



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра Общего и прикладного природопользования

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

На тему Оценка воздействия сброса дренажных вод с разработки алмазного  
месторождения им. М.В.Ломоносова на р.Золотица

Исполнитель Солдатова Ольга Александровна  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель профессор, доктор химических наук  
(ученая степень, ученое звание)

Мансуров Марат Маруфович  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

Стурман Владимир Ицхакович  
(подпись)  
профессор, доктор географических наук

«07» 06 2016 г.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2016



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра Общего и прикладного природопользования

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

На тему Оценка влияния сброса дренажных вод с разработки алмазного месторождения  
им. Ломоносова на р. Золотица

Исполнитель Солдатова Ольга Александровна

Руководитель доктор химических наук, профессор

Мансуров Марат Маруфович

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

профессор, доктор географических наук

Стурман Владимир Ицхакович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2016

## *Оглавление*

Введение.....	4
Глава 1. Общие сведения о месторождении.....	7
1.1. История месторождения.....	7
1.2. Географическая характеристика месторождения.....	9
1.3. Гидрография.....	10
1.4. Геологическая характеристика района месторождения.....	11
1.5. Основные водоносные горизонты и комплексы.....	14
1.5.1. Гидродинамическая характеристика водоносных комплексов..	14
1.5.2. Химический состав подземных вод.....	16
Глава 2. Формирование и очистка дренажных вод.....	19
2.1 Условия формирования химического состава дренажных вод.....	19
2.2 Существующие системы очистки.....	22
2.2.1 Общие сведения о методах очистки.....	22
2.2.2 Фильтрационные характеристики болотных отложений.....	23
2.2.3. Очистка с использованием полей поверхностной фильтрации на начальном этапе разработки месторождения.....	24
2.2.4 Очистка с использованием полей поверхностной фильтрации при активной разработке.....	25
2.3 Очистные сооружения в настоящий период.....	30
2.4 Естественная реабилитация поверхностных полей фильтрации после прекращения сброса.....	30

2.5 Краткая характеристика р. Золотица как водного объекта.....	32
Глава 3. Влияние сброса дренажных вод на р. Золотица.....	33
3.1. Сравнение данных гидрохимического мониторинга за 1990, 2005, 2009 и 2011 гг.....	33
3.2. Руслоотводной канал.....	42
3.3. Биомониторинг.....	44
3.4 Оценка влияния сброса дренажных вод на р. Золотица.....	44
Заключение.....	48
Список использованных источников.....	49

## *Введение*

Месторождение имени М.В. Ломоносова является крупнейшим коренным месторождением алмазов в Европейской части Российской Федерации. Оно включает в себя шесть кимберлитовых трубок – Архангельскую, Карпинского-1, Карпинского-2, Пионерскую, Поморскую и им. Ломоносова. В настоящий момент ведутся добычные работы на трубках Архангельская (с 2005 г) и Карпинского-1 (с 2014). На территории месторождения введены в эксплуатацию два горно-обогачительных комбината (ГОК).

Отработка южной группы трубок месторождения им. М.В. Ломоносова постоянно сопровождается необходимостью накапливать и отводить от нескольких источников на поверхности больших сточных вод разного состава в связи с высокой степенью обводненности грунтов, а также с близким к поверхности расположением водоносных горизонтов. Система водоотведения на месторождении представлена дренажным контуром водопонижающих скважин (ВПС) глубиной до 220 м, производительность которых достигает 120 м<sup>3</sup>/час. При введении дренажного контура в эксплуатацию на полную мощность, производительность составит более 5000 м<sup>3</sup>/ч. Откачиваемые воды направляются по водотоку в специально построенные отстойники, а затем – на поверхностные поля естественной фильтрации (болота), после чего по стоку попадают в реку Золотица и её притоки – реку Светлую и ручей Светлый.

Темой данной выпускной квалификационной работы является оценка влияния сброса дренажных вод с разработки алмазного месторождения имени М.В. Ломоносова на р. Золотица.

Актуальность моей выпускной квалификационной работы обусловлена тем, что месторождение в настоящий момент находится в стадии активной разработки, вследствие чего большой объем сточных вод с дренажного контура

через поля поверхностной фильтрации стекает в р. Золотицу. Р. Золотица же относится к водным объектам высшей категории, в связи с нахождением на ней мест нерестилищ лососевых.

Объектом исследования является алмазное месторождение им. Ломоносова, предметом – формирование, очистка и сброс дренажных вод с его разработки.

Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:

1. Рассмотреть комплексную характеристику территории месторождения.
2. Рассмотреть условия формирования, очистки и сброса дренажных вод.
3. Провести оценку влияния сброса дренажных вод с систем ВПС на р. Золотица на основе полученной информации.

Для выполнения поставленных задач использовались следующие методы:

1. Анализ отчетных данных за предыдущие годы
2. Анализ нормативных документов
3. Построение графиков, иллюстрирующих изменение химического состава дренажных вод с течением времени.

Структура работы:

1 часть – теоретическая. В ней проведен анализ литературы по району месторождения и составлена его общая характеристика.

2 часть – аналитическая. В ней проведен анализ условий формирования дренажных вод, а также рассмотрена существующая система их очистки.

3 часть – практическая. В этой части рассматривается изменение химического состава р. Золотица с года начала разработки месторождения – 2005 г – до 2011 г включительно, а так же составляется оценка влияния сброса дренажных вод на р. Золотица на основе полученных данных.

## *Глава 1. Общие сведения о месторождении*

### *1. История месторождения*

Коренное месторождение алмазов им. М.В. Ломоносова было открыто в марте 1980 года, когда в 100 км. к северу от г. Архангельска на участке излучины р. Золотица скважиной колонкового бурения была вскрыта кимберлитовая трубка Поморская. При поисковых работах, проводившихся в 1981-1983 гг., были вскрыты остальные пять трубок: им. М.В. Ломоносова, Пионерская, им. Карпинского-2, им. Карпинского-1 и Архангельская. Трубки месторождения расположены в виде близмеридиональной цепочки общей протяженностью 9,5 км. Расстояние между отдельными трубками внутри этой цепочки колеблется от 0,13 до 2,15 км [20]

Основной этап разведочных и научно-исследовательских работ был выполнен в 1983-1987 гг. и завершился подсчетом алмазов по промышленным категориям В и С1. Запасы полезных ископаемых были утверждены 19.06.1987 г. в ГКЗ СССР, а месторождение (в составе всех шести трубок) квалифицировалось, как подготовленное к промышленному освоению открытым способом до глубины 460 метров [6]

В 1991 году были полностью завершены разведочные работы по месторождению, информация по ним представлена в “Отчете о результатах доразведки трубки Архангельская и предварительной разведки трубки Снегурочка месторождения им. М.В. Ломоносова в 1987-1991 г.г с подсчетом запасов алмазов по состоянию на 01.03 1991 года” (Медведев В.А., Пылаев Н.Ф., Веселов В.И. и др., 1991), принятом 16.10.1991 г. ЦКЗ СССР.

Владельцем лицензии на разработку месторождения является Открытое акционерное общество "Севералмаз", образованное в 1992 году в соответствии с постановлением правительства Российской Федерации от 20 марта 1992 г. N 180 "О промышленном освоении месторождения алмазов имени М.В. Ломоносова в Архангельской области и создании комплекса производств по

добыче, сортировке, гранению алмазов и изготовлению алмазного инструмента" [15].

С 2003 года на месторождении велись горно-капитальные работы, в 2005 году начались добычные работы на трубке «Архангельская» и была введена в эксплуатацию обогатительная фабрика №1, мощностью переработки 1 млн тонн руды в год, обеспечивающая ежегодную добычу порядка 500 тыс. карат алмазов.

В марте 2014 ОАО «Севералмаз» ввело в эксплуатацию вторую обогатительную фабрику с мощностью переработки 3 млн тонн руды в год, что позволило существенно увеличить производственные мощности Ломоносовского горно-обогатительного комбината. [16]. В октябре 2014 года началась добыча руды из кимберлитовой трубки «Карпинского-1», вскрышные работы на глубину около 36 метров, необходимые для подготовки к промышленной добыче велись с 2009 года. [17]

В настоящее время месторождение им. М.В. Ломоносова имеет следующий вид (см. рис. 1).



Рис. 1. Месторождение им. М.В. Ломоносова на карте.

## *1.2. Географическая характеристика месторождения*

Месторождение им. М.В. Ломоносова расположено на территории Приморского района Архангельской области Российской Федерации в центральной части Беломорско-Кулойского плато и приурочено к излучине р. Золотицы в ее верхнем течении. Территория месторождения представляет собой малообжитой район с отсутствием постоянных населенных пунктов и занимает площадь порядка 20 км<sup>2</sup> (см рис 2).

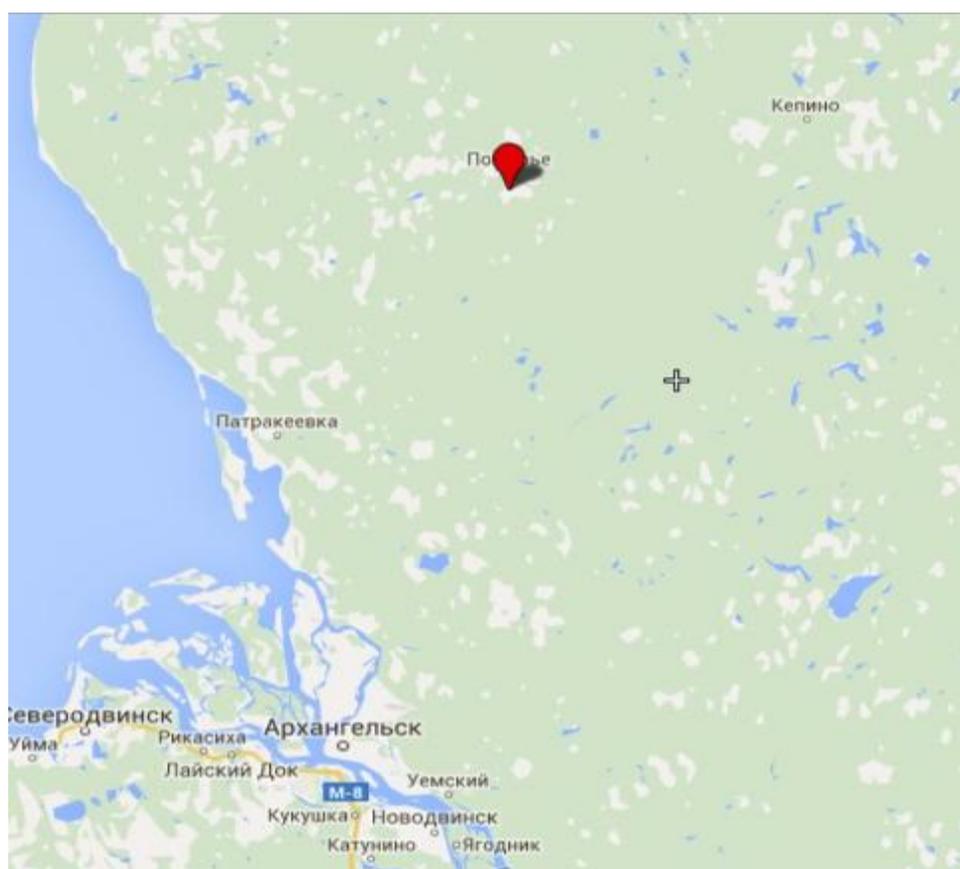


Рис.2. Месторождение Ломоносовское на карте.

Климат района месторождения умеренно-континентальный, с неустойчивой погодой. Характерно избыточное увлажнение, резкие смены давления, температуры, влияние северных морей и теплых течений

обуславливает частую смену направления и скорости ветров. Средние скорости ветров изменяются от 2,3 м/с на северо-восточных и восточных направлениях до 3,2 м/с – на юго-западных. Средняя температура воздуха в регионе 13-15°C летом, зимой — от -10 до -12°C, расчетная температура холодной пятидневки для г.Архангельска составляет -32 градуса. Снежный покров устанавливается в ноябре и его средняя мощность составляет от 0,5 до 1,2 м. Глубина промерзания поверхности от 0,5 до 1,0 м.

В районе месторождения в среднем выпадает до 600 мм осадков в год, большая часть которых приурочена к теплему периоду (до 400 мм). В настоящее время наблюдается тенденция к снижению количества осадков как за год, так и по сезонам. На фоне общего снижения осадков могут быть годы с их максимальным количеством до 738 миллиметров в год. Период максимальных осадков на месторождении продолжается в течение пяти месяцев, с мая по сентябрь [1].

Основная площадь аккумулятивной равнины занята переувлажненными грунтами и болотами, занимающими свыше 50% площади южного участка месторождения. В литологическом отношении разрез для данного типа рельефа представляет собой «слоеный пирог» из глин, суглинков, супесей, разнозернистых песков и прослоев гравийно-галечниковых отложений. На заболоченных участках в минеральном основании преобладают песчано-глинистые разности, как правило, сразу под болотом залегает маломощный (до 1 м) мелкозернистый глинистый песок, подстилаемый плотными (до 2-3 м) глинами. Болотные образования представлены, преимущественно, торфом различной степени разложения. Мощность торфа обычно не превышает 1-2 м, но на отдельных участках достигает 6-8 м [5].

### ***1.3. Гидрография***

Территорию месторождения пересекают четыре поверхностных водотока, главным из которых является река Золотица, берущая начало в

северо-восточной части озера Золотицкое. Она протекает по западной части Беломорско-Кулойского плато и впадает в пролив Горло Белого моря к северо-востоку от Двинской губы. Общая протяженность реки составляет 177 км, площадь бассейна — 1950 м. Степень его озерности составляет порядка 1,2% - на территории насчитывается 240 озер с общей площадью 22,6 км<sup>2</sup>. Заболоченность бассейна возрастает от 15% у истока до более 20% в районе устья. Речная система р. Золотица является водным объектом высшей категории, т.к. Золотица является лососевой нерестовой рекой.

В верхнем течении р. Золотицы находится месторождение алмазов им. Ломоносова и вахтовые посёлки Тучкино и Светлый. На территории месторождения протекают также речка Светлая и впадающий в нее ручей Светлый на юге и ручей Тучкин на севере, имеющие подчиненное значение к реке Золотица.

Все водотоки являются равнинными, что подтверждается меандрированием их русел. Средний коэффициент извилистости составляет 1,55, а густота речной сети - 0,58 км/км<sup>2</sup>. Борта долин водотоков характеризуются очень пологими склонами, постепенно сливающимися с прилегающими к ним междуречным пространствам. Их русла имеют корытообразную асимметричную форму, по степени изменения - относительно устойчивые, по происхождению - аллювиальные. Питание водотоков - смешанное, осуществляется за счет снеговых, дождевых и подземных вод. Режим рек и ручьев типичен для восточно-европейских рек, у которых максимальные расходы и уровни отмечаются при вскрытии и таянии снегов весной, а также в период осенних затяжных дождей. Средние расходы в реке Золотица составляют 2.5 м<sup>3</sup>/с, максимальные – до 30 м<sup>3</sup>/с. [3]

Ледостав на водотоках устанавливается со второй половины ноября по апрель месяц и в дальнейшем переходит в неполный ледостав с поленьями и закраинами до начала мая. Ледохода нет, так как лед тает на месте образования. Половодье продолжается 10-12 суток.

#### *1.4. Геологическая характеристика района месторождения*

В районе месторождения неоген-четвертичные рыхлые образования картируются сплошным чехлом. В результате воздействия всех известных на Русском Севере оледенений сплошное залегание среднекаменноугольных отложений было нарушено руслами временных флювиогляциальных потоков с образованием древних долин, заполненных материалом лед и межледниковых фаций. По генетическому признаку четвертичные отложения (QI-IV) расчленены на раннечетвертичные (QI), среднечетвертичные (QII-III) и современные (QIV).

Максимальные значения мощности четвертичных отложений характерны для участков погребенных экзарационных палеодолин. Одна из долин расположилась над трубкой им. Карпинского-1 и средней частью трубки им. Карпинского-2. Ее ширина достигает 280 метров, а глубина изменяется от 32 до 42 м при среднем значении 35,7 и 33,8 м соответственно. В верхней части разреза (до 5-7 м) преобладают глинистые образования с редкими линзами мелкозернистых песков, в средней (до 17-18 м) - глины замещаются суглинками с первыми песчано-гравийными пропластками. В нижней части (до 36 м) разрез сложен гравийно-галечными горизонтами, локально разделенными пропластками и линзами супесей и алевроитов. Другая долина глубиной 200 м отмечена за пределами карьерного поля юго-западнее трубки Архангельской. Ее заполняют мелко- и среднезернистые разности осадков флювиогляциальных потоков древних оледенений.

Месторождение находится на северо-западной границе распространения пород среднекаменноугольного возраста. Поэтому залегание карбонатных отложений носит островной характер с образованием положительных форм рельефа. Ими полностью перекрыты трубки Архангельская и Пионерская, частично - трубки Поморская, им. Карпинского-1 и им. Карпинского-2. Они полностью эродированы над трубкой им. Ломоносова. В их разрезе

преобладают карбонатно-терригенные породы московского яруса, разделенные (снизу-вверх) на урзугскую (C2ur), воереченскую (C2vr) и олмуго-окуневскую (Vol+ok) свиты. На восток и юг от месторождения среднекаменноугольные отложения приобретают сплошное распространение.

Развитые в верхних раструбовых частях трубок Архангельская, им. Карпинского-1 и Пионерская, образования кратерной фации представлены толщей осадочно-вулканогенных пород: песчаниками, туфопесчаниками, туфогравелитами, туфами, туффитами и грубообломочными осадочными брекчиями. Обычно разрез состоит из трех пачек, реже – из двух. Верхняя пачка сложена туфопесчаниками, в нижней же распространены туффиты и туфы. В пределах пачки одной породы могут встречаться прослои других разновидностей. На трубке Архангельской верхняя и нижняя пачки представлены туфопесчаниками. Мощность пород кратерной фации на каждой трубке разная, изменяется от 109 до 156 м.

Залегающие в виде крутопадающих столбов образования жерловой фации представлены двумя основными разновидностями кимберлитов: ксенотуфобрекчиями и автолитовыми брекчиями. Они весьма четко обособлены друг от друга переходными зонами, вдоль которых наблюдаются скопления ксенолитов вмещающих пород, также в них развиваются мелкие зоны трещиноватости со вторичной минерализацией (карбонаты, кварц и др.). Вдоль контактов этих разновидностей кимберлита с вмещающими породами венда фиксируются аналогичные явления.

В верхней части кимберлиты сильно выветрены и разуплотнены. Мощность зон выветривания не превышает 10-15 м.

Наличие комплексов вмещающих пород венда, не ограниченных в плане и постоянных по мощности и составу в разрезе, является общим в условиях залегания всех проявлений кимберлитового магматизма.

Для отложений усть-пинежской свиты (Vup) характерно преобладание аргиллитовых разновидностей пород при подчиненном развитии песчаников и

алевролиов. Окраска пород в основном зелено-сероцветная, локально распространены красноцветные слои.

Отложения мезенской свиты (Vmz) в нижней части разреза (ергинские слои) представлены толщей переслаивания алевролитов и аргиллитов, реже песчаников. Окраска пород преимущественно пестроцветная, обусловлена чередованием зеленовато-серых и красно-коричневых прослоев. По разрезу в целом преобладают алевролиты. Суммарная мощность слоев песчаников и аргиллитов не превышает 40 м, но при этом песчаники обогащены глинистым материалом и всегда переслаиваются тонкими слоями аргиллитов. Мощность пород свиты в трубке составляет 220 м [4].

Комплекс образований мезенской и усть-пинезской свит относится к типу полускальных пород и залегает в интервале глубин с абсолютными отметками -110 / -830 м.

Завершает разрез вмещающих пород Падунская свита (Vpd), представленная толщей красноцветных песчаником с редкими прослоями алевролитов и аргиллитов, количество которых с глубиной увеличивается. Песчаники красновато-бурые, коричневатобурые, сероватобурые, реже зеленовато-серые кварцевые, мелкозернистые, обычно массивные, прослоями косо- или горизонтальнослоистые. Алевролиты и аргиллиты красноватобурые, редко зеленовато-серые, слабо слюдистые, массивные. Они образуют прослой с мощностью 2-5 метров.

Мощность отложений свиты составляет 180 м. Вмещающие породы подвержены экзоконтактовым изменениям в околотрубочном пространстве. Максимальные изменения — до 30 м — отмечаются в интервале залегания песчаников падунской свиты венда, особенно в её верхней части [10].

### ***1.5. Основные водоносные горизонты и комплексы***

По условиям залегания, распространения, литологическому составу отложений, гидрогеологическим параметрам, химическому составу, а также

особенностям питания и разгрузки в пределах южной части месторождения им. М.В. Ломоносова выделяется шесть водоносных комплексов:

1. Комплекс отложений неоген-четвертичного возраста (N-Q I-IV),
2. Комплекс среднекаменноугольных отложений (C2),
3. Комплекс пород кратерной фации (nD3-C2),
4. Комплекс пород жерловой фации (iD3-C2),
5. Комплекс пород падунской свиты венда (Vpd),
6. Комплекс пород мезенской и усть-пинежской свит венда (Vmz-up).

### ***1.5.1. Гидродинамическая характеристика водоносных комплексов***

Благодаря пространственной невыдержанности распространения водоносных горизонтов четвертичных отложений, а также наличие в их разрезе локальных водоупоров при отсутствии региональных, их можно рассматривать как единую гидродинамическую систему [8].

При суммарном опробовании комплекса при начальной прокладке ствола №1 на трубке им. Карпинского-2 определились коллекторские свойства горизонта. В процессе опыта из восьми дренажных скважин производилась откачка воды с расходом 100 м<sup>3</sup>/час на протяжении 158 суток.

Комплекс содержит безнапорные грунтовые воды в песчаных линзах верхней части раздела. При увеличении глубины ствола до 18 метров были вскрыты мелкозернистые пески со свойствами плавунгов. Был установлен напорный характер вод, коэффициенты водоотдачи (0,17), проводимости (88 м<sup>2</sup>/сутки) и уровнепроводности (519 м<sup>2</sup>/сутки). При этом в каждой древней долине, в зависимости от состава слоев и их расположения, гидрогеологические параметры могут различаться.

На возвышенных участках рельефа распространен комплекс пород среднекаменноугольного возраста. В восточной и южной частях территории, где по мере погружения эти образования приобретают свойства водоносных горизонтов, картируется их сплошное залегание. Водоносный горизонт

урзугских мелкозернистых слабосцементированных песчаников распространен в виде локальных «останцов» и содержит безнапорные пресные воды. Коэффициент проводимости изменяется от 30 до 60 м<sup>2</sup>/сутки, увеличиваясь до 100-125 м<sup>2</sup>/сутки на площадях со сплошным развитием отложений.

Комплекс образований кратерной фации распространен на трех продуктивных трубках месторождения, ограничиваясь по площади их размерами. Он залегает под перекрывающими отложениями во вмещающих м<sup>2</sup>/сутки породах падунской свиты венда. Породы относятся к полускальному типу и содержат трещинно-жильные напорные воды. Коэффициент проводимости изменяется от 27-45 м<sup>2</sup>/сут на трубке Пионерской до 48-60 м<sup>2</sup>/сут на трубках им. Карпинского-1 и Архангельская. Коэффициент пьезопроводности достигает  $2.3 \cdot 10^5$  м<sup>2</sup>/сутки.

Комплекс кимберлитовых брекчий прослеживается до фундамента на всех трубках месторождения. Он представлен породами жерловой фации (автолитовая брекчия, ксенотуфобрекчия). По площади комплекс ограничен размерами трубок, а кровля на каждой трубке имеет свою гипсометрическую отметку. Брекчии относятся к скальным типам пород и содержат трещинно-жильные напорные воды. Среднее значение коэффициента проводимости — до 8 м<sup>2</sup>/сутки. Другие гидродинамические свойства брекчий аналогичны свойствам комплекса пород мезенской и усть-пинежской свит.

Комплекс падунских песчаников, залегающий моноклинально с углом падения до 5° в юго-юго-восточном направлении, является основным коллектором пресных подземных вод на северо-западе территории плато. Средний интервал комплекса является наиболее обводненным. Коэффициент проводимости всей толщи комплекса достигает 200 м<sup>2</sup>/сутки и более. В долинах водотоков особенно проявляется напорный характер вод: вскрывающие разрез падунских песчаников скважины изливаются с расходами до 20 л/с [7].

Комплекс образований мезенской и усть-пинежской свит, залегающий в интервале глубин с абсолютными отметками -100 — -830 м, содержит в себе

пластово-напорные воды. По одиночным откачкам из нескольких скважин были определены гидрогеологические параметры комплекса, характеризующие его как относительный водоупор. Коэффициент проводимости составляет 4 м<sup>2</sup>/сутки.



## *Глава 2. Формирование и очистка дренажных вод*

### *2.1. Условия формирования химического состава дренажных вод*

На формирование химического состава карьерных и дренажных вод и на концентрацию в них загрязняющих веществ оказывают влияние две группы факторов: природные и антропогенные.

К наиболее важным с точки зрения условий формирования карьерных вод природным факторам относятся:

- подтягивание соленых вод;
- десорбция загрязняющих компонентов из болотных отложений

Из антропогенных факторов первостепенное значение имеют:

- работа карьерной техники;
- работа автотранспорта

Воды падунских отложений, преимущественно поступающие в карьер в случае открытой разработки, по своему химическому составу соответствуют ПДК для вод хозяйственно-питьевого назначения, но по нескольким показателям (рН, Сl и др.) в их максимальном значении нуждаются в дополнительной очистке перед сбросом в реку рыбо-хозяйственного назначения.

Сульфатно-хлоридные и хлоридные натриевые воды мезенских отложений с минерализацией от 5 до 18 г/л относятся к группе солоноватых и соленых вод. Эти воды, помимо общей минерализации, не соответствуют питьевым и рыбохозяйственным ПДК по следующим показателям: общая жесткость, концентрации брома, хлорид-ионов, сульфатов, брома, титана, марганца, стронция, а также, в отдельных пробах, железа и йода [8].

Таблица 1. Перечень потенциально опасных компонентов в карьерных водах месторождения им. Ломоносова и их предполагаемые концентрации. (вырезано).

Воды падунского водоносного комплекса обладают большей проводимостью по сравнению с водами мезенских отложений, следовательно при открытой разработке карьера они будут иметь преимущественное значение. Тем не менее, доля вод мезенского водоносного комплекса будет возрастать с углублением карьера, но все так же оставаясь в меньшем процентном соотношении.

Основная проблема с загрязнением дренажных вод связана с повышенным содержанием в них взвешенных частиц и потенциальной возможностью их загрязнения нефтепродуктами при работе карьерной техники.

Взвешенные вещества в карьерных водах появились в результате размыва разномерных и мелкозернистых озерно-аллювиальных песков четвертичного периода и тонкозернистых глинистых песков урзугской свиты, которые залегают в верхней части карьера. Вместе с карьерными водами они захватывались на зумпфе и подавались на лоток в составе трех фракций: глинистой, пылевой и песчаной (до 0,5 мм).

На расстоянии 5-7 метров от лотка полностью осаждалась песчаная фракция, следовательно, основные проблемы с мутностью карьерных вод возникают за счет глинистой и пылевой фракций. Их содержание в покровных отложениях колеблется от 5 до 17%.

В 2015 г суммарный объем систем по водоосушению составил порядка 4500 м<sup>3</sup>/ч. Дренажные воды откачивались при помощи трех насосных установок с каждого карьера. Далее по трубам воды направлялись в отстойник с объемом 16000 м<sup>3</sup>, откуда перенаправлялись на поля поверхностной фильтрации и далее выпускались в р. Золотица (см. рис 2).



Рис. 2. Общая схема процесса очистки

## 2.2. Существующая система очистки дренажных вод

### 2.2.1. Общие сведения о методах очистки карьерных вод

Карьерные и шахтные воды характеризуются разнообразными физико-химическими и санитарно-бактериологическими свойствами. Выбор метода очистки воды зависит от ее качества, требований водопотребителей, санитарных и природоохранных служб. Чтобы объединить все многообразие примеси в ограниченное число групп с общим для каждой группы набором методов очистки воды было предложено классифицировать примеси, находящиеся в воде, по их фазово-дисперсному состоянию (Табл. 2). В основу классификации примесей по группам положены размеры частиц. Оптимальный состав сооружений для обработки воды будет зависеть от технико-экономической целесообразности применения той схемы или установки, в которой наиболее полно проявляют себя физико-химические процессы, необходимые для решения задачи по очистке воды.

Таблица 2. Классификация загрязняющих веществ

№ гр.	Вид примеси	Размер (см)	Название	Характерные признаки	Методы очистки
1	Нерастворимые соединения	$10^{-5}$	Взвеси	Мутность, цветность	Отстаивание, фильтрование, агрегация, адгезия,
2	Коллоидные примеси и высокомолекулярные соединения	$10^{-5}$ - $10^{-6}$	Природный гумус, тонкодисперсные глины, вирусы, болезнетворные микроорганизмы	Цветность, частично мутность	Коагулирование, агломерация
3	Молекулярно растворимые соединения	$<10^{-6}$ - $10^{-7}$	Растворенные газы	Привкус, запах	Аэрирование, окисление, адсорбция
4	Диссоциирующие на ионы вещества	$<10^{-7}$ - $10^{-8}$	Растворы электролитов	Вкус	Ионный обмен, испарение, вымораживание, электролиз, обратный осмос.

### **2.2.2. Фильтрационные и физико-химические характеристики болотных отложений**

Фильтрационные, миграционные и физико-химические характеристики болотных отложений исследовались в области опытно-эксплуатационного сброса карьерных вод юго-западнее тр. Архангельская (поверхностное поле фильтрации - ППФ).

Фильтрационные свойства верхнего слоя болотных образований (мох и очес) могут быть охарактеризованы по наблюдениям за скоростью продвижения фронта карьерных вод по ППФ, в пределах данного слоя, от сбросного лотка. Средняя скорость продвижения фронта меченых вод составила около 2 м/сут., что при гидравлическом уклоне порядка 0.003 и характерной пористости 0.6-0.7 соответствует коэффициенту фильтрации более 400 м/сут.

Расход воды во внешней (ближней к ППФ) нагорной канаве, вскрывающей толщу торфа и подстилающий ее песчаный глеевый горизонт на всю мощность, составил в среднем 0.2 м<sup>3</sup>/час.

Оценка фильтрационных параметров проводилась двумя способами: 1) по аналогии с обработкой данных, получаемых при фильтрации через трубку Каменского; 2) непосредственно из выражения для закона Дарси  $Q = -kSI$ , где  $Q$  – расход потока,  $S$  – площадь поперечного сечения трубы,  $I$  – гидравлический уклон. Оба способа показали хорошую сходимость результатов. В итоге среднее значение эффективного вертикального коэффициента фильтрации верхней части торфа составило  $k = 0.16$  м/сут.

Таким образом, разрез болотных образований в фильтрационном отношении может быть представлен следующим образом:

- Верхний слой, образованный мхом и очесом, обладает весьма высокой проницаемостью  $k = 400$  м/сут.

- Средняя часть разреза (верхняя часть торфа), сложенная переслаивающейся пачкой слаборазложившегося мха и торфа, в горизонтальном направлении имеет  $k$  порядка 5м/сут, а в вертикальном –  $k_z=0.1-0.2$ м/сут.

- Приподошвенный слой торфа имеет коэффициент фильтрации порядка сотых долей м/сут как по, так и в крест слоистости.

- Залегающий под торфом песчаный глеевый горизонт характеризуется колебанием проводимости в пределах 0.6-1.5м<sup>2</sup>/сут ( $k=1-2$ м/сут) [5].

### ***2.2.3. Очистка с использованием поверхностных полей фильтрации при начальном этапе разработки месторождения***

Для очистки дренажных вод от взвесей, нефтепродуктов и химических элементов используются поверхностные поля фильтрации, сброс на которые ведется через систему из двух отстойников.

Эффективность ППФ при начальном этапе разработки была достаточно высока (см. таблицу №3).

Таблица №3. Результаты анализа карьерных вод (мутность, прозрачность, содержание взвешенных веществ) (вырезано)

При объемах сброса до 75 м<sup>3</sup>/час на опытном участке фильтрация шла преимущественно через верхнюю часть торфа, мох и очес, что позволяло обеспечить серьезную степень очистки дренажных вод от взвесей. Но с увеличением объемов расхода дренажных вод до 500 м<sup>3</sup>/час при неизменившемся ареале растекания сформировался свободный поток по

поверхности болота. В таких условиях фильтрационные свойства мха и очеса торфа не работают, и взвешенные частицы осаждаются только под действием гравитационных сил, подчиняющихся закону Стокса. Но под воздействием высоких скоростей фильтрации тонкодисперсные частицы не успевают осесть до сброса в реку, загрязняя её.

#### ***2.2.4. Очистка дренажных вод на полях поверхностной фильтрации при активной разработке месторождения***

Опасения о снижении эффективности ППФ по очистке карьерных вод при продолжающемся сбросе стоков имеют под собой весьма существенные обоснования. Объемы сброса с двух карьеров превышают проектные объемы на 500 м<sup>3</sup>/час, а с учетом атмосферных осадков, сброс стоков на ППФ увеличивается еще больше.

По данным наблюдений загрязненность карьерных вод взвесями формируется в большей степени за счет сброса к забою карьера вод вскрышных пород. Мало того, что высачивающиеся воды верхних горизонтов ведут суффозионный вынос тонкодисперсных частиц из откосов, сформированных из практически несвязных пород, так они еще и донасыщаются взвесями за счет смыва их с поверхности нижележащих откосов. Почти все воды из вскрышных пород - горизонты +94 - +82 м - в настоящее время сбрасываются с бермы на берму и далее к забою карьера по системе заиленных прибортовых канав и проранов. Поэтому в главном водосборнике собираются воды с повышенным содержанием взвесей.

Система отстойников, предназначенная для снижения концентрации взвесей в карьерных водах перед их сбросом на ППФ до 50 мг/л, не выполняла своего целевого назначения, т.к. при высоких скоростях потока осаждения тонкодисперсных взвесей в малообъемных секциях отстойника не происходит.

При высоких объемах сброса карьерных вод на ППФ и особенностей его гипсометрической поверхности в пределах проектной площади сформировался достаточно узкий поток, по которому вся сбросная вода (пока с достаточной степенью очистки) сбрасывается в р. Золотицу. В частности, поверхность ППФ ГОКа между линией водораздела и водоприемником резко наклонена к реке (перепад высотных отметок составляет более 8 м, рис. 4). Поэтому зимой с. г., когда окрайки болотной поверхности и застойные зоны перемерзли, относительно большие объемы сброса карьерных вод при высоких скоростях потока привели к тому, что в торфяных образованиях в пределах ореола растекания стоков выработался узкий и глубокий поток, направленный в сторону Золотицы. Поэтому осаждение взвесей в пределах ППФ происходит лишь в нижней части потока перед впадением стоков в реку.

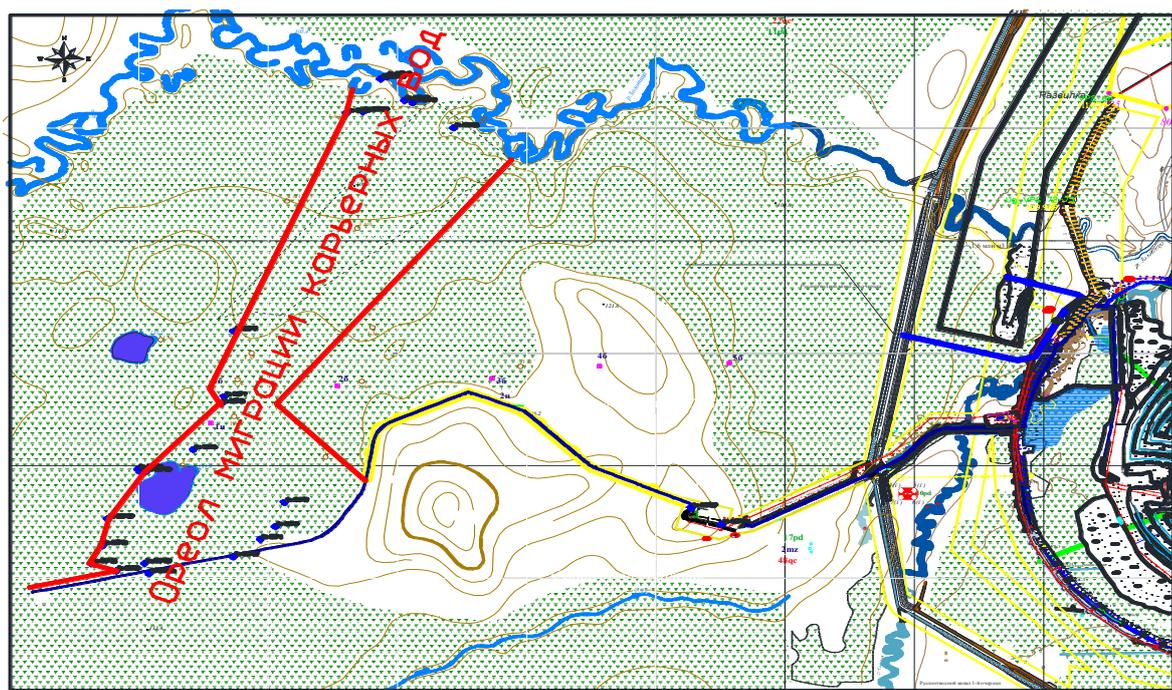


Рисунок 4. Границы ореола распространения карьерных вод на ППФ

май 2013 г.

Во избежание ситуации с ухудшением фильтрационных характеристик необходимо снизить объем сброса загрязненных дренажных вод на ППФ, а также снизить концентрацию в них взвешенных частиц.

Снижение объемов сброса зависит от снижения притоков подземных и поверхностных вод в карьеры. Они в свою очередь имеют прямую зависимость от дренажного контура ВПС. Дренажный контур водопонизительных скважин в настоящий момент имеет следующий вид (см. рис. 5 (вырезан)).

Для сокращения количества взвесей поступающих ныне из вскрышных пород и предотвращения оплывания откосов на участках бортов карьеров трубок Архангельской и им. Карпинского-1, вышедших на предельный контур выработки, нужно создать на них пригрузку полускальными породами падунских отложений. В противном случае в паводки и периоды ливневых дождей будут откачиваться воды с повышенным содержанием взвесей (см. рисунки. 6,1 и 6,2(вырезано)).

Увеличение мутности воды приводит к таким негативным последствиям как заиливание дна и ухудшение кормовой базы водоема рыбохозяйственного назначения.

### ***2.3. Очистные сооружения в настоящий период разработки месторождения***

В настоящее время существующие системы по очищению дренажных вод с разработки месторождения планируется изменить коренным образом. В связи с тем, что болота характеризуются как водные объекты, в которые нельзя производить сброс сточных вод, разрабатывается проект новых сооружений по очистке вод дренажной системы от тяжелых металлов и нефтепродуктов, включающий в себя установку с обратным осмосом[13]. Сооружение такой фабрики может на длительное время приостановить разработку месторождения, т.к. помимо большой стоимости этого предприятия, в настоящее время просто не существует установок обратного осмоса с нужной производительностью. А разработка проекта и цикл его испытаний в лабораторных и натурных условиях, а также само внедрение проекта в производство может растянуться на длительное время.

Однако из-за того, что под действием эксплуатации системы осушения горных выработок потери стока водотоков в бассейне р. Золотицы относительно высоки, альтернативы возврата откачиваемых вод в речную сеть нет. Это связано с тем, что обмеление реки в меженные периоды может привести к гибели (замору) лососевых рыб на ближайших к месторождению нерестилищах. Поэтому на период проектирования и ввода в эксплуатацию очистной фабрики, принято решение о создании временной системы водоотведения, основанной на возможности прямого сброса вод из дренажного

контура водопонизительных скважин, и также вод карьерного водоотлива и отвалов в бассейн р. Золотицы после предварительной водоподготовки.

#### ***2.4. Естественная реабилитация ППФ после прекращения сброса***

Оценка реабилитационных способностей болота производилась в ходе опытно-промышленного эксперимента летом 1996 и в 1997 гг. В первом случае сброс карьерных вод на ППФ был прекращен временно – на месяц, с 15 июня по 16 июля; во втором случае определения производились через месяц после окончательного прекращения сброса 26.08.97. Оба исследования проводились в летний межень период. Однако лето 1997 года было гораздо более засушливым – расходы естественного общего стока с болота падали практически до нуля.

В обоих случаях отмечается схожая картина: снижение концентраций  $\text{HCO}_3^-$ , общей жесткости и рН в западной части потока в 1.5-2 раза. Восточная (придамбовая) зона потока после прекращения сброса карьерных вод в условиях межени является, вероятно, более застойной, так как там уменьшение названных показателей менее значительно. Для августовской (1997 года) гидрохимической съемки в отдельных точках этой зоны даже зафиксировано увеличение общей жесткости и концентрации  $\text{HCO}_3^-$  до 4.4-4.6 мг-экв/л, что превосходит показатели карьерных вод и, несомненно, связано с испарением поверхностных болотных вод. Однако, по результатам последующей съемки в октябре 1997 г. получено, что величина общей жесткости от лотка к стоку с болота закономерно снизилась в 2-4 раза, минерализация - почти в 3 раза, а вот рН остался практически прежним.

Гораздо более интенсивное промывание ППФ происходит в периоды паводков, особенно весеннего, когда концентрации макрокомпонентов резко снижаются (на удалении от лотка на 300 м в 4 раза, на стоке с болота в р. Светлую в 4.5 раза) даже без прекращения сброса. При этом увеличения мутности во всех режимных точках на ППФ не зафиксировано, что говорит о

достаточно прочной связи осевших взвешенных частиц с мохово-очесовой матрицей [5].

Таким образом, следует ожидать, что основное восстановление химического состава болотных вод в пределах ППФ после прекращения сброса произойдет уже через 1-2 года, в первую очередь за счет влияния паводков. Исключение составляет величина рН, снижение будет отмечаться через 3-4 года после прекращения сброса, когда на всем бывшем ППФ содержания макрокомпонентов полностью сравняются с фоновыми для поверхностных вод.

### **2.5. Краткая характеристика р. Золотицы как водного объекта**

Река Золотица является лососево-нерестовым водным объектом высшей и первой категории рыбохозяйственного водопользования. Гидрологические показатели по р. Золотица сведены в таблицу.

Таблица №4. Гидродинамические показатели по р.Золотица

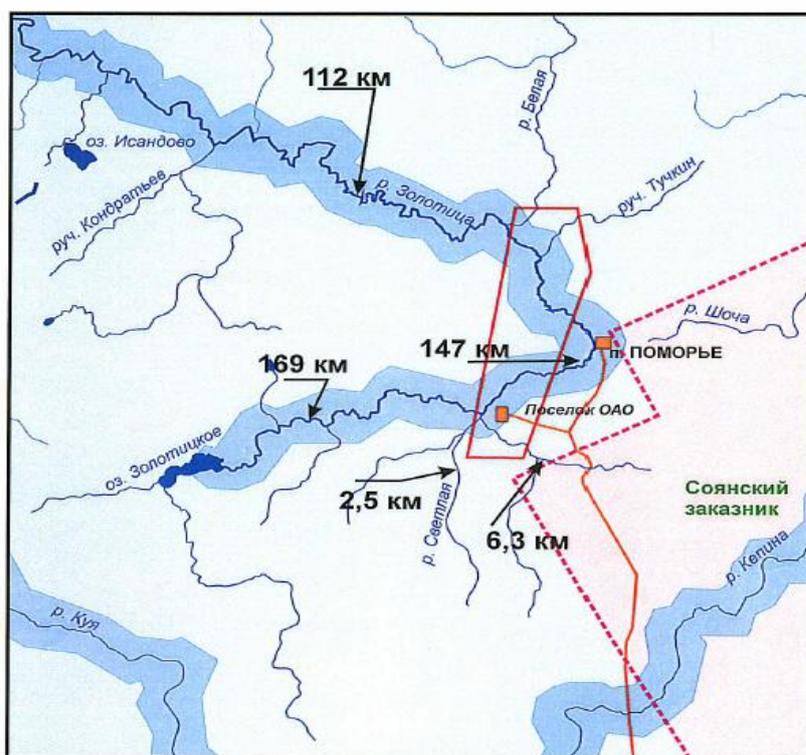
Наименование показателя	Ед. измерения	Расстояние от устья	
		160 км	151-152 км
Расчётный расход водотока	м <sup>3</sup> /с	0,38	1,14
Средняя скорость течения	м/с	0,10	0,17
Средняя глубина	М	0,5	0,6
Максимальная глубина	М	0,7	0,8
Ширина русла	М	7,6	11,0
Коэффициент извилистости		1,11	1,15
Коэффициент шероховатости		0,040	0,040

По классификации Алекина воды р. Золотица относятся к классу гидрокарбонатных вод, кальциево-натриевой группы I типа.

### Глава 3. Влияние сброса дренажных вод на р. Золотица.

#### 3.1. Сравнение гидрохимических данных за 1990, 2005, 2009 и 2011 гг

Химические показатели качества воды за выбранные годы представлены в таблицах №5-8. Гидропосты расположены на точках 152 км от устья р. Золотица по её водотоку, 156 и 169 в 2005 г. В дальнейшем мониторинг проводился на постах 112 км от устья, 147 и 169 соответственно. Схема расположения гидропостов представлена на рисунке 6.



**Схема расположения гидропостов**

Рис. 6. Схема расположения гидропостов на р. Золотица.

















### 3.2. Руслоотводной канал

Для отведения поверхностных водотоков с площади карьерного поля в 2004 году началось строительство руслоотводного канала. По проектному решению воды с р. Золотица, р. Светлая, а также ручья Светлого идут вдоль западного борта карьера в русло р. Золотица, что позволяет восполнить баланс воды в реке. Канал был введен в эксплуатацию в 2008г [18].

Протяженность руслоотводного канала – 8,2 км, его глубина варьируется от 4 до 8 м. Высота защитной дамбы составила 3,5 м, а объем изъятых из канала грунта – 1,188 млн.м<sup>3</sup>. Схематичное изображение руслоотвода территории месторождения представлено на рис. 7.

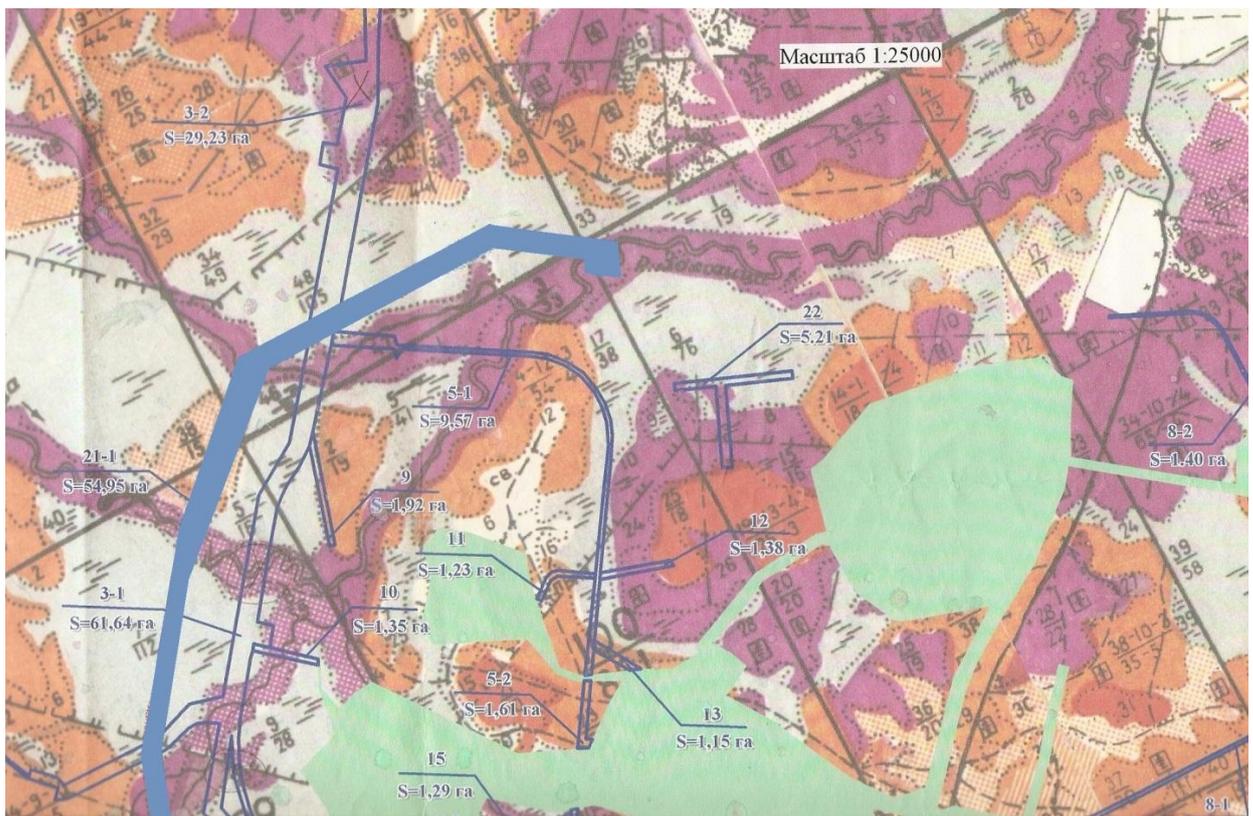


Рис 7. Схема руслоотвода р.Золотица

Работы по отводу водотоков с площади карьерного поля были выполнены с соблюдением мероприятий по охране окружающей среды в целях сохранения водного баланса р. Золотица. Также в целях снижения влияния на окружающую среду были выполнены работы по технической рекультивации, восстановлению выведенных из эксплуатации земель с последующей их передачей под лесопосадки

### ***3.3. Биомониторинг***

Осенью 2015г отдел РосПриродНадзора по Архангельской области выполнен работы по сбору полевого материала в водотоках, расположенных в зоне влияния объектов горно-обогатительного комбината месторождения им. М.В. Ломоносова. В результате контрольных обловов на данной территории было выявлено 6 видов рыб: кумжа, хариус, сиг, щука, окунь и елец. Преобладающими видами являлись кумжа, хариус и окунь на долю которых 90% от общего количества пойманных рыб. Елец, сиг и щука представлены в меньшем количестве – 10% соответственно [19].

Большинство пойманных экземпляров относились к группе половозрелых или созревающих особей. В целом ихтиологическая обстановка является благоприятной для данной области.

### ***3.4. Оценка воздействия сброса дренажных вод на р. Золотица***

Анализ гидрохимических исследований по изучению режима поверхностных и подземных вод на месторождении показали, что последние характеризуются практически идентичным химическим составом с водами р. Золотица. Это связано с тем, что главенствующую роль в питании речных водотоков в период зимней и летней межени играет подземный сток.

Воды падунских отложений вскрываются ниже по течению р. Золотицы с увеличением эрозионного вреза. По тектоническим нарушениям увеличивается разгрузка соленых вод из мезенского комплекса. Это приводит к увеличению в речных водах степени минерализации (до 500 мг/л) и основных макро- микрокомпонентов до уровня их распределения в падунском водоносном комплексе.

Весной, в период снеготаяния, наблюдаются существенные отличия в составе поверхностных и подземных вод. В этот период главенствующую роль в водном балансе рек приповерхностного стока, а именно почвенные и поверхностные временных водотоков, когда сезонная мерзлота препятствует инфильтрации талых вод в нижележащие слои. Минерализация поверхностных водотоков в этот период сильно снижается, воды становятся слабокислыми, повышается содержание элементов-гидролизатов: железа, марганца, алюминия, титана, а также меди и цинка.



Таким образом, можно констатировать, что гидрохимический режим р. Золотицы в настоящее время практически не затронут антропогенным влиянием и адаптирован для развития речных биоценозов. Превышение в водах р. Золотицы концентраций железа и цинка над ПДК не представляет опасности для экосистемы р. Золотицы [9]. Последнее связано с высокой способностью железа к окислению и гидролизу с переходом в богатых кислородом водах в виде взвесей в донные осадки с малой их биологической активностью.

В результате можно сказать, что формирование химического состава поверхностных вод в районе определяется, в основном, характером их питания подземными и болотными водами и функционирование биоценозов в пределах среднего и верхнего течений р. Золотицы в естественных условиях уже адаптировано к довольно широким пределам колебаний химического состава вод.

## *Заключение*

В процессе выполнения исследовательской работы были изучены материалы на предмет негативного воздействия на окружающую среду. Материалы включали в себя данные о разведке месторождения, проекте очистных сооружений объекта и гидрохимическом мониторинге интересующего водоема. Была рассмотрена технологическая схема формирования, сброса и очистки дренажных вод.

По итогам работы можно сделать следующие выводы:

1. В настоящий момент с дренажного контура водопонизительных скважин вода подается в отстойники, откуда потом сбрасывается на поля поверхностной фильтрации.
2. В результате анализа данных мониторинга были выявлены превышения ПДК р.х. по таким показателям как бихроматная окисляемость, концентрация фенолов, железа, меди и цинка. Основным загрязнителем являются взвешенные вещества, превышение ПДК которых доходит до 68 (в первый год разработки месторождения) и 40,4 в 2011 г.
3. В связи с запретом сброса сточных вод на ППФ и временным проектом, предусматривающим сброс дренажных вод в р. Золотица после прохождения отстойников, необходимо усилить контроль на очистных сооружениях перед сбросом в водоем. А также добавить блок химической очистки.

### *Список используемых источников*

1. Приказ Федерального агентства по рыболовству № 20 от 18 января 2010 г. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 09.02.2010 г. № 16326) // «Российская газета» - Федеральный выпуск №5125 05.03.2010
2. Артемов В.В. О инженерно-гидрологических работах на р.Золотица и её притоках по объекту «Горно-обогатительный комбинат (ГОК) на месторождении им. Ломоносова за 2005 г». Технический отчет РосГидромет. – Архангельск: Северное УГМС, 2006.
3. Артемов В.В. О инженерно-гидрологических работах на р.Золотица и её притоках по объекту «Горно-обогатительный комбинат (ГОК) на месторождении им. Ломоносова за 2009 г» Технический отчет РосГидромет. – Архангельск: ГУ «Архангельский ЦГМС-Р», 2010
4. Атрощенко Ф.Г. «Исследования по оценке гидрогеологического состояния природной среды на участке опытно-промышленной отработки тр. Архангельская». Отчет по НИР. СПГГИ, 1996.
5. Атрощенко Ф. Г, Другов Д.А., Потапов А.А, Филин Р.А., Хархордин И.Л.: “Разработка мероприятий по регулированию качества карьерных вод, направляемых на ППФ” Отчет по теме НИР 02-05. – Санкт-Петербург: МНЦ Гидрогеоэкологии СПбГУ, 2005
6. Вержак В.В., Медведев В.А., Веричев Е.М., Пылаев Н.Ф., Малов А.И., Веселов В.И «О результатах разведки кимберлитовых трубок

месторождения им. М.В. Ломоносова в 1983-1987 г.г с подсчетом запасов алмазов по состоянию на 01.03.87 г.» Технический отчет, // ПГО «Архангельскгеология» Беломорская геологоразведочная экспедиция 1987

7. Веселов В.И. «о детальной гидрогеологической разведке южной группы трубок». Технический отчет. Архангельск, 1990.
8. Всеволожский В.А. «Основы гидрогеологии», учебник для вузов / Всеволожский В.А. – Москва: МГУ, 2007
9. Карлович И.А: Геоэкология. Учебник для вузов/ Карлович И.А. – Москва: Академический проект, 2013
10. Короновский Н.В. Геология: учебник для вузов/ Короновский Н.В., Ясаманов Н.А. – Москва: Академия, 2014.
11. Медведев В. А., Пылаев Н. Ф., Веселов В. И. «Отчет о результатах доразведки трубки Архангельской и предварительной разведки трубки Снегурочка месторождения им. М. В. Ломоносова в 1987–1991 гг. с подсчетом запасов алмазов по состоянию на 01.03.1991 г.» // Фонды ОАО «Севералмаз», 1991.
12. Поляков А.Н. О инженерно-гидрологических работах на р.Золотица и её притоках по объекту «Горно-обогатительный комбинат (ГОК) на месторождении им. Ломоносова за 2011 г» Технический отчет РосГидромет. – Архангельск: ГУ «Архангельский ЦГМС-Р», 2012
13. Пустовойтова Т.К., Хархордин И.Л., Назима В.В., Атрощенко Ф. Г., Гурин А.Н., Гурин Д.А. «Инженерно-технические работы при производстве горных работ: гидрогеологическое сопровождение эксплуатации систем осушения и водоотведения карьеров Ломоносовского ГОКа». Отчет по договору № 06-13. Санкт-Петербург, ОАО ВНИМИ, 2013

14. Рюмина Т.Н., Ружникова Т.А. «Обзор гидрометеорологических условий на территории ответственности ФГБЭУ «Северное УГМС» в 2014 г, Архангельск 2015
15. О промышленном освоении месторождения алмазов имени М.В. Ломоносова в Архангельской области и создании комплекса производств по добыче, сортировке, гранению алмазов и изготовлению алмазного инструмента: постановление Правительства РФ от 20 марта 1992г. №180 [в интернете]. Available: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102015300&rdk> [дата обращения: 07 мая 2016]
16. АЛРОСА запустила вторую обогатительную фабрику на Ломоносовском ГОКе: пресс-релиз - [в интернете]. Available: <http://www.alrosa.ru/alrosa-запустила-вторую-обогатитель/> [дата обращения 10 мая 2016]
17. АЛРОСА начала добычу на трубке «Карпинского-1» : пресс-релиз-[в интернете]. Available: <http://www.alrosa.ru/alrosa-начала-добычу-на-трубке-карпи/> [дата обращения 10 мая 2016]
18. Годовой отчет ОАО «СеверАлмаз» за 2008 год: [в интернете]. Available: [http://www.severalmaz.ru/investors/report\\_2008.doc](http://www.severalmaz.ru/investors/report_2008.doc) [дата обращения 11 мая 2016]
19. Годовой отчет ОАО «СеверАлмаз» за 2015 год: [в интернете]. Available: - <http://www.severalmaz.ru/investors/annual-2015.pdf> [дата обращения 11 мая 2016]
20. Месторождение им. М.В. Ломоносова (Россия, ПАО «Севералмаз»): база данных отраслевого информационно-аналитического агентства Rough&Polished [в интернете]. Available: - <http://www.rough-polished.com/ru/database/89978.html>

21. Река Золотица, Зимняя Золотица: статья Государственного Водного Реестра: [в интернете]. Available: -  
<http://textual.ru/gvr/index.php?card=162136&bo=3&rb=72&subb=0&her=0&wot=21&name=%C7%EE%EB%EE%F2%E8%F6%E0&loc=> [дата обращения 08 мая 2016]