами +50 и +200 абс. м. Эти дизъюнктивы представляют собой сколовые трещины протяженностью от первых десятков до 100–150 м в длину (по простиранию) и 30–80 м по глубине.

Сравнительный анализ трехмерной модели с двумерной схемой показывает, что значительная часть зафиксированных новых разрывов совпадает с линиями выделенных ранее нарушений. В тоже время отмечаются и существенные различия. В целом необходимо признать, что анализ данных в трехмерном виде позволяет получать более точную и обоснованную картину разломно-блоковой структуры горного массива.

Полученная модель позволяет оценить размеры блоков пород, вычленимых разломными структурами. Если учитывать, что зоны разломов характеризуются значениями ширины от первых метров до 20–25 м, можно сказать, что размеры блоков колеблются от первых сотен до десятков тысяч м². Наиболее мелкие блоки сформировались в узлах пересечения и на участках сгущения разломов вблизи рудного тела. Более крупные фиксируются на некотором удалении от кимберлитового тела.

Особенности проявления основных систем тектонических трещин в пределах блоков горных пород и их анализ показывают, что строение трещинной сети в блоках определяют в основном разрывы, близпараллельные границам блоков. Как правило, в зависимости от формы блока это 2–3 системы субвертикальных трещин и 1–2 наклонных. В некоторых случаях наблюдается усложнение трещинной сети за счет проявления

еще одной субвертикальной системы. Значения густоты G_i субвертикальных систем в блоках колеблются от 0,5 до 3 тр/м. Наклонные разрывы, как правило, проявляются в пределах отдельных слоев горных пород. Кроме того, значительную роль в строении трещинной сети в блоках играют также субгоризонтальные трещины. То есть можно констатировать, что наблюдается разделение различных по масштабам породных блоков как для месторождения, так и для локальных участков, при этом строение разрывной сети обусловлено наличием субвертикальных и субгоризонтальных разрывов определенных направлений.

Прогноз по оценке опасности прорыва карьерных вод и подземных рассолов. Особенности разрывной тектоники определяют формирование гидрогеомеханических процессов на разрабатываемом месторождении. Под воздействием горных работ происходит перераспределение напряжений в горном массиве и, как следствие, активизация геомеханических процессов, отражающаяся в раскрытии ряда трещинных структур, развитии процессов сдвижения блоков, и последующая миграция воды и газа. Полученные данные показывают, что наиболее нарушенная часть горного массива разрывами различных рангов приходится на горизонты +500...+200 абс. м, что соответствует глубине карьерной разработки. Повышенная интенсивность трещиноватости и наличие субгоризонтальных зон в данном интервале является результатом техногенного воздействия при проведении буровзрывных работ и т.д. Это приводит к активизации трещинной сети, проявлению сдвижения горных пород и обрушению бортов карьера.

Для прогноза геомеханической ситуации на нижних горизонтах рудника были проведены замеры плотности трещин в интервалах глубин +180...-20 абс. м. Выбор данного интервала обусловлен тем, что в настоящее время предохранительный рудный целик для безопасной

обработки подкарьерных запасов находится в отметках от +190 до +165 абс. м. Простроенная объемная схема распределения параметра N позволяет констатировать, что на глубоких горизонтах полоса повышенной нарушенности пород трещинами, которая на верхних горизонтах располагалась вдоль северо-западного контакта рудного тела, приурочена к юго-восточному крылу разлома № 1 восток-северо-восточной ориентировки и расположена вдоль юго-восточного контакта трубки. Анализ данных свидетельствует о том, что на глубоких горизонтах повышенные значения плотности трещиноватости образуют линейные аномалии, приуроченные к разломным зонам и узлам разломов. Их ширина весьма варьируется по вертикали, достигая максимальных значений в 20–40 м. Однако они не всегда устойчивы, на некоторых интервалах глубины они не прослеживаются.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что на глубоких горизонтах повышенная трещинная нарушенность пород сосредоточена в узких зонах, соответствующих разломным структурам, их узлам и линейным блокам между сближенными разломами. Ширина участков повышенной трещиноватости достигает 20 и более метров. Соответственно, именно эти участки следует рассматривать в качестве потенциально опасных структур для проявления гидрогеомеханических процессов. Сравнительный анализ полученной разломно-блоковой структуры и местоположений водопроявлений в подземных выработках рудника позволил сделать прогноз по оценке опасности участков на предмет прорыва карьерных вод, а также возможных мест выходов подземных рассолов и газов (рис. 5). По результатам сопоставления были выделены участки, в пределах которых наблюдается субвертикальная миграция поверхностных и подземных вод.

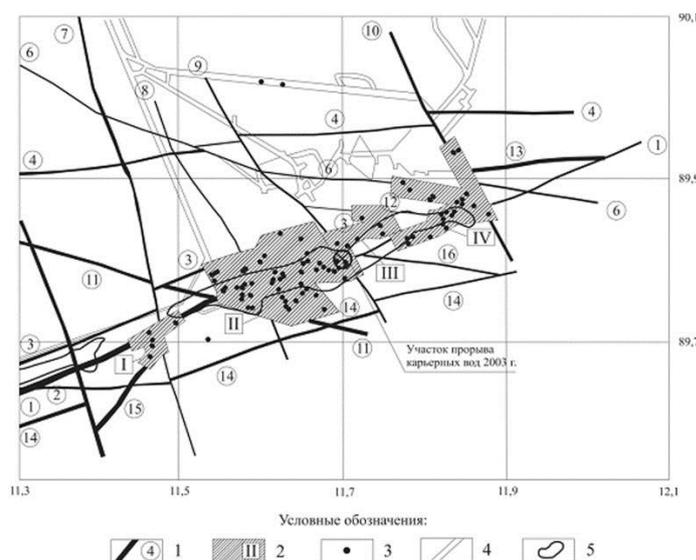


Рис. 5. Схема потенциально опасных участков по миграции поверхностных и подземных вод на руднике «Айхал» (вид сверху):

1 – установленные разломы, цифра – его номер; 2 – опасный участок, цифра – его номер; 3 – пункт водопрооявления; 4 – положение подземной выработки; 5 – контур рудного тела

Анализ полученных результатов показывает, что размер и форма выделенных зон определяются разрывной структурой месторождения, при этом выделено четыре опасных участка (см. рис. 5). Три из них (I, III и IV) приурочены к зонам разрывных нарушений и узлам их пересечения. Например, на участке I зафиксированные водопрооявления локализованы в зонах разломов 1, 7 и 15. Подобная картина, только для других сочетаний разломов, характерна и для участков III и IV. Участок II характеризуется наибольшей площадью и более сложным распределением водопрооявлений, которые не только приурочены к зонам разломов и их узлам, но локализованы и в блоках. Следует еще раз отметить, что это либо блоки между сближенными нарушениями, либо включающие в себя ослабленные плоскости в виде контактов рудного тела. В результате они характеризуются повышенными значениями количественных параметров трещиноватости.

Таким образом, разломные узлы с сопутствующей тектонической трещиноватостью горных пород на руднике являются наиболее проницаемыми для миграции поверхностных, подземных вод и

газов. Особо следует подчеркнуть приуроченность участка II к прорыву поверхностных вод из карьера, который произошел в 2003 г. Данный участок является наиболее опасными в плане возможного увеличения водопритоков из карьера в горные выработки рудника. Следует отметить, что зоны разрывных нарушений, по которым фиксируются проявления воды, имеют субвертикальное падение и проникают на значительные глубины. Для учета возможности изменения проницаемости вдоль этих зон и узлов разломов необходима постановка специальных наблюдений с созданием сети гидрогеомеханического мониторинга в пределах таких опасных участков.

Библиографический список

1. Дроздов А.В., Иост Н.А., Лобанов В.В. Криогидрогеология алмазных месторождений Западной Якутии. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. 507 с.
2. Зинчук Н.Н., Савко А.Д., Швырев Л.Т. Тектоника и алмазоносный магматизм. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2004. 284 с.

3. Курилко А.С., Дроздов А.В., Каймонов М.В. Оценка возможности ликвидации водного объекта в карьере «Айхал» // Наука и образование. 2013. № 4 (72). С. 17–24.

4. Тектонофизические исследования при алмазопроископных работах: метод. пособие / А.С. Гладков, С.А. Борняков, А.В. Манаков, В.А. Матросов. М.: Научный мир, 2008. 175 с.

5. Тектонофизический подход к анализу структурного контроля алмазородных кимберлитовых трубок (на примере трубки «Айхал») / А.С. Гладков, К.Ж. Семинский, С.А. Борняков [и др.] // Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2003. С. 283–288.

Статья поступила 11.06.2015 г.