

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

Изучение развития техногенных таликов методами электроразведки
(на примере трубки Удачная и карьера Нюрбинский.

Анабарская антеклиза)

Автореферат магистерской работы

Студента 2 курса 261 группы

направление 05.04.01 геология

геологического ф-та

Полянина Антона Александровича

Научный руководитель

к.г.-м.н., доцент

подпись, дата

В.Ю. Шигаев

Саратов 2018

Введение. Выпускная квалификационная работа посвящена изучению развития техногенного талика на полигонах захоронения дренажных вод. Которые возникают в следствии разработки карьеров в геокриологический районах земли. Дренажные воды мешают добыче кемберлитовой породы. С целью решения этой проблемы была разработана система по откачке и транспортировке в пласты-коллекторы изолированные от выхода на дневную поверхность. С целью экологической безопасности и контроля за высокоминерализованными была утверждена необходимость за мониторингом закачки и распространением техногенного талика. В данной работе автор проанализировал и принял участие в геофизических работах методами электроразведки, и сравнил применяемые методы на трех полигонах закачки дренажных вод. В следствии проделанной работы автором представлены данные о возможности применения комплекса методов для максимально достоверной картины распространения дренажных вод на полигонах закачки.

Общее содержание работы. Отработка глубоких горизонтов основных месторождений алмазов в Западной Якутии связана с поступлением высококонцентрированных хлоридных (кальциевых или натриевых) рассолов в открытые и подземные горные выработки. Возможность использования криогеологических структур и подмерзлотных водоносных горизонтов для захоронения промышленных стоков зависит от региональных мерзлотно-гидрогеологических условий, определяющих закрытость структуры, характера обмена подземных и поверхностных вод, фильтрационно-емкостных свойств поглощающего водоносного горизонта или криогенной толщи, а также мощности и свойств пород перекрывающего мерзлого экрана.

Криогидрогеологические условия алмазоносных районов Западно-Якутской провинции имеют ряд существенных отличий, влияющих на технологию отработки кимберлитовых трубок, объемы водопритоков, стоимость утилизации дренажных вод и в целом на эффективность освоения месторождений. Поэтому для каждого горнодобывающего предприятия АК «АЛРОСА» разработан определенный метод ликвидации сопутствующих стоков с учетом конкретных криогидрогеологических условий полигонов захоронения. Основная часть дренажных вод возвращается обратно в подземные резервуары криолитозоны по двум направлениям: обратная закачка в подмерзлотные водоносные горизонты (рудники «Мир», «Интернациональный») и захоронение в криогенные толщи пород (карьер и рудник «Удачный»).

Отработка трубки «Удачной» в настоящее время осложнена притоком (до 250 м³/ч) хлоридных кальциевых рассолов с минерализацией до 380 г/дм³ и содержанием некоторых компонентов, превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК) в десятки и сотни тысяч раз. Поэтому прямой сброс

подмерзлотного горизонта, стрелка – напор, цифра – абсолютная отметка, м; 5 – стратиграфические границы свит; 6 – дайки долеритов; 7 – тектонические нарушения; 8 – скважина: сверху – ее номер, снизу – глубина, м.

В основе разработанного способа захоронения стоков в ММП лежит способность формирования гравитационной емкости резервуара за счет изменения объема твердой фазы воды – льда в горных породах (на 9 %). При закачке рассолов происходит плавление текстурообразующих льдов в породах в широком диапазоне температур с образованием дополнительной емкости. В мерзлом массиве формируется техногенный талик, в котором минерализация дренажных вод со временем понижается до равновесных концентраций. При этом, в случае отсутствия гидродинамических воздействий, происходит плотностная конвекция с образованием в верхних частях таликовой области опресненного слоя. Последующие поступления рассолов приводят к расширению зоны влияния, развитию репрессивного купола и отжатию, при определенных условиях, вниз части объемов концентрированных растворов. Кроме этого, за счет перетекания части техногенных стоков в подмерзлотный горизонт вовлекается и деформационная емкость прилегающей области подземной гидросферы. С ноября 2001 г. дренажные рассолы из водосборных зумпфов, расположенных на нижних горизонтах карьера, перекачиваются насосами по водоводу на емкость смешения ($V=550$ м³) Киенгского полигона. Далее из резервуара, установленного на наиболее высокой поверхности рельефа, стоки самотеком подаются по распределительному водоводу к 12 эксплуатационным скважинам глубиной 280 м, из которых одновременно эксплуатируется 4–5. Приемистость закачных скважин при режиме свободного налива достигает 200–250 м³/ч. Минерализация удаляемых рассолов изменяется от 164 до 380 г/дм³, в зависимости от сезонов года. В летний период температура сточных вод составляет +5...+8, а зимой опускается до –15...–25°С. К настоящему времени из карьера “Удачный” в ярус ММП на полигоне сброшено более 8 млн м³ рассолов.

Цели. Эксплуатация исследуемых полигонов способствовала постановке дальнейших исследований для оценки масштабов протекания тепломассообменных процессов в криогенной толще при подземном захоронении рассолов и прогноза миграции минерализованных вод.

1. Методики и технологии электроразведочных исследований в режиме геофизического мониторинга на участках Удачнинского ГОКа (полигоны закачки рассолов Левобережный и Киенг) были направлены на эффективное решение следующих задач:

- изучение динамики изменения границ талика в плане и разрезе;
- рекомендовать точки бурения наблюдательных скважин, для эффективного мониторинга массива ММП.

Для обеспечения режима мониторинга необходимо выполнить сопоставимость с результатами ранее выполненных работ, их технико-методическими средствами и сохранить преемственность методики полевых работ и интерпретации результатов.

2. Методика и технология геофизические исследования, проведенные на участке Ботуобинского полигона, соответствуют эффективному решению следующих задач:

- построение карт фактического материала, графиков и схем ореолов по экстремумам электрического потенциала методом заряженного тела (МЗТ) в зоне каждой скважины, геоэлектрических разрезов по профилям вертикального электрического зондирования (ВЭЗ).

Методы исследования. При решении поставленных задач использованы методы зондирования становлением поля в ближней зоне, метод заряженного тела и вертикальное электрическое зондирование.

1. Для решения поставленных задач, электроразведочные исследования на участках Удачинского ГОКа выполнялись методом ЗСБ в профильном варианте совмещенной приемно-генераторной установкой, размещаемой по периметру квадрата. Стороны приемно-генераторного контура 200×200 м, шаг пикетов зондирования по профилям ~ 100 м. На участке Левобережный отработана сеть профилей, частично дублирующая измерения, выполненные в 2011 и 2015 г.г. Методика, выбранный шаг наблюдений по профилям, объём и качество профильных зондирования с достаточной степенью достоверности обеспечили изучение геоэлектрических параметров разреза в интервале глубин до 450-500 м, что позволило решить поставленные задачи. Совмещенный приемно-генераторный контур выполнялся из геофизического кабеля ПВС-3×1,5. Аппаратура – электроразведочный комплекс «Цикл-7».

В методе зондирования становлением поля измерителем (ЦЭИ-7) регистрируются процессы становления вторичного поля, возникающего при искусственном возбуждении первичного поля прямоугольными импульсами, возбуждаемыми генератором тока (ГТЭ-1) в генераторном контуре (рамке). Этот метод не требует гальванической связи приемно-генераторной установки с геологической средой.

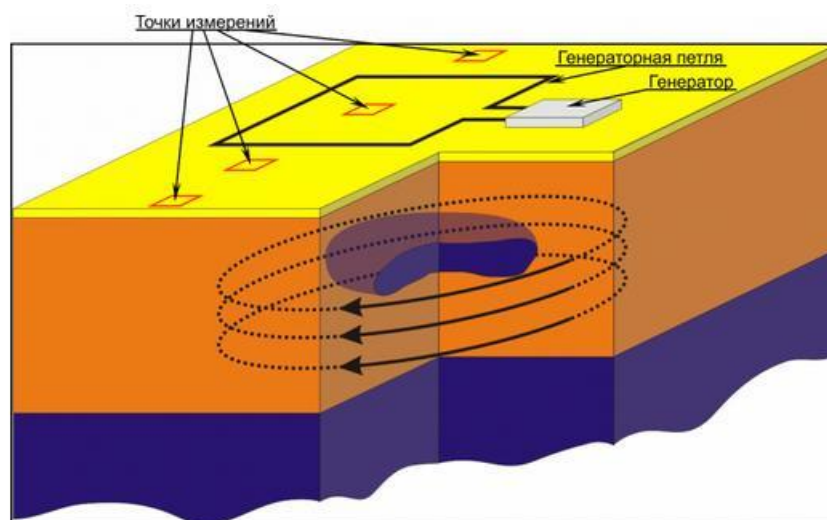


Рисунок 2 - Схема ЗСБ

2. На Ботубинском участке для изучения динамики развития техногенного талика применен метод заряженного тела (МЗТ). Геофизические исследования методом заряженного тела выполнялись с разносом питающей линии $AB \approx 2000$ м и подключением питающего электрода к обсадной трубе скважин закачки. Измерения выполнены в зонах 8 наблюдательных гидрогеологических скважин по сети 10 лучевых профилей $n=10$, где n – количество профилей). Протяженность каждого луча-профиля составляла 500 м. Шаг приемной линии (диполь MN) по профилю ~ 10 м, разнос приемной линии $MN=10$ м. Объем профилирования по методу МЗТ составил 40 погонных километров (4000 физических точек).

Актуальность работы: Специфика выбора участков для захоронения промстоков в ходе освоения месторождений алмазов Якутии определяется не только затратами на процесс удаления дренажных рассолов, но и ответственностью за сохранение благоприятной геоэкологической обстановки в регионе. Поэтому разработке методологии оценки и способам обнаружения перспективных геологических структур в многолетнемерзлых породах (ММП) для захоронения экологически опасных стоков в АК «АЛРОСА» придается особое значение. Следует отметить специфику ММП как среды для закачки дренажных вод, которая имеет существенные отличия, по сравнению с другими природными геологическими объектами, используемыми в качестве резервуаров для складирования жидких промышленных отходов. В целом подземное захоронение сточных вод в недра Земли основано в первую очередь на поглощающих способностях породных массивов или их участков вмещать и удерживать жидкие отходы. До принятия решения по удалению промышленных растворов требуется обосновать геологические условия приемлемой для этих

целей среды, произвести выбор места и технологию закачки предназначенных к утилизации или захоронению стоков.

Закачка высокоминерализованных промстоков в толщу ММП в пластиковые коллекторы изменяет криогенную характеристику интервала с образованием зон таликов, что вызывает изменение техногенных условий и экологической обстановки участка в целом.

Вклад автора в решение проблемы: В периоды прохождения производственных практик и на инициативной основе автор дипломной работы принимал непосредственное участие в выполнении электроразведочных исследований на территориях Удачинского и Нюрбинского горно-обогатительных комбинатов на этапах: проектирования, при полевых мониторинговых работах, при обработке и комплексной интерпретации данных инженерно-геологических и геофизических изысканий. Результативные материалы, полученные при исследованиях участков закачки дренажных вод на разных этапах, взяты за основу данной дипломной работы.

Автор признателен специалистам ООО «Ингеоком» за помощь в работе над темой при сборе фактических материалов по участкам.

Практическое значение работы. Геоэлектрические разрезы в интерпретационном параметре удельная электропроводность $\sigma(H)$ построены с использованием программ Surfer и AutoCAD. Примененный тип и размер индукционных контуров в методе ЗСБ обеспечил информативный диапазон исследованных глубин разреза от 80 до 500 м.

Степень геоэлектрической неоднородности разреза по глубине отражается в градиенте изолиний параметра $\sigma(H)$ по вертикали. Латеральная неоднородность отражается в контрастной субвертикальной направленности изолиний. Геоэлектрически контрастные границы неоднородности разреза, выявленные в изученном интервале по профилю, отражаются в сгущении изолиний $\sigma(H)$. Разрез в геоэлектрической характеристике аппроксимируется двухслойной моделью. На разрезах по профилям выделена целевая геоэлектрическая граница слоев, проведенная по интервалам максимального градиента параметра

Киенгский и Левобережный участки. Профильными электромагнитными зондированиями (М-ЗСБ) изучены геоэлектрические характеристики разреза участка до глубины ~500 м. В разрезе по параметру удельная электропроводимость выделен интервал с аномально высокими значениями удельной электропроводимости. Кровля низкоомного геоэлектрического слоя (с аномально высокими значениями удельной электропроводимости) принята за реперную геоэлектрическую границу,

идентифицированную с уровнем закачиваемых дренажных рассолов в интервал коллектора верхнекембрийского водоносного комплекса (ВВК). По результатам работ в 2016 г. выполнены построения геоэлектрических разрезов по профилям в изолиниях удельной электропроводности и карты уровня дренажных рассолов в техногенном талике верхнекембрийского водоносного комплекса (ВВК). В работе приведено сопоставление результативных разрезов и карт уровней ВВК по наземным электроразведочным работам 2011 - 2015 г.г. , которые отражают динамику развития роста площадных размеров техногенного талика в изученном разрезе.

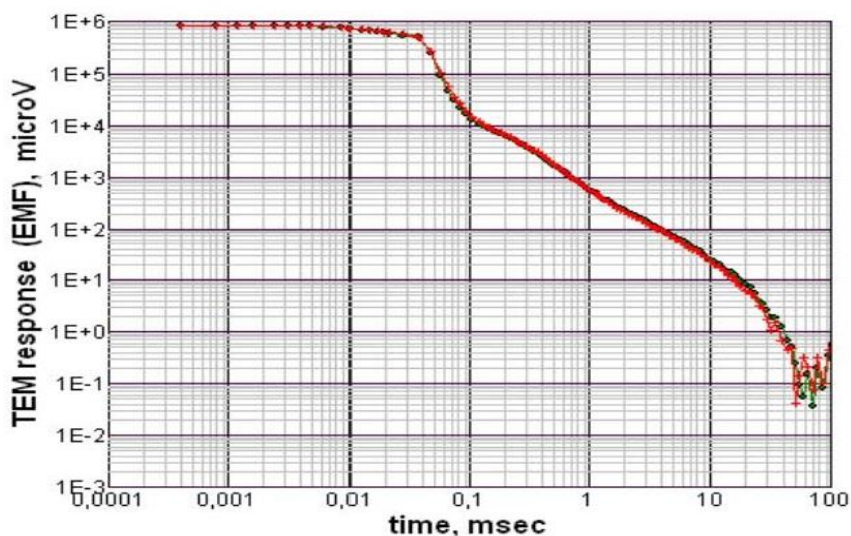


Рисунок 3- Кривая зависимости.

Комплексная оценка состояния и уровня техногенного талика в интервале верхнекембрийского водоносного комплекса позволила сделать вывод о росте и смещении зон аномально высокого положения уровня подземных вод в северном и юго-восточном направлениях и расширении площадных размеров этих зон. С целью осуществления постоянного мониторинга за уровнем закачиваемых дренажных рассолов на участке Левобережный было рекомендовано заложение 2 наблюдательных скважин в контурах расширения аномальной зоны по уровню подземных вод .

Ботуобинский участок. Результаты, полученные на Ботуобинском полигоне захоронения дренажных вод (ПЗДВ) электроразведкой методом заряженного тела (МЗТ), подтвердили выдвинутое ранее положение о том, что все точки заряженного тела (на данном объекте - коллектор насыщенный закачанными рассолами) характеризуются градиентом электрического потенциалом [2]. На обследованных скважинах закачки ПЗДВ установлено, что растекание рассолов в толще трещиноватых геологических образований при их высокой электропроводности (за счет высокой минерализации закачиваемых

дренажных вод) отражается в величинах измеряемого электрического потенциала. В направлении продольной оси эллипса растекания это падение отмечено на более значительном расстоянии. Для изучения линейно вытянутых заряженных объектов в разрезе ПЗДВ измерение потенциала и его градиента в методе заряженного тела (МЗТ) выполнялось по сети радиальных профилей, исходящих из точки заземления электрода А питающего диполя АВ (на обсадке скважин закачки). Электрод В располагался в «бесконечности» на расстоянии 2000 м от электрода А (АВ = 2000 м.) Протяженность каждого луча профиля составила 500 м. На расстановках МЗТ приемные диполи MN=10 м. располагались вдоль питающего диполя, ориентированного по лучу-профилю. Шаг приемного диполя по профилям – лучам составлял 10 м. На приемном диполе в каждой точке регистрировался сигнал – падение напряжения - электрический потенциал в контуре заряженного тела. Величина тока в питающем диполе составляла 10 мА. На графиках электрического потенциала, зарегистрированного по профилям, для каждого пикета установлены величины и динамика изменения электрического потенциала. Экстремумы градиента потенциала обусловлены тем, что на контакте хорошо проводящего тела со сравнительно плохо проводящими вмещающими породами происходит скачкообразное увеличение нормальной составляющей напряженности электрического поля. На изученных методом МЗТ зонах у скважин закачки точки экстремумов отражают положение контактной зоны растекания закачанного объема дренажных вод в толще трещиноватых пород.

Заключение. Отработка глубоких горизонтов основных месторождений алмазов в Западной Якутии связана с поступлением высококонцентрированных хлоридных (кальциевых или натриевых) рассолов в открытые и подземные горные выработки. Возможность использования криогеологических структур и подмерзлотных водоносных горизонтов для захоронения промышленных стоков зависит от региональных мерзлотно-гидрогеологических условий, определяющих закрытость структуры, характера обмена подземных и поверхностных вод, фильтрационно-емкостных свойств поглощающего водоносного горизонта или криогенной толщи, а также мощности и свойств пород перекрывающего мерзлого экрана.

Миграционные показатели формируемой среды в криогенном ярусе, являясь составной частью фильтрационных свойств пород, зависят от состояния мерзлого массива, его тектонической нарушенности, льдистости, характера и продолжительности взаимодействия с рассолами. Эта закономерность прослеживается как в верхних, так и нижних горизонтах мерзлых толщ и тесно

связана с простираем региональных разрывных зон. Если рассматривать разрез по вертикали, то в его верхних интервалах влияние структурной нарушенности пород несколько сглажено, за счет повсеместного и более динамичного воздействия криогенных процессов. При захоронении дренажных вод в ММП происходит пространственно-временное изменение проницаемости криогенных образований. Формируется техногенный талик, у которого фильтрационные свойства отложений изменяются, главным образом, в сторону увеличения. Массообменные характеристики ММП низкие, однако, миграционные показатели закачанных рассолов, отслеженные по локально-линейным зонам и приуроченные к структурообразующей тектонической нарушенности толщ, очень высоки. К примеру, коэффициенты фильтрации пород, рассчитанные по скоростям распространения закачанных стоков на Киенгском полигоне в юго-восточном направлении.

Примененный комплекс методов электроразведки на объекте Ботубиобинского полигона закачки дренажных вод не в полной мере обеспечил решение задачи составления геоэлектрической 3D модели изученного разреза полигона и прогнозирование направления растекания рассолов на будущие периоды его эксплуатации. В плане проведения дальнейший мониторинговых геофизических работ на полигоне рекомендуется включить в состав комплексных исследований электроразведку на постоянном токе (МЗТ) и индукционные электромагнитные зондирования (ЗСБ). Густота сети площадных электроразведочных работ и площадь съемки, с выходом на фоновые участки, должны обеспечивать построение кондиционных объемных моделей 3D и интервальных срезов геоэлектрических параметров.

Инженерно-геофизические работы в режиме мониторинга с целью определения границ и динамики развития техногенного талика на полигоне закачки дренажных рассолов тр. Удачная (участок Киенгский и Левобережный) методом электромагнитных зондирования становлением поля изучены геоэлектрические характеристики разреза участков до глубины ~500 м. В разрезе по параметру удельная электропроводимость выделен интервал с аномально высокими

значениями удельной электропроводимости. Кровля низкоомного геоэлектрического слоя (с аномально высокими значениями удельной электропроводимости) принята за реперную геоэлектрическую границу, идентифицированную с уровнем подземных вод верхнекембрийского водоносного комплекса (ВВК). По результатам работ в 2016 г. выполнены построения геоэлектрических разрезов по профилям в изолиниях удельной электропроводимости и карты уровня подземных вод верхнекембрийского водоносного комплекса.

Комплексная оценка состояния и уровня техногенного водоносного комплекса позволила сделать вывод о смещении зон аномально высокого положения уровня подземных вод в юго-западном и юго-восточном направлениях и сокращении площадных размеров этих зон.

Использование электроразведочных работ позволяет устойчиво отслеживать направления геофильтрационных потоков в криогенных толщах с последующей корректировкой данных по наблюдательным скважинам. Полученные результаты исследований, связанные с формированием фильтрационных свойств ММП и оценкой миграционных показателей рассолов позволяют их применять для управления процессом захоронения дренажных вод карьера и рудника “Удачный”, прогнозировать возможные технологические осложнения с учетом экологической надежности данного способа удаления жидких отходов в криолитозоне региона.

В ходе подготовки и написания работы автором изучена общая характеристика и основные сведения о геологическом строении изучаемых участков, а также методы и технологии электроразведочных исследований при электроразведочном мониторинге. Приведенные результаты, дают все основания считать электроразведку достаточно эффективным средством мониторинга развития техногенного талика на полигонах закачки дренажных вод и позволяют считать достигнутой основную цель магистерской работы.