

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет»

На правах рукописи

Бабенко Дмитрий Александрович



ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ХРАНЕНИЯ
ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНЫХ РУД

Специальность 25.00.36 – Геоэкология (в горно-перерабатывающей
промышленности)

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Пашкевич М.А.

Санкт-Петербург – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСОВ СКЛАДИРОВАНИЯ ОТХОДОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ И ГОРНО-ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ОБЪЕКТОВ СКЛАДИРОВАНИЯ ОТХОДОВ.....	11
1.1 Объекты размещения отходов горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности.....	11
1.2 Воздействие техногенных массивов на компоненты окружающей среды.....	13
1.3 Воздействие на подземные и поверхностные воды	14
1.4 Выводы к главе 1	19
ГЛАВА 2 ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ХВОСТОВОГО ХОЗЯЙСТВА ПАО «ГАЙСКИЙ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫЙ КОМБИНАТ» НА ПРИРОДНЫЕ ВОДЫ.....	21
2.1 Краткая характеристика предприятия и технологии производства готовой продукции	21
2.2 Климат рассматриваемого района	26
2.3 Геологическое строение района месторождения.....	28
2.4 Гидрографическая сеть.....	31
2.5 Оценка состояния природных вод в районе расположения хвостового хозяйства ПАО «Гайский ГОК»	32
2.5.1 Методы и методика проведения исследования	33
2.5.2 Результаты проведённых исследований	37
2.5.3 Мониторинг состояния природных вод.....	39
2.6 Изучение свойств отходов обогащения в аспекте возможности отнесения к потенциальному техногенному сырью	43
2.6.1 Методы и методика проведения исследования	43
2.6.2 Результаты проведённых исследований	43

2.7 Выводы к главе 2	51
ГЛАВА 3 КОНСЕРВАЦИИ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ПАО «ГАЙСКИЙ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫЙ КОМБИНАТ».....	53
3.1 Определение физико-механических свойств полимеров	53
3.1.1 Методы и методика проведения исследования	53
3.1.2 Результаты проведённых исследований	60
3.2 Определение химической устойчивости полимеров	63
3.2.1 Методы и методика проведения исследования	63
3.2.2 Результаты проведённых исследований	64
3.3 Выводы к главе 3	65
ГЛАВА 4 ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДЛАГАЕМОГО СПОСОБА КОНСЕРВАЦИИ	67
4.1 Расчёт ущерба поверхностным и подземным водам	68
4.2 Расчёт удельной стоимости проведения работ	70
4.3 Выводы к главе 4	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	72
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	73
ПРИЛОЖЕНИЕ А Свидетельство о государственной регистрации программы ЭВМ.....	81
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Паспорта скважин по изучению режима подземных вод	82
ПРИЛОЖЕНИЕ В Результаты мониторинга подземных и поверхностных вод.....	93
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Результаты проведения рентгенофлуоресцентного анализа отходов обогащения	108
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Результаты определения прочностных характеристик вторично-переработанных полимеров	110

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Согласно государственному докладу Министерства природных ресурсов и экологии, в настоящее время в Российской Федерации образуется более 7,5 млрд тонн производственных отходов, причём за последние 20 лет эти значения увеличились в 4 раза. Среди отраслей промышленности горнодобывающая и горно-перерабатывающая отрасли являются наиболее отходоёмкими. Так, в результате добычи и переработки полезных ископаемых образуется 93% промышленных отходов от общего количества.

Среди отходов горного производства одними из наиболее опасных являются отходы обогащения сульфидных руд тяжелых металлов. Наиболее распространённым способом складирования данных отходов является их размещение в специально сконструированных гидротехнических сооружениях – хвостохранилищах. Эксплуатация данных гидротехнических сооружений сопровождается образованием кислых дренажных вод из жидкой фазы отходов и вод инфильтрационного происхождения, вследствие окисления сульфидной серы. В результате утечек дренажных вод через основание и дамбы хранилищ происходит формирование гидрохимических ореолов и потоков загрязнения со значениями водородного показателя $\text{pH} = 2-3$.

Несмотря на достаточную изученность процессов складирования отходов горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности, до настоящего времени актуальной задачей является разработка экологически эффективных и экономически целесообразных средозащитных мероприятий по длительному снижению негативного воздействия хвостохранилищ на компоненты природной среды с одновременной консервацией ценных компонентов в потенциальных техногенных месторождениях.

Объектом настоящего исследования является хвостохранилище Гайского горно-обогатительного комбината, введённое в эксплуатацию в 1966 году, которое представляет собой гидротехническое сооружение косогорного

типа, с намывным способом складирования материала (хвостов флотации) [36]. В связи использованием вновь образующихся отходов обогащения для рекультивации отработанного карьера №2, а также введением комплекса пастового сгущения для рекультивации карьеров №1 и №3 исключается необходимость в эксплуатации хвостохранилища. Помимо отрицательного воздействия на окружающую природную среду, отходы обогащения, размещенные в хвостохранилище, имеют потенциальную ценность в качестве техногенного сырья для комплексного извлечения полезных ископаемых, поэтому возникает необходимость его консервации.

Степень разработанности темы исследования

Вопросу воздействия предприятий горной отрасли на окружающую среду, рациональному и комплексному использованию сырья посвящены работы таких учёных, как В.А. Чантурия, И.В. Шадрунова, А.И. Семячков, М.А. Пашкевич, А.М. Гальперин, В. Фёрстер, Х.-Ю. Шеф, К. Дребенштедт.

Опыт использования геосинтетиков, геомембран и бентонитовых матов в гражданском строительстве описан в работах Ю. Шлее, Х. Н. Никогосова, А. А. Ткачева, И.П. Гамеляк, Е.А. Шевчук, R. M. Koerner, Daniel D. E. Final.

Оценке безопасности хвостохранилищ, шламонакопителей с применением противofильтрационных элементов из полиэтиленовой плёнки посвящены работы Г.Г. Круглова, С.П. Гатилло, М.Е. Минчуковой, Б. А. Богатова, А. Д. Смычника, С. Ф. Шемет.

Известны работы В.Д. Глебова, И. Е. Кричевского, В. А. Бородина, Н.А. Кильдишева в области использования пластмасс в гидротехническом строительстве.

Вопросы нормативного регулирования применения и производства полимерных материалов на территории РФ решены О. И. Гладштейном, И. И. Лонкевичем, О. Лапиной.

Изучению реологии полимеров посвящены работы Г.В. Виноградова, А.Я. Малкина, структура и прочность полимеров описаны в работе В.Е. Гуль, физикохимия полимеров изучена в работе А.А. Тагер, химические реакции

полимеров описаны Е. Феттес.

Несмотря на распространенность использования полимерных материалов в качестве основы гидроизоляционных материалов при строительстве объектов размещения отходов различных производств, на сегодняшний день практически не изучены возможности применения вторичных полимеров в качестве гидроизоляционного материала.

Тема диссертации на соискание степени кандидата технических наук соответствует областям исследования паспорта научной специальности 25.00.36 – Геоэкология (в горно-перерабатывающей промышленности) в пунктах 3.6 и 3.10.

Цель работы – обеспечение экологически безопасной консервации потенциального техногенного месторождения медных руд после вывода из эксплуатации объекта складирования отходов обогащения.

Идея работы: проведение консервации хвостохранилища ПАО «Гайский ГОК» с использованием противοфилтpационного экрана, включающего гидроизолирующий слой из вторично переработанного полиэтилена низкого давления устойчивого к химическому воздействию.

Для достижения цели работы были поставлены и последовательно выполнены следующие **задачи**:

1) выявление механизма формирования техногенных гидрогеохимических ореолов в районе расположения хвостового хозяйства Гайского горно-обогатительного комбината.

2) оценка свойств хвостов обогащения Гайского горно-обогатительного комбината в аспекте их отнесения к потенциальному минеральному сырью.

3) разработка способов снижения негативного воздействия хвостового хозяйства на компоненты природной среды.

4) разработка новых кислотоустойчивых материалов для гидроизоляции хвостохранилища Гайского горно-обогатительного комбината.

5) эколого-экономическое обоснование эффективности предлагаемого способа изоляции.

Научная новизна

1. Выявлены закономерности водной миграции загрязняющих компонентов с территории хвостохранилища Гайского ГОКа, а также потерь полезных компонентов из заскладированных отходов обогащения в зависимости от кислотно-щелочных условий (рН) и характера окислительно-восстановительной обстановки (Eh).

2. Установлены зависимости эксплуатационных характеристик экранирующих материалов из вторично переработанных полимеров (полиэтилен низкого давления, полиэтилен высокого давления, полипропилен) от условий их изготовления и режимов эксплуатации.

Методология и методы исследования

В качестве основных методов исследований применялись:

- системный анализ источников и факторов негативного воздействия объекта исследования на поверхностные и подземные воды;
- химико-аналитические, экспериментальные методы исследования в лабораторных и полевых условиях;
- математическая статистика, материальное (натурное и аналоговое) моделирование, картирование при помощи ГИС-технологий;
- эколого-экономическая оценка.

Теоретическая и практическая значимость

Разработано средозащитное мероприятие, заключающееся в экранировании минеральных отходов предприятий минерально-сырьевого комплекса с использованием материала на основе вторично переработанного полиэтилена низкого давления. Предложено направление утилизации вторично переработанного полиэтилена низкого давления. Обоснована консервация хвостохранилища ПАО «Гайский горно-обогатительный комбинат» как потенциального техногенного полиметаллического месторождения. Рассчитан эколого-экономический эффект от мероприятий по консервации хвостохранилища ПАО «Гайский горно-обогатительный комбинат».

Защищаемые положения:

1 Функционирование хвостохранилища ПАО «Гайский горно-обогатительный комбинат» сопровождается потерями потенциального техногенного сырья в результате водной эрозии с формированием техногенного гидрогеохимического ореола загрязнения, площадью более 840 га, высококонтрастного по загрязняющим веществам: $K_{cAl} = 515$; $K_{cCu} = 396$; $K_{cZn} = 30,2$; $K_{cFe} = 1216$; $K_{cMn} = 23,8$; $K_{cNi} = 5,7$; $K_{cPb} = 11,2$.

2 Необходимость консервации техногенного месторождения, представленного отходами обогащения Гайского ГОКа обусловлена содержанием в них ценных компонентов: золота – 0,6 г/т (запасы порядка 50 т), серебра – 3,8 г/т (запасы порядка 300 т), меди – 0,17 % (запасы порядка 140 тыс. т), цинка – 0,7 % (запасы порядка 140 тыс. т).

3 Защита окружающей среды и сохранение потенциального минерального сырья в отходах обогащения на этапе завершения эксплуатации хвостохранилища Гайского ГОКа должно достигаться путём его консервации с применением конструкции противодиффузионного экрана, состоящего из выравнивающего слоя скальных грунтов, подстилающего слоя песка крупностью не более 3 мм и $K_f = 10^{-4}$ м/с, мощностью до 0,15 м, полиэтилена низкого давления, толщиной слоя 3,0-4,0 мм, изготовленного при температуре исходного материала 160-190°C, дренажного слоя из песка крупностью не более 3 мм и $K_f = 10^{-4}$ м/с толщиной до 0,15 м, слоя грунта мощностью 0,15-0,3 м и системы водоотводных канав по периметру хвостохранилища для сбора и отвода ливневых вод.

Степень достоверности результатов, изложенных в диссертации, подтверждается значительным объёмом фактического материала, использованием современных физико-химических методов анализа и компьютерного моделирования, сходимостью полученных результатов с исследованиями других авторов.

Апробация работы. проведена на научно-практических мероприятиях с докладами на 7-й Международной научно-практической конференции

молодых учёных и студентов: «Опыт прошлого – взгляд в будущее» (г. Тула, 2017 г.), 58th Konferencja Studenckich Kół Naukowych Pionu Górniczego AGH (г. Краков, 2017 г.), XVII Всероссийской конференции-конкурсе студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования» (г. Санкт-Петербург, 2019 г.), XV International forum-contest of students and young researches “Topical Issues Of Rational Use Of Natural Resources” (г. Санкт-Петербург, 2019 г.), 70th Berg-Und Huttenmannischer TAG 2019 (г. Фрайберг, 2019).

Личный вклад автора состоит в проведении литературного и патентного анализа по теме исследования; выполнении полевых работ по опробованию подземных и поверхностных вод, отходов производства, их транспортированию в лабораторию и проведении аналитических исследований; изготовлении образцов гидроизоляционного материала и определении его физико-механических свойств и стойкости к воздействию агрессивных химических сред.

Публикации по работе

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 10 печатных работах, в том числе в 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 3 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено 1 свидетельство о регистрации права на программу для ЭВМ.

Объём и структура работы: диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографического списка. Содержит 116 страниц машинописного текста, 12 рисунков, 21 таблиц и список литературы из 62 наименований.

Благодарности. Выражаю благодарность научному руководителю доктору технических наук, профессору М.А. Пашкевич за постоянную поддержку при написании диссертации, сотрудникам центра коллективного

пользования Санкт-Петербургского горного университета за помощь в организации и проведении исследований, коллективу кафедры геоэкологии, а также начальнику отдела охраны окружающей среды АО «Механобринжиниринг» М.Б. Григорьевой за ценные советы в процессе проведения исследований.

ГЛАВА 1 ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСОВ СКЛАДИРОВАНИЯ ОТХОДОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ И ГОРНО- ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ОБЪЕКТОВ СКЛАДИРОВАНИЯ ОТХОДОВ

В первой главе даётся литературный обзор, посвященный вопросу негативного воздействия хвостохранилищ медных руд на компоненты природной среды, а также патентный анализ способов консервации хвостохранилищ и иных объектов размещения отходов производства.

1.1 Объекты размещения отходов горнодобывающей и горно- перерабатывающей промышленности

Окружающая природная среда составляет шестикомпонентную систему, включающую атмосферу, гидросферу, геологическую среду, почвы, растительный и животный мир. Все элементы системы взаимосвязаны между собой и подвержены влиянию природных и антропогенных факторов. Серьёзным антропогенным фактором являются создаваемые в результате развития промышленности объекты размещения отходов, оказывающие негативное воздействие на все компоненты природной среды в процессе функционирования [32,40,47].

В горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности объекты размещения отходов формируются в основном путём складирования гидротранспортом отходов обогащения твердых полезных ископаемых (хвостохранилища), а также в шламонакопителях, предназначенных для продолжительного хранения промышленных отходов различного вида [30].

В состав хозяйства гидротехнического сооружения входят ограждающие дамбы, пруды-накопители, устройства водозабора и водосброса (каналы, колодцы, водоводы), система гидротранспорта. В работах А.М. Гальперина приведено разделение гидротехнических сооружений по классам капитальности, которое представлено в таблице 1.1, по классам

ответственности – в таблице 1.2.

Таблица 1.1 – Разделение гидротехнических сооружений по классам капитальности [17,40]

Класс капитальности	Вместимость хвостохранилища, млн.м ³	Выход хвостов, тыс. т/сут.	Высота ограждающей дамбы, м	Степень ответственности сооружений и последствия их разрушения
I	> 100	> 10	>50	Особо ответственные, авария которых сопряжена с катастрофическими последствиями для населенных пунктов и предприятий, а также с отравлением, загрязнением водоемов и водотоков питьевого назначения
II	> 100	> 10	>50	Особо ответственные, авария которых не сопряжена с катастрофическими последствиями для населенных пунктов и предприятий. Вызывает затопление сельскохозяйственных угодий, отравление и загрязнение водоемов и водотоков, имеющих народнохозяйственное значение
III	100—10	10 — 5	50 — 20	Малоответственные, авария которых не может вызвать серьезных последствий для населенных пунктов и предприятий. Вызывает затопление местности, не имеющей народнохозяйственного значения
IV	< 10	5 — 1	<20	Хвостохранилища в незастроенных местностях, авария вызывает затопление земель и загрязнение водоемов и водотоков, непригодных к использованию в данное время
V	< 10	< 1	< 10	Временные сооружения, авария которых вызывает затопление земель и загрязнение водоемов, непригодных к использованию в данное время

Таблица 1.2 – Разделение гидроотвалов на классы ответственности [16,40]

Характерный признак гидроотвала	Классы ответственности гидроотвала для групп А и Б					
	I — особо ответственные		II — ответственные		сооружения III класса ответственности	
	А	Б	А	Б	А	Б
Расположение по отношению к населенным пунктам и промышленным объектам	Вблизи населенных пунктов и промышленных объектов		При прорыве дамб возможно частичное повреждение промышленных объектов		Вдали от населенных пунктов и промышленных объектов	
Рельеф местности	На косогоре	На равнинной местности	На косогоре	На равнинной местности	На косогоре	На равнинной местности
Наличие водохранилища	Имеется	Отсутствует	Имеется	Отсутствует	Имеется	Отсутствует

1.2 Воздействие техногенных массивов на компоненты окружающей среды

В работах М.А. Пашкевич [29,31] указано, что размещение отходов производства приводит к образованию множества геоэкологических проблем, таких как:

- активное загрязнение подземных вод;
- воздействие агрессивных промышленных стоков на породы;
- заболачивание и подтопление территории;
- трансформация пород за счет химической и биохимической воздействия, вплоть до перехода песчано-глинистых грунтов в неустойчивое состояние;
- миграция токсичных элементов в нижележащие горизонты грунтовых вод.

Горнодобывающая и горноперерабатывающая промышленность является наиболее материало- и энергоемким, оказывающим большую антропогенную нагрузку на компоненты окружающей природной среды, состояние здоровья человека. Технология добычи и переработки полезных

ископаемых неразрывно связана с потреблением продукции производств и образованием отходов разного класса опасности [40]. Ежегодное увеличение данных отходов их негативное воздействие природную среду является важной проблемой во всем мире.

Постоянно растущая потребность населения в материальных ресурсах, снижение качества производимой продукции, отсутствие цепочек утилизации продукции различных производств приводит к тому, что человек стал оказывать сопоставимое с геологическими процессами воздействие на окружающую природную среду. Академик В.И. Вернадский называл человека «новой геологической силой» ещё в 1925 году, причём эта сила непрерывно возрастает.

1.3 Воздействие на подземные и поверхностные воды

Территория объектов размещения отходов горного производства подвержена активному загрязнению водотоков, водоёмов и подземных вод [16,17]. Важным является изучение происходящих в природной среде химических реакций, способных привести к загрязнению компонентов окружающей природной среды, и их взаимодействие с геологической средой.

Главным фактором загрязнения подземных вод в районе расположения объектов размещения отходов является перенос загрязняющих веществ через основание и дамбу хвостохранилищ вместе с фильтрацией атмосферных осадков. Также, на состояние природных вод влияет множество факторов: климат, рельеф, свойства подстилающих пород, химический состав отходов добычи и переработки полезных ископаемых, гидрогеология (направление движения потока, химический состав грунтовых вод, режим и тип питания природных вод) [5,40].

Водоемы и водотоки загрязняются в результате разгрузки в поверхностные водные объекты грунтовых вод, изменённых под действием хвостохранилищ, а также временные водные потоки, выносящие загрязняющие компоненты с поверхности объектов размещения отходов [40].

Загрязнение природных вод в районе расположения объектов размещения отходов производства происходит поэтапно. Атмосферные осадки фильтруются через накопленные отходы добычи и обогащения полезных ископаемых, размещенные в хвостохранилище и породы зоны аэрации, в результате чего происходит техногенное изменения вод [9]. Этап начинается с начала фильтрации осадков через основание и дамбы хвостохранилища и зону аэрации до установления равновесия между фильтрационными водами и породами. Затем происходит смешение техногенных фильтрационных вод с фоновыми подземными водами. Происходит формирование стабильного геохимического ореола загрязнения в водоносном горизонте [29,31,40].

Техногенно измененные подземные воды со временем могут изменять механические (например, фильтрационные) свойства грунтов (в т.ч. противифльтрационных экранов) объектов размещения отходов в результате конвективных и диффузионных процессов, проходящих вследствие высокой степени засоления и минерализации техногенных вод [58,60]. Классификация факторов миграции загрязняющих веществ в гидросфере приведена в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Классификация факторов миграции загрязняющих веществ в гидросфере [30,40]

Группа, подгруппа	Фактор
Общее количество заскларированных вредных веществ, их физическое состояние и свойства	
1.1. Физическое состояние загрязнителей	Жидкое, твёрдое, газообразное, в виде суспензий, в виде эмульсий;
1.2. Реактивность загрязнителей	Инертные, стойкие, полностью разложившиеся, не полностью разложившиеся, с образованием токсичных продуктов, без образования токсичных продуктов;
1.3. Токсичность загрязнителей	Высокая (I класс опасности), средняя (II класс опасности), низкая;

Продолжение таблицы 1.3

Группа, подгруппа	Фактор
1.4. Самоочищение от загрязнителей	Выпадение в осадок, сорбция (ад-, аб-), ионный обмен, разбавление, биохимические процессы (сульфатредукция, денитрификация, биоаккумуляция), газовыделение, распад (аэробный, анаэробный, фотохимический)
Мобильность загрязняющих веществ	
1.5. Строение и состав зоны аэрации	Минералогический и гранулометрический состав пород, расположение и мощность подстилающих намывные массивы слоев, фильтрационные параметры пород;
1.6. Расположение техногенного массива относительно уровня грунтовых вод:	Ниже уровня грунтовых вод, выше максимального уровня грунтовых вод;
1.7. Характеристика водоносных горизонтов, подстилающих техногенные массивы:	Мощность, скорость движения подземных вод, напор, глубина залегания грунтовых вод, режим водоносного горизонта и его взаимосвязь с поверхностными водами, физические и химические свойства подземных вод;
1.8. Механизм переноса загрязнителей в подземных водах:	Конвективный, диффузный, дисперсионный, оседание или взвешивание вредных веществ в инфильтрате и подземных водах вследствие их различной плотности и вязкости, влияние физико-химических процессов на миграцию загрязнителей (сорбция, ионный обмен, биохимические процессы)
1.9. Образование новых техногенных водоносных горизонтов в теле техногенных массивов и подстилающих их породах:	Объем инфильтрующихся сточных вод и атмосферных осадков, испарение, химическая и гранулометрическая характеристика складываемых и подстилающих пород, физические и химические свойства инфильтрующихся вод;
1.10. Интенсивность воздушной миграции загрязнителей:	Интенсивность газовыделения с территории намывных массивов, гранулометрический состав и физическое состояние складываемых отходов, метеорологические характеристики района расположения техногенных массивов (роза ветров, интенсивность атмосферных осадков);
1.11. Конструкция защитных сооружений:	Изоляция дна и стенок намывного массива, система коллектора дренажных вод, пылеподавление с поверхности намывных техногенных массивов

Следующим этапом стало проведение патентного анализа по существующим противofильтрационным материалам. Целью работы является разработка противofильтрационного экрана, который бы обладал лучшей по сравнению с существующими аналогами уровнем гидроизоляции отходов производства, хранящихся в хвостохранилищах. В соответствии с проведенным патентным анализом выявлены изобретения в области знаний «Разработка противofильтрационного покрытия для объектов размещения жидких отходов» и соответствующими международному классификатору: E02B3/16, E02B3/12, E02D3/12, C04B26/26, E01C19/08, B01J20/12, C02F1/28, E02D17/10, E02D31/02, E02D17/20.

Известен «Способ образования защитного экрана», относящийся к способам предотвращения загрязнения природных вод загрязняющими веществами, также относящийся к созданию противofильтрационного экрана. Образование защитного экрана происходит путем формирования гидроизоляционной смеси вторично переработанных полиэтиленов, их производстве и укладке на месте объекта размещения отходов. Состав смеси включает переработанные полиэтилены - 70-99 %, полипропилен - 1-30 %,

Известен «Способ создания противofильтрационного покрытия на накопителях жидких отходов». Способ включает предварительную подготовку основания, укладку защитной прокладки из геотекстиля и устройство защитного слоя, отличающийся тем, что в качестве противofильтрационного элемента используется смесь натриевой и кальциевой бентонитовой глины в соотношении: 75 % Na бентонита и 25 % Ca бентонита. Также в качестве закрепителя поверхности защитного слоя может применяться полимерная жидкая эмульсия из отходов полиизобутилена при $t=3440^{\circ}\text{C}$ [27].

Известен «Способ создания противofильтрационного экрана с геомембраной из полимерного материала», относящийся к гидротехническому строительству для создания противofильтрационного экрана основания накопителей отходов и водоемов различного назначения. Способ

предварительное устройство грунтового основания, укладку полимерного материала, состоящей из герметично соединенных полотнищ геомембраны, устройство компенсаторов деформаций геомембраны со стыковым соединением полотнищ в местах устройства компенсаторов и перекрытием стыков снизу и сверху полосами материала, отличающегося от материала геомембраны [28].

Всего найдено более 300 патентных свидетельств, из которых отобрано для анализа 67. На основе их составлен график распределения патентов по материалу, используемому в качестве противофильтрационного, рисунок 1.1.

Как видно из графика, интерес к вторично переработанным полимерам периодически возникал в период 2002-2006 годов, затем в 2013 и 2016, соответственно. С 2013 года наблюдается оживленный интерес к противофильтрационным материалам и технологиям на основе полимеров, бентонитовых глин и природных материалов.



Рисунок 1.1 – Распределение патентных свидетельств по годам

За последние 7 лет зарегистрировано 30 патентов, а за более продолжительный период с 1975 по 2012 год зарегистрировано 26 авторских свидетельств. Данное соотношение характеризует актуальность выбранной темы исследования.

В 1990-е годы Россия выпала из интеграционного процесса изучения и внедрения современных полимеров в связи с прекращением научных исследований и технологических разработок по исследуемому вопросу, когда

сокращались и закрывались лаборатории и институты. Основные отечественные монографии, используемые в работе, написаны в 1967, 1968 и 1978 годах. А ведь до середины 1980-х годов велись активные научно-исследовательские разработки в области применения полимерных материалов в мелиоративном и гидротехническом строительстве.

1.4 Выводы к главе 1

1. Проанализированы научные работы, посвященные воздействию объектов размещения отходов горнодобывающей и горно-перерабатывающей отрасли на компоненты природной среды.

2. Объекты размещения отходов обогащения медных руд (хвостохранилища) оказывают негативное воздействие на природные воды в процессе функционирования, а также после вывода из эксплуатации.

3. Объекты размещения отходов обогащения медных руд могут быть источниками потенциального техногенного минерального сырья.

4. Снижение негативного воздействия хвостохранилищ на природные воды может достигаться путём применения специальных средозащитных мероприятий, осуществляющихся на этапах проектирования и строительства (для новых объектов), а также на этапе рекультивации.

5. Рассмотрено более 300 отечественных и зарубежных патентов в период с 1975 по 2020 год, посвященных способам гидроизоляции объектов размещения отходов и материалам, используемых в качестве противофильтрационных.

В результате выполненной работы выявлена необходимость:

- Изучить состояние природных вод в районе расположения хвостового хозяйства ПАО «Гайский горно-обогатительный комбинат» для определения степени их загрязнённости.
- Оценить свойства отходов обогащения ПАО «Гайский горно-обогатительный комбинат» в аспекте их отнесения к потенциальному

минеральному техногенному сырью.

- Определить возможность консервации хвостохранилища ПАО «Гайский горно-обогатительный комбинат» для снижения негативного воздействия на природные воды и сохранения потенциального техногенного сырья, в основе которого будет применен противofiltrационный материал из вторично-переработанных синтетических полимеров.

ГЛАВА 2 ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ХВОСТОВОГО ХОЗЯЙСТВА ПАО «ГАЙСКИЙ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫЙ КОМБИНАТ» НА ПРИРОДНЫЕ ВОДЫ

Во второй главе представлены результаты опробования подземных и поверхностных вод в районе расположения хвостового хозяйства. Выявлено наличие гидрохимического ореола загрязнения тяжелыми металлами с высокими коэффициентами контрастности. Проведены исследования по определению ценности в качестве техногенного сырья и степени опасности отходов обогащения.

2.1 Краткая характеристика предприятия и технологии производства готовой продукции

ПАО «Гайский горно-обогатительный комбинат» (далее – Гайский ГОК) входит в АО «Уральская горно-металлургическая компания», расположен в Оренбургской области, административном центре Гайского района – городе Гай. На предприятии производительностью 8 млн. тонн по руде, перерабатываются медные руды месторождений «Гайское», «Осеннее», «Летнее» с получением медного, цинкового концентратов. Гайское месторождение является крупнейшим месторождением Южного и Среднего Урала, запасы меди категории A+B+C₁ составляют более 4,3 млн. т. Около 10 % добычи цинка в стране обеспечивает Гайский ГОК.

В результате обогащения методом флотации на обогатительной фабрике образуются отходы производства – хвосты флотации, представляющие собой пульпу с соотношением твёрдого к жидкому 1:5,1. Твёрдая часть пульпы представлена мелкозернистым песком, плотностью 2,3 т/м³, средневзвешенным диаметром 0,1 мм. Минеральный состав сложен кварцем, пиритом, хлоритом, глинисто-гидрослюдистыми образованиями, сфалеритом, арсенопиритом, ковеллином. Химический состав представлен оксидами кремния, алюминия, кальция, натрия, магния, титана, сульфидным и

окисленным железом, медью, цинком, серой [7, 46]. В год образуется порядка 50 млн. т пульпы, из которой извлекается крупнозернистая фракция для приготовления закладочной смеси, а оставшаяся часть направляется на рекультивацию отработанного карьера №2. В настоящее время проводятся пуско-наладочные работы комплекса пастового сгущения для размещения отходов в отработанных карьерах №№1, 3. До реализации проекта рекультивации отработанного карьера складирование пульпы осуществлялось намывным способом в хвостохранилище косогорного типа, проектной площадью 190 га, с полезным объёмом 52,5 млн. м³. За время эксплуатации хвостохранилища в нём накоплено около 80 млн. т хвостов флотации.

Обогащительная фабрика Гайского горно-обогащительного комбината введена в эксплуатацию в 1966 году. В настоящее время перерабатывается свыше 8 млн. тонн исходной руды в год. Процесс получения готовой продукции включает следующие операции [12]:

- рудоподготовка, включающая трехстадиальное измельчение (в I стадии две мельницы полусамомельчения в замкнутом цикле с грохотом и дробилка мелкого дробления для додрабливания класса критической крупности –60+8 мм;
- межцикловая флотация медных минералов на сливе гидроциклонов II стадии измельчения;
- цикл флотации: вторая флотация медных минералов (медная «головка») после третьей стадии измельчения; цикл коллективной медно-цинковой флотации; цикл селекции коллективного концентрата с получением медного концентрата и цинкового концентрата камерным продуктом;
- сгущение и фильтрация: объединенных медных концентратов; цинкового концентрата;
- складирование отвальных хвостов ОФ.

В настоящее время на фабрике перерабатываются руды подземного рудника, руды месторождений «Осеннее», «Летнее» и «Левобережное».

Переработка руды на ОФ регламентируется “Технологической инструкцией на производство медного, цинкового и пиритного концентратов на обогатительной фабрике Гайского горно-обогатительного комбината”.

Автосамосвалы г/п 40 тонн доставляют руду в приемный бункер емкостью 460 м³, где проводится 1 стадия дробления до крупности -300 мм.

Далее измельченная руда подается на 2 стадию дробления, где с помощью дробилок КСД 2200Гр измельчается до фракции -85 мм. Затем руда направляется на два ленточных питателя, откуда поступает на грохоты, где происходит контрольное грохочение. Надрешетный продукт грохотов поступает на 3 стадию дробления, где осуществляется измельчение до фракции -20 мм.

В главном корпусе руда измельчается в отделении измельчения с помощью шаровых барабанных мельниц мокрого измельчения. Данные мельницы предназначены для получения тонкого измельчения за счет низкой скорости перемещения материала.

Тонкая классификация (5-40 мкм) осуществляется гидроциклонами под действием силы тяжести частиц в поле центробежных сил. После классификации пульпа направляется на обогащение методом флотации по коллективно-селективной схеме.

На Гайском ГОКе обогащение происходит при помощи флотомашин механических ФМ-6,3 и пневмомеханические ФПМ-16, ОК-50.

Процесс флотации для различных типов руд ведется по технологическим режимам в соответствии с режимными картами технологической инструкции.

Обогащение полезных ископаемых методов флотации приводит к образованию отходов производства – хвостов флотации.

Хвосты флотации состоят из мелкой фракции пустой породы с водой, образуемой при обогащении. Хвосты составляют около 85 % от перерабатываемой руды в зависимости от содержания в ней металлов.

Хвосты флотации складировются в хвостохранилище намывным

способом и частично используются для приготовления закладочной смеси пустот подземного рудника. Эксплуатацию и обслуживание хвостохранилища осуществляет участок хвостового хозяйства обогатительной фабрики. Хвостовое хозяйство представляет собой комплекс гидротехнических сооружений, состоящий из гидравлической укладки хвостов, гидротранспорта хвостов флотации, системы оборотного водоснабжения.

Карьер №2 включен в оборотную систему для осаждения твердой фазы хвостовой пульпы. Окончательное осветление жидкой фазы перед подачей на фабрику предусматривается через пруд-осветлитель хвостохранилища.

Оборотная вода, используемая на обогатительной фабрике, должна быть очищена от механических примесей, иметь щелочность в пределах 7,0-9,5 рН, минимальное количество солей и нефтепродуктов.

Для очистки воды организован отстойный прудок хвостохранилища в размерах, обеспечивающими необходимую степень очистки: полезный объём – 0,85 млн.м³, полезная площадь – 30,5 га, глубина – 1,51-3,0 м.

Осветленная часть хвостовой пульпы из отстойного прудка хвостохранилища, поступает в водосбросной колодец ВК-1 серии 4.902-8 и пропускной способностью = 0,65 м³/сек. при напоре $H = 0,140$ м. Уровень горизонта воды регулируется установкой шандор. От колодца проложен железобетонный самотечный коллектор диаметром 800 мм, до пруда осветленных вод.

Пруд осветленных вод служит для более полного осветления и повышения качества оборотной воды. Емкостью пруда – 850,0 тыс.м³; максимальная отметка гребня дамбы – 329,2 м; отметка подошвы дамбы – 319,0 м.

Очищенная вода из отстойного прудка подается через два водоприемных колодца ВК-1 и ВК-2. в станцию оборотного водоснабжения. Вода до распределительной камеры насосной ОВС подается по водосбросному коллектору из железобетонных труб, диаметром 800 мм. В насосной ОВС установлено 4 насоса 1 Д 1250/125.

С насосной ОВС вода подается по двум ниткам напорных водопроводов диаметром 720 мм и диаметром 630 мм. В водонапорную башню обогатительной фабрики, откуда подается в цеха фабрики и с хвостами обогащения возвращается в хвостохранилище. Потребителем всех 100% оборотной воды, перекачиваемой по водоводам, является обогатительная фабрика.

Кислые рудничные воды подаются насосами шахтного водоотлива в пруд кислых шахтных вод емкостью 1320,0 тыс. м³: площадь пруда – 33,0 га; площадь водосбора – 110,0 га; отметка гребня дамбы – 375,0 м; наибольшая глубина – 7,2 м.

Кислая рудничная вода насосами ЦНСК-300/120 насосной кислой шахтной воды перекачивается в хвостовой лоток главного корпуса фабрики, где перемешивается с щелочными стоками флотации, за время прохождения по лотку нейтрализуются и совместно со стоками флотации поступают в пульпонасосную фабрику и далее в хвостохранилище.

Через колодец и ж/б коллектор вода из пруда кислой шахтной воды может самотеком подаваться в пруд осветленных вод в количестве необходимом для нейтрализации жидкой фазы хвостовой пульпы, содержащей 300-350 мг/л окиси кальция, до pH 7,0-9,5 оборотной воды.

Для предотвращения аварийного переполнения прудков во время весеннего половодья и интенсивных атмосферных осадков из пруда-отстойника хвостохранилища пруда осветленной воды и пруда кислой шахтной воды построены каналы аварийного водосброса с сечением, обеспечивающим сброс излишней воды при самых неблагоприятных условиях быстрого снеготаяния и интенсивных атмосферных осадков.

Качество получаемых продукта зависит от содержания ценного компонента или примесей, и процента влаги. Концентрат после флотации имеет влажность в диапазоне 50-74%. Содержание влаги, которое допускается в продукте, определяется условиями хранения и транспортировки концентратов и варьируется в пределах от 3,8 до 9% (исходя из наименования

концентратов и времени года).

Для приведения продуктов обогащения к регламентной влажности выполняют обезвоживание. Обезвоживание – процесс удаления лишней влаги из концентратов.

Обезвоживание готового продукта состоит из нескольких этапов: механического удаления влаги (сгущения, фильтрации и термической сушки). Сгущение производится 10 сгустителями с периферическим приводом диаметром 50 м и 24 м. После сгущения концентраты транспортируются гидротранспортом в фильтровально-сушильное отделение.

После фильтрации кек с содержанием влаги 13-18% ленточным конвейером подается в сушильные барабаны. Технологическая нитка сушки медного концентрата представлена – 2 барабанами (№3, №4), цинкового концентрата – 2 барабанами (№1 и №2). Параллельно осуществляется сушка газозвушной смесью. Готовая продукция по транспортерам отправляется на склады.

2.2 Климат рассматриваемого района

Климат Оренбургской области континентальный, что объясняется удаленностью области от океанов и морей.

В зимний период под действием Азорского и Сибирского антициклонов наблюдается преимущественно холодная ясная зима. Летом преобладают сухие горячие воздушные массы Средиземноморья, но особенно сильная жара устанавливается при проникновении горячих воздушных масс из Казахстана и Средней Азии, в результате чего часто наблюдаются засушливые и суховейные периоды.

При составлении климатической характеристики использовались опубликованные справочные материалы и соответствующие своды правил СП 131.13330 и СП 20.13330.

Данные о среднемесечной и годовой температуре воздуха приведены в таблице 2.1, среднемесечной и годовой температуре поверхности почвы – в

таблице 2.2, о глубине промерзания почвы – в таблице 2.3, повторяемость направлений ветра за год и периоды приведена в таблице 2.4.

Таблица 2.1 – Среднемесячная и годовая температура воздуха, °С

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
-14,1	-13,7	-7,3	6,3	14,8	20,3	21,9	19,6	13,4	4,8	-4,8	-10,6	4,2

Среднегодовая температура воздуха 4,2 °С

Абсолютный минимум минус 44 °С

Абсолютный максимум 42 °С

Средняя месячная температура воздуха минус 15,1 °С

самого холодного месяца

Средняя месячная температура воздуха 28,2 °С

самого жаркого месяца

Средняя максимальная температуры 28,2 °С

воздуха наиболее теплого месяца

Средняя температура периода с $t \leq 0$ °С 204 дня

минус 7,9 °С

Продолжительность периода с $t \leq 8$ °С

Средняя температура периода с $t \leq 8$ °С минус 6,0 °С

Таблица 2.2 – Среднемесячная и годовая температура поверхности почвы, °С

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
-16	-16	-8	6	18	25	27	23	14	4	-5	-13	5

Таблица 2.3 – Глубина промерзания почвы, см

Станция	XI	XII	I	II	III	Из максимальных за зиму	
						Средняя	Наибольшая
Кувандык	28	44	56	65	61	65	123

Таблица 2.4 – Повторяемость направлений ветра за год и периодам, %

Период	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Год	16	8	7	7	11	17	27	7	20
Холодный период, XI-III	12	18	8	9	6	17	26	3	20
Теплый период, IV-X	14	15	9	7	6	14	25	10	19

2.3 Геологическое строение района месторождения

Район Гайского месторождения приурочен к Магнитогорскому мегасинклинию, выполненному главным образом вулканогенно-осадочными раннегеосинклиинальными (О-D) и преимущественно осадочными позднегеосинклинальными (D-C) образованиями.

Разреза девонской системы в основном представлен вулканическим комплексом верхнеэйфельского подъяруса (D2ef2). В разрезе выделяются шесть толщ. Первая сложена вулканитами основного состава, вторая – кислыми, третья – основного состава, четвертая преимущественно терригенная вулканомиктовая, пятая и шестая – это пирокласты основного и среднего состава. Именно с этим вулканическим комплексом связано медно-колчеданное оруденение Гайского и других месторождений, рисунок 2.1 [4].

Породы бугулыгирского горизонта раннеживетского яруса (D2zv1) сложены из образований лав базальтов и долеритов с линзами яшм. Верхняя часть горизонта представлена глинисто-кремнистыми, яшмовидными, ожелезненными и омарганцованными породами. Лучшие месторождения уральских яшм связаны с этим горизонтом, выходы его есть в г. Орске, по левобережью реки Елшанки в районе г. Гая [4].

Улутауская свита нижнеживетского подъяруса (D2zv2ul) представлена вулканомиктовыми алевролитами, песчаниками, гравелитами, конгломератами и глинисто-кремнистыми аргиллитами. Выходы этих пород занимают большие площади на междуречье рек Елшанка и Урал и в верховьях реки Колпачки [4].

Франский ярус сложен глинисто-углисто-кремнистыми сланцами, радиоляритами, аргиллитами, кремнями, песчаниками, конгломератами колпачкой толщи (D3fr) мощностью 200 м, расположен по р. Колпачке и в западном крыле Аккермановской синклинали [4].

Зилаирская свита – верхнефаменский подъярус девона и нижнетурнейский – карбона (D3fm - C1t1zl) – представлена полимиктовыми

песчаниками, гравелитами, алевролитами, аргиллитами, конгломератами, известняками мощностью более 300 м [4].

Породы раннего карбона - средневизейско-нижненамюрского подъярусов (C1v2-n1) - завершают разрез палеозоя в районе. Породы представлены полимиктовыми гравелитами на известковистом цементе, известняками органогенными песчанистыми и перекристаллизованными, песчаниками полимиктовыми, мощностью около 400 м.

Данный горизонт перекрывается мезозойскими песчано-глинистые отложениями. В нижней части разрез представлен обломочными континентальными триас-юрскими угленосными отложениями. Среднеюрский отдел сложен песками, алевролитами, песчаниками, глинами с пластами бурых углей и базальными конгломератами в основании. Геологическая карта-схема района расположения предприятия представлена на рисунке 2.1, на рисунке 2.2 представлена легенда к карте-схеме, изображенной на рисунке 2.1.

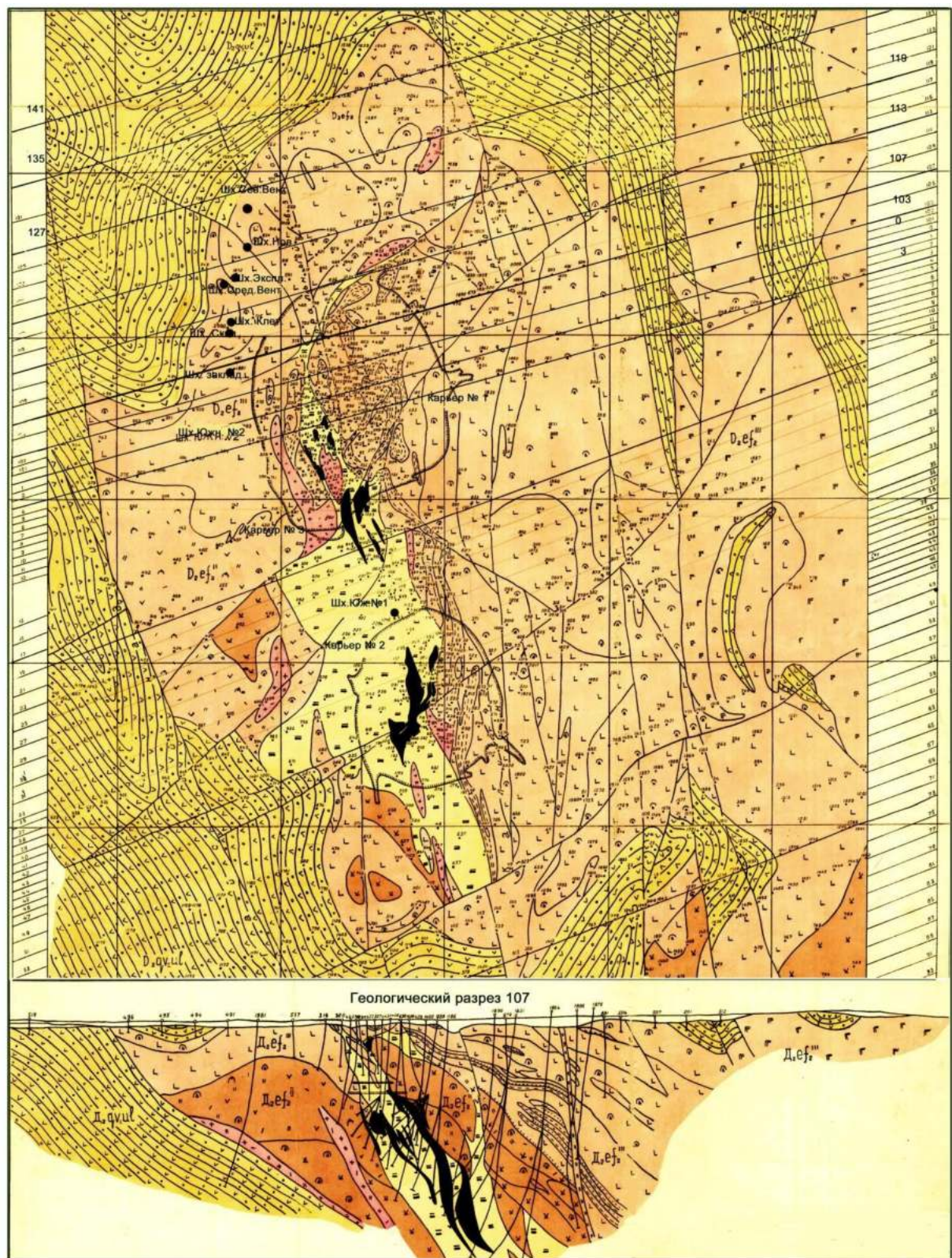


Рисунок 2.1 – Геологическая карта-схема района исследования

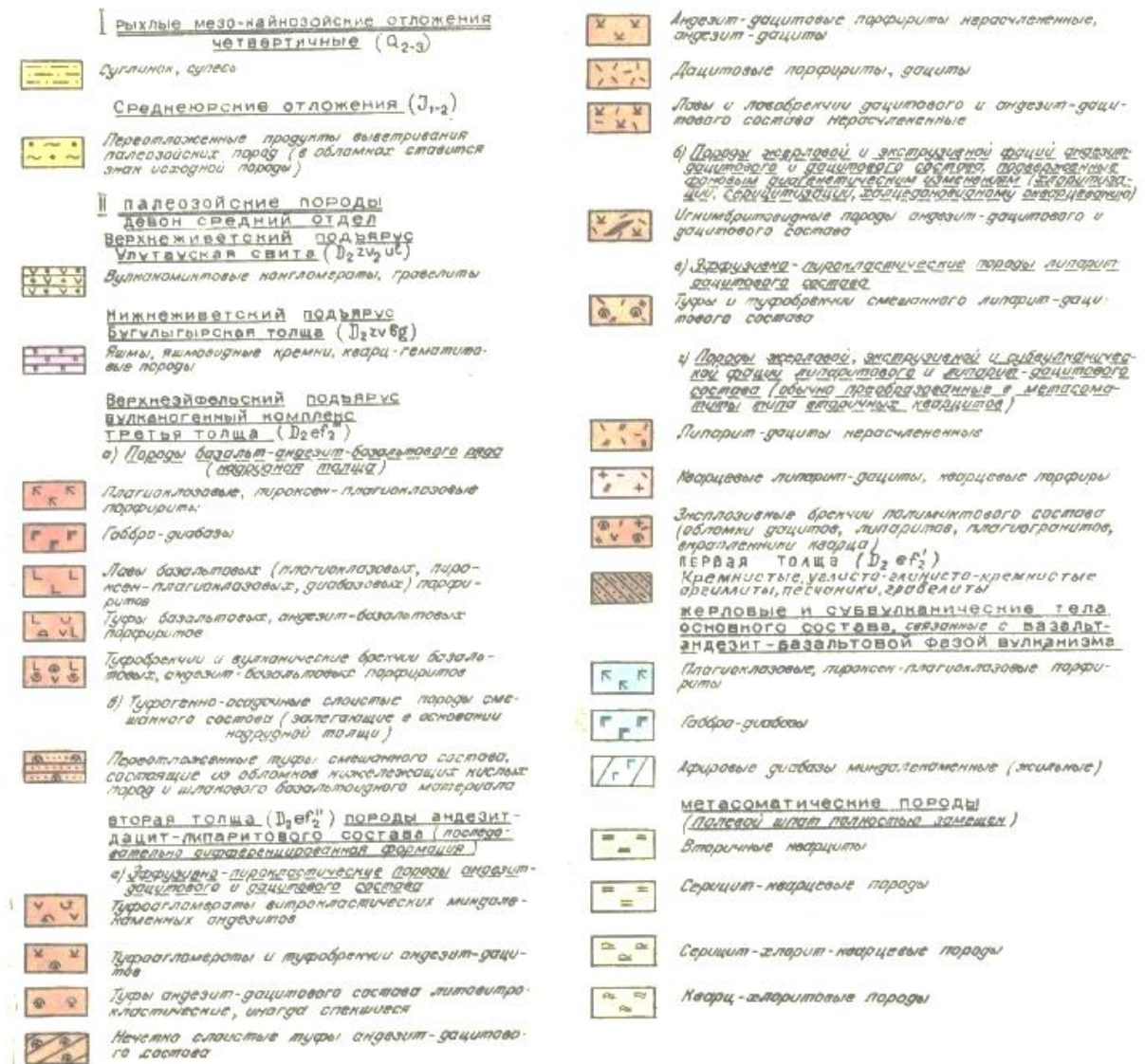


Рисунок 2.2 – Легенда к карте-схеме района исследования

2.4 Гидрографическая сеть

Территория исследуемого района относится к водосборам бассейна реки Урал. Снежный покров является главным источником поступления воды в водные объекты бассейна реки Урал. Поступление воды происходит в период снеготаяния. В апреле начинается весеннее половодье, которое заканчивается во второй половине апреля (продолжительность около 20 дней). Подъем уровня вод может составлять 3-5 м. Интенсивность весеннего подъема уровней достигает 0,5-1 м/сут. Средняя продолжительность дождевых паводков не превышает 8-15 дней. По высоте они обычно уступают весеннему половодью. Минимальные летние расходы наблюдаются в июле-августе и, как правило,

они больше минимальных зимних. В осенний период наблюдается несколько повышенная водность в результате выпадения осадков и уменьшения испарения. Зимой сток большинства рек прекращается

Реки исследуемого района (верховье реки Урал) к Казахскому типу. Питание рек осуществляется в основном за счет талых снеговых вод.

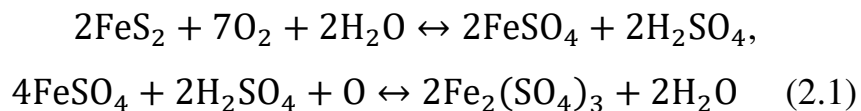
Гидрографическая сеть района исследования представлена реками Елшанка, Колпачка, Дунайка, руч. Ялангас (притоков реки Сухая Губерля), являющимися правобережными притоками верхней части реки Урал. Долины рек асимметричны, правые склоны – пологие, левые – крутые. Ширина рек 15-25 м, глубина до 1 м. Берега крутые, до 5 м высотой. Дно песчаное, илистое, местами каменистое, летом зарастает водной растительностью. Средний уклон рек 1-3 %. Коэффициент извилистости находится в диапазоне 1,3-1,4. Годовой режим стока включает обильное весеннее половодье, низкую летнюю межень с редкими паводками в результате дождей. Удельный вес половодья в годовом стоке достигает 70-85 %. Весеннее половодье на реках обычно начинается в первой декаде апреля. Продолжительность подъема половодья составляет несколько дней.

Гидрографическая схема ручья Ялангас: руч. Ялангас – руч. Ташкут – р. Сухая Губерля – р. Губерля – р. Урал. Ручей протекает в овраге, имеет протяженность около 8 км. Борта оврага выположенные, высотой до 1 м, открытые, местами поросшие кустарником. Ширина по бровкам – 4-6 м. Русло ручья извилистое, шириной 0,2-1,2 м, глубиной до 0,4 м в межень. Пойма двухсторонняя, чередующаяся, шириной 50-200 м, луговая, местами заболочена, с зарослями камыша. Скорость течения в межень 0,1 м/с.

2.5 Оценка состояния природных вод в районе расположения хвостового хозяйства ПАО «Гайский ГОК»

Под действием атмосферных осадков и окислительных процессов происходит формирование дренажных вод, насыщенных подвижными и водорастворимыми формами тяжелых металлов. Общий вид происходящих

химических реакций представляется формулой 2.1:



Несмотря на то, что в основании хвостохранилища делювиальные макропористые лёссовидные суглинки и песчано-глинистые породы юрского и третичного возраста с низкими коэффициентами фильтрации, а пионерная дамба хвостохранилища выполнена из суглинистых грунтов без механического уплотнения с дальнейшей отсыпкой скальным грунтом, из-за особенности химических реакций, протекающих в лежалых хвостах обогащения, и конструкции хвостохранилища, происходит трансформация и миграция токсичных веществ в подземные воды [59,62]. В связи с этим возникает необходимость в определении степени влияния хвостохранилища на подземные и поверхностные воды.

2.5.1 Методы и методика проведения исследования

Метод измерения на ICPE-9000 заключается в измерении интенсивности излучения (эмиссии) атомов определяемых элементов, происходящего при распылении в аргоновую плазму подготовленной пробы, при этом плазму индуктивно возбуждают радиочастотным электромагнитным полем.

2.5.1.1 Приготовление градуировочных растворов и пробоподготовка

Приготовление градуировочных растворов происходит в мерных колбах последовательным разбавлением. Разбавление выполняют азотной кислотой концентрацией 0,1 моль/дм³. Для приготовления градуировочных растворов применяют многоэлементные и индивидуальные стандартные растворы.

Градуировочные растворы смеси компонентов должны охватывать весь рабочий диапазон измерения массовой концентрации определяемого элемента в исследуемых пробах. Число градуировочных растворов должно быть не менее трех.

В приготовлении рабочих растворов для построения градуировочных характеристик используют определенный объём исходного раствора в мерные

колбы, доводят до метки азотной кислотой с концентрацией 0,1 моль/дм³ и тщательно перемешивают. Азотная кислота с концентрацией 0,1 моль/дм³ играет роль нулевого раствора при построении градуировочной характеристики.

Анализируемую пробу воды делят на две части (две параллельные пробы). Для проб воды с осадком применяют способы пробоподготовки, которые проводят для двух параллельных проб (с добавлением азотной кислоты). Пробы выдерживают до полного растворения осадка.

При наличии трудно-растворимых соединений цилиндром отбирают объем пробы, равный 100 см³, добавляют 3 см³ азотной кислоты, упаривают на водяной бане без кипения в стакане почти досуха. Затем пробу охлаждают, добавляют 3 см³ азотной кислоты, нагревают. Процедуру повторяют до тех пор, пока осадок не превратится в бледно-окрашенный. Осадок отфильтровывают при помощи фильтра «синяя лента» мерную колбу, вместимостью 100 см³. Фильтрат разбавляют водой для лабораторного анализа до исходного объема 100 см³.

При наличии в осадке легко окисляемых органических соединений, добавляют смесь азотной и серной кислот: 100 см³ пробы вносят в чашку для упаривания и добавляют 5 см³ азотной кислоты до момента становления раствора прозрачным [24]. При этом нельзя допускать полного высыхания раствора. Далее получившийся раствор смешивают с 50 см³ воды для анализа, нагревают почти до кипения для растворения медленно растворяемых солей. В случае необходимости отфильтровывают, фильтрат количественно переносят в мерную колбу объемом 100 см³ и разбавляют водой для лабораторного анализа до метки.

При наличии осадка трудно-растворимых органических соединений пробу обрабатывают смесью азотной и хлорной кислот: отбирают 100 см³ хорошо перемешанной пробы воды, переносят в колбу объёмом 250 см³, вносят 5 см³ концентрированной азотной кислоты и упаривают до 15-20 см³. Затем добавляют по 10 см³ азотной и хлорной кислот, осторожно упаривают

до появления белых паров хлорной кислоты. Если раствор не прозрачный, его кипятят, пока он не станет прозрачным. Добавляют 10 см³ азотной кислоты для завершения разложения. Охлаждают, разбавляют до 50 см³ водой для лабораторного анализа и кипятят для удаления хлора и окислов азота [24]. Затем, для отделения осадка, отфильтровывают через фильтр «синяя лента», фильтрат количественно переносят в мерную колбу на 100 см³ и разбавляют водой для лабораторного анализа до метки.

Если необходимо разложить кремнийсодержащие соединений, тогда во время подготовки проб добавляют 1-2 см³ плавиковой кислоты к хлорной, серной или азотной кислоте, в зависимости от того, какой способ пробоподготовки используется. Параллельно с анализируемой готовят холостую пробу, с которой повторяют все процедуры, применяемые в ходе пробоподготовки [24].

2.5.1.2 Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям

С помощью метода комплексной оценки степени загрязненности можно однозначно оценить загрязненность воды скалярной величиной одновременно по широкому перечню ингредиентов и показателей качества воды, а также классифицировать воду по степени загрязненности.

Основные принципы метода:

- 1) Основа метода в сочетании дифференцированного и комплексного способов оценки качества воды;
- 2) Целесообразность использования комплексной оценки определяется широтой спектра загрязнения водных объектов и степенью загрязненности воды;
- 3) Методическая основа комплексного способа – однозначная оценка степени загрязненности воды водного объекта по совокупности загрязняющих веществ:
 - а) для любого водного объекта в точке отбора проб воды;
 - б) за любой определенный промежуток времени;

в) по любому набору гидрохимических показателей.

Нормативом выступают предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов, а также водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Основа дифференцированного способа – оценка качества воды водных объектов по отдельным загрязняющим веществам с использованием статистических приемов.

Одной из наиболее информативной комплексной оценки, получаемой по данному методу, является удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ). Значение УКИЗВ может варьировать в водах различной степени загрязненности от 1 до 16. Чем выше значение индекса, тем хуже качество воды в различных створах, пунктах и т.д.

Качество воды, по значениям УКИЗВ, классифицируется на 5 классов по степени их загрязненности: 1-й класс – условно чистая; 2-й класс – слабо загрязненная; 3-й класс – загрязненная; 4-й класс – грязная; 5-й класс – экстремально грязная.

Для упрощения выполнения расчётов по определению удельного комбинаторного индекса загрязнённости в будущем, была разработана и зарегистрирована программа для комплексной оценки степени загрязнённости поверхностных вод (Приложение А).

Карта-схема хвостового хозяйства с точками отбора проб природных вод и хвостов флотации представлена на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – Карта-схема расположения точек отбора проб

Пробы подземных вод отбирались из наблюдательных скважин вручную специальным приспособлением (пробоотборником) в полимерные ёмкости, консервировались концентрированной азотной кислотой до $pH < 2$, охлаждались и транспортировались в соответствии с ГОСТ 31861-2012. Пробы анализировались в аккредитованном центре коллективного пользования Санкт-Петербургского горного университета методом эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой [57].

2.5.2 Результаты проведённых исследований

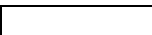
Результаты опробования подземных вод в районе расположения хвостового хозяйства позволили определить сульфатные (рудничные) воды с концентрацией $Fe_{общ}$ более 20 г/л и $Al_{общ}$ более 4 г/л, а также сульфатно-

хлоридные (ореольные) воды, в которых наблюдается превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) ионов $Fe_{общ}$, $Cu_{общ}$, $Zn_{общ}$, $Pb_{общ}$, $Ni_{общ}$, $Mn_{общ}$, $Al_{общ}$, сульфат-иона [1].

Отбор поверхностных вод производился из ближайшего водного объекта – ручья Ялангас – притока второго порядка реки Урал, впадающего в реку Сухая Губерля. Поверхностные воды характеризуются повышенными концентрациями $Fe_{общ}$, $Cu_{общ}$, $Zn_{общ}$, $Mn_{общ}$, хлорид-иона, сульфат-иона на расстоянии 2000 м выше точки сброса сточных вод из хвостохранилища, однако на расстоянии 500 м ниже точки сброса сточных вод (в настоящее время сброс не осуществляется) кратность превышения ПДКр.х. вышеуказанных веществ увеличивается, также появляется превышение ПДКр.х. алюминия. Это объясняется растворением алюмосиликатов, входящих в состав отходов, в кислых дренажных водах [43]. Кислые дренажные воды образуются в результате фильтрации атмосферных осадков через хвостохранилище с образованием сульфатов алюминия, железа, меди и других металлов, миграция которых тесно связана с показателем pH. Подземные воды в районе расположения хвостохранилища также характеризуются повышенным содержанием $Fe_{общ}$, $Cu_{общ}$, $Zn_{общ}$, $Pb_{общ}$, $Ni_{общ}$, $Mn_{общ}$, $Al_{общ}$, сульфат-иона, что свидетельствует о частичной разгрузке подземных вод в руч. Ялангас. Результаты анализа природных вод представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Результаты анализов поверхностных (а) и подземных (б) вод

Наименование точки отбора	Коэффициент контрастности ПДК								
	Al	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sr	Zn	Сульфат-ион
Точка А	н.о.	16	6,71	3,89	н.о.	н.о.	3,3	1,2	15,34
Точка Б	12,33	170	12,7	12,4	0,2	0,5	8,35	16,8	15,33
5	29	73	44	16,1	1,2	2,5	7,8	2,3	21,6
17	24,48	149	613	10,9	3,2	6,17	3,35	2,9	18,35
11ф	515	396	1216	23,8	5,7	11,17	5,15	30,2	4,69
ОВ	153,5	3960	295	50,3	6,1	11,5	4,58	447	26,3
КВ	8300	184000	1830	337	114	7,67	6,83	19100	65,43
Точка сброса	169,25	2850	492	56,7	5,6	1,83	3,83	293	41,04

 <1 ПДК  1-5 ПДК  5-15 ПДК  >15 ПДК

Загрязнение подземных и поверхностных вод тяжёлыми и другими

металлами возможно объяснить растворением сульфидных минералов и алюмосиликатов, входящих в состав отходов, в кислых дренажных водах. Кислые дренажные воды образуются в результате фильтрации атмосферных осадков через хвостохранилище, где под действием воды и кислорода происходит разрушение сульфидных минералов с образованием сульфатов тяжёлых и других металлов, миграция которых тесно связана с показателем pH. В этой связи проведёнными исследованиями установлено, что происходит миграция загрязняющих компонентов, сопровождающаяся загрязнением подземных и поверхностных вод.

Рассчитан удельный комбинаторный индекс загрязнённости (УКИЗВ) для ручья Ялангас, значение которого равно 5,84, в соответствии с РД 52.24.643-2002 характеризует качество воды в ручье как «грязная» (класс 4а) [38]. Для упрощения проведения аналогичных расчётов в будущем разработана программа для ЭВМ: программа для комплексной оценки степени загрязнённости поверхностных вод, которая прошла регистрацию в федеральной службе по интеллектуальной собственности (ФИПС), свидетельство № 2020612187 от 18.02.2020 года.

2.5.3 Мониторинг состояния природных вод

2.5.3.1 Состояние поверхностных вод

Для оценки современного состояния поверхностных вод использовались данные по ведению мониторинга поверхностных и подземных вод, осуществляемого аккредитованной лабораторией предприятия, а также результаты собственных полевых исследований.

По результатам анализа года вода в ручье Ялангас смешанного типа, очень жесткая, слабощелочная с минерализацией 2162 мг/дм³.

В составе анионов превышение ПДК по рыбохозяйственным нормативам отмечено по хлоридам (1,7 ПДК) и по сульфатам (3,2 ПДК).

В составе катионов превышение ПДК по рыбохозяйственным нормативам отмечено по кальцию (1,8 ПДК) и по магнию (3,8 ПДК).

Жесткость воды составила 28 °Ж, т.е. вода очень жесткая (нормативный

показатель для питьевой воды равен 7 °Ж).

Количество нефтепродуктов в воде составило менее 0,02 мг/дм³, что не превышает рыбохозяйственные нормативы.

Величина водородного показателя является важным показателем для определения потенциала вод. Жизнедеятельность микроорганизмов, очищающих воды, может быть, если значение водородного показателя не выходит за пределы 6,0-9,0. В руч. Ялангас значение рН составило 8,1, т.е. вода имеет слабощелочную среду. В качестве меры, характеризующей содержание в воде органических веществ, используется величина окисляемости. Перманганатная окисляемость составляет 3,8 мг/дм³. Данные соответствуют требованиям нормативов (ПДК=5,0 мг/дм³)

По результатам лабораторного анализа, предоставленным участком аналитического контроля центральной химическо-технологической лаборатории ПАО «Гайский ГОК» пробы воды, отобранной из р. Ялангас (500 м ниже выпуска сточных вод), вода в ручье слабощелочная и нейтральная. Выявлено. превышение содержания меди – 11-16,3 ПДК, цинка – 1,1-7,8 ПДК, железа – 1,2-2,0 ПДК, кобальта – 1,0-5,7 ПДК (июнь-сентябрь), марганца – 1,1-11,2 ПДК, сульфатов – 1,2-4,5 ПДК, нефтепродуктов – 1,0-2,2 ПДК (апрель, сентябрь, октябрь). Содержание магния, хлоридов в пределах допустимого.

Результаты лабораторного анализа опробования воды из р. Ялангас (место выпуска сточных вод), вода в ручье нейтральная. Выявлено превышение содержания меди – 11-56,6 ПДК, цинка – 1,2-56,7 ПДК, железа – 1,0-2,0 ПДК (июль-сентябрь), кобальта – 1,1-3,4 ПДК (июнь-август), марганца – 1,2-6,8 ПДК, сульфатов – 1,5-3,9 ПДК, нефтепродуктов – 1,0-2,0 ПДК (сентябрь, октябрь). Содержание магния, хлоридов в пределах допустимого.

Результаты лабораторного анализа опробования воды из р. Ялангас (500 м выше выпуска сточных вод), вода в ручье слабощелочная и нейтральная. Выявлено превышение содержания меди – 12,0-27,0 ПДК, цинка – 1,5-2,0 ПДК, железа – 1,8-2,6 ПДК, кобальта – 1,1-3,0 ПДК, магния – 1,2-2,7 ПДК, марганца – 3,8-16,3 ПДК, хлоридов – 1,1 ПДК (август), сульфатов – 5,1-26,3

ПДК, нефтепродуктов – 1,0-2,8 ПДК.

По результатам лабораторного анализа проб воды, отобранных в июле 2016 года, получены следующие результаты:

Результаты лабораторного анализа опробования воды из р. Ялангас (500 м ниже выпуска сточных вод), вода в ручье слабощелочная и нейтральная. Выявлено превышение содержания алюминия – 2,47 ПДК, магния – 2,26 ПДК, железа – 4,23 ПДК, марганца – 12,4 ПДК, хлоридов – 1,15 ПДК, сульфатов – 3,07 ПДК.

Результаты лабораторного анализа опробования воды из р. Ялангас (место выпуска сточных вод), вода в ручье слабощелочная и нейтральная. Выявлено превышение содержания меди – 2,85 ПДК, алюминия – 33,0 ПДК, цинка – 2,93 ПДК, железа – 164 ПДК, кадмия – 27,0 ПДК, магния – 1,05 ПДК, марганца – 56,7 ПДК, никель – 2,8 ПДК, свинец – 1,1 ПДК, хлоридов – 2,16 ПДК, сульфатов – 8,21 ПДК.

Результаты лабораторного анализа опробования воды из р. Ялангас (500 м выше выпуска сточных вод), вода в ручье слабощелочная и нейтральная. Выявлено превышение содержания железа – 2,24 ПДК, магния – 1,04 ПДК, марганца – 3,89 ПДК, хлоридов – 1,17 ПДК (август), сульфатов – 3,07 ПДК.

2.5.3.2 Состояние подземных вод

На химический состав подземных вод оказывают влияние различные факторы, главными из которых являются гидрогеологические условия, тип питания, разгрузки, особенности горизонтов коллекторов. Для химического анализа вод требуется наличие долгопериодных (не менее одного года) режимных наблюдений. Кроме естественных причин на химический состав вод оказывает влияние техногенные процессы.

Оценка состояния подземных вод определена на основании данных мониторинга предприятия, а также при опробовании скважин 5, 11, 17 во время производственной практики. Паспорта скважин представлены в Приложении Б.

Химический анализ подземных вод проводился с учётом требований

СанПиН 1.2.3684-21, в части вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

По результатам анализа проб воды из инженерно-геологических скважин подземные воды хлоридные, сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные и сульфатно-хлоридные натриевые и магниевые-натриевые, от слабосолоноватых до солоноватых, нейтральные, очень жесткие.

Величина сухого остатка 3804-9092 мг/л, общая жесткость 15,6-61,0 °Ж, показатель $pH=7,2-7,9$. Органолептические показатели воды не удовлетворяют требованиям нормативных документов. Цветность составила 43,5-196 градусов (при норме 20 градусов). Запах воды превысил допустимые 2 балла и составил 3 балла.

Также вода из скважин не соответствует нормам, установленным для питьевых вод, по показателю жесткости (превышение до 8,71 ПДК), хлоридам (превышение до 7,61 ПДК), нитратам (превышение до 1,25 ПДК) и алюминию 1,28 ПДК. По остальным контролируемым показателям вода из скважин полностью отвечает нормам закрепленных в СанПиН 2.1.4.1074-01.

Анализ проб, отобранных из наблюдательных скважин 5,11,17 показал превышение по следующим веществам: алюминий - 4,9 -103,0 ПДК, железо – 14,67-40,5 ПДК, магний – 1,09-2,7 ПДК, марганец – 10,9-23,8 ПДК, никель – 1,6-2,85 ПДК, свинец – 1,5-6,7 ПДК, хлориды – 3,25 ПДК (скв. 5), сульфаты – 3,67-4,32 ПДК.

Таким образом, в настоящее время подземные воды «техногенной верховодки» имеют повышенную минерализацию, жесткость, являются загрязненными хлоридами, нитратами, алюминием, железом, магнием, марганцем, никелем, свинцом.

На основании вышеизложенного рекомендуется продолжать проводить мониторинг вышеназванного водоносного горизонта по утвержденной программе мониторинга, что позволит уточнить причины повышенного содержания некоторых определяемых компонентов в составе подземных вод и оценить способность воды к самоочистке. Выкопировка результатов мониторинга поверхностных и подземных вод представлена в приложении В.

2.6 Изучение свойств отходов обогащения в аспекте возможности отнесения к потенциальному техногенному сырью

2.6.1 Методы и методика проведения исследования

Для определения ценности в качестве техногенного сырья и степени опасности отходов обогащения произведён их отбор и анализ. Отбор производился методом конверта путём формирования объединенной пробы в соответствии с ПНД Ф 12.1:2:2.2:2.3:3.2-03. Всего отобрано две объединенные пробы: свежие – в точке выпуска отходов обогащения в хвостохранилище, так как в этом месте они имеют наиболее усредненный состав и лежалые – приблизительно 10-ти летнего срока складирования.

Для определения гранулометрического состава проводилась мокрая отмывка по классам. Стеклянную колбу объёмом 5 литров наполняли водой. Делалось две отметки, между которыми замерялось расстояние. Затем добавлялась и перемешивалась проба. По формуле 2.2 определялась скорость осаждения частиц (формула Стокса).

$$U = 545 \cdot d^2 (\delta_p - \delta_v), \quad (2.2)$$

где d – диаметр частиц [мм]; δ_p – удельный вес [г/см³]; $\delta_v = 1$.

Время осаждения частиц определялась по формуле 2.3:

$$t = \frac{h}{U}, \quad (2.3)$$

где h – длина отрезка между отметками [мм]; U – скорость осаждения частиц, рассчитанная по формуле 2.2. Время осаждения – 13 минут.

2.6.2 Результаты проведённых исследований

Проведён гранулометрический анализ ситовым методом [57,61], по результатам которого выделены классы крупности: <0,010 мм — 16,31 % мас., 0,040–0,010 мм — 32,52 % мас., 0,071–0,040 мм — 35,83 % мас., > 0,071 мм — 10,56 % мас. Затем определен компонентный состав отходов обогащения по классам крупности при помощи рентгенофлуоресцентного анализа (Shimadzu XRF-1800). Выкопировка из отчёта программного обеспечения представлена в Приложении Г.

Следующим этапом стало определение компонентного состава хвостов флотации по классам крупности при помощи рентгенофлуоресцентного анализа. Результаты представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Компонентный состав хвостов флотации по классам крупности [57]

Класс крупности, мм							
>0.071		0.071-0.040		0.040-0.010		<0.010	
Компонент	%	Компонент	%	Компонент	%	Компонент	%
SiO ₂	52.8516	SO ₃	31.8341	SO ₃	42.2181	Fe ₂ O ₃	29.2247
SO ₃	16.9446	Fe ₂ O ₃	30.9487	Fe ₂ O ₃	37.5378	SO ₃	28.8020
Fe ₂ O ₃	15.0397	SiO ₂	28.4495	SiO ₂	14.6119	SiO ₂	27.4349
Al ₂ O ₃	8.1800	Al ₂ O ₃	4.4016	Al ₂ O ₃	2.7871	Al ₂ O ₃	8.4635
MgO	2.2164	MgO	1.2698	MgO	0.9711	MgO	2.5597
CaO	1.6646	Na ₂ O	0.9910	Na ₂ O	0.7139	Na ₂ O	1.3656
Na ₂ O	1.5894	CaO	0.9005	ZnO	0.2994	K ₂ O	0.6664
K ₂ O	0.6667	ZnO	0.2948	CaO	0.2564	CaO	0.3963
TiO ₂	0.4314	K ₂ O	0.2627	CuO	0.1996	ZnO	0.3454
ZnO	0.1370	TiO ₂	0.2460	TiO ₂	0.1655	TiO ₂	0.3317
CuO	0.0871	CuO	0.2288	K ₂ O	0.1351	CuO	0.2081
P ₂ O ₅	0.0810	P ₂ O ₅	0.0479	P ₂ O ₅	0.0538	P ₂ O ₅	0.1008
MnO	0.0656	PbO	0.0403	BaO	0.0282	MnO	0.0460
BaO	0.0340	MnO	0.0327	As ₂ O ₃	0.0224	BaO	0.0338
As ₂ O ₃	0.0109	BaO	0.0305			As ₂ O ₃	0.0210
		As ₂ O ₃	0.0212				

Общим для каждого класса крупности является преобладание оксидов железа, серы, алюминия и кремния. Содержание оксида кремния с повышением класса крупности увеличивается почти вдвое.

При помощи методов масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (Shimadzu ICPE-9000) и атомно-абсорбционной спектроскопии (ContrAA 800) определено содержание подвижных, растворимых форм токсичных и ценных элементов, а также их валовое содержание.

Затем определено валовое содержание компонентов методом эмиссионной спектрометрии с ИСП, результаты представлены в таблице 2.7

Таблица 2.7 – Валовое содержание некоторых компонентов [57]

Класс крупности, мм	Компонент						
	Cu	Fe	S	Zn	Pb	Au	Ag
	кг/т					г/т	
<0.010	5.3565	284.9950	255.9624	3.3490	0.4315	н.о.	3.8500
0.040-0.010	5.4065	437.9950	462.9624	3.0290	0.1925	0.6660	2.7400
0.040-0.071	4.9565	356.9950	377.9624	2.3390	0.1385	0.4410	1.7800
>0.071	1.9665	179.9950	174.9624	2.0790	0.0915	0.2130	0.9400

С уменьшением класса крупности отходов обогащения наблюдается увеличение валового содержания токсичных халькофильных элементов. Исключение составляют железо и сера, содержание которых в классе <0.010 мм падает в 1,5 и в 1,8 раза соответственно. Содержание золота и серебра с уменьшением класса крупности также возрастает, однако в классе <0.010 мм было определено менее 1 мкг/л.

Для того, чтобы оценить уровень миграции тяжелых металлов при хранении хвостов обогащения и содержание полезных компонентов проанализированы две пробы хвостов обогащения разного периода складирования: свежие, в месте сброса хвостов, и лежалые, приблизительно 8-10-летнего срока складирования.

Проведено исследование на содержание подвижных, растворимых и валовых форм тяжёлых металлов и некоторых других элементов. Для этого пробы были измельчены в лабораторной шаровой мельнице с парными жажимами SPEX SamplePrep, рисунок 2.4.



Рисунок 2.4 – Процесс подготовки проб отходов на шаровой мельнице

Затем выполнена пробоподготовка растворов для измерения методами атомно-абсорбционной спектрометрии и спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Пробоподготовка для проведения анализа выполнена для валовых и подвижных форм согласно М-МВИ-80-2008, для растворимых – РД 52.18.286.91. Массы навесок отходов обогащения для проведения

пробоподготовки представлены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Масса навесок отходов обогащения для проведения пробоподготовки

Определяемые формы элементов	Лежалые №1 (С.1)	Лежалые №2 (С.2)	Текущие №1 (Н.1)	Текущие №2 (Н.2)	Погрешность измерения
Валовые	0,5002	0,5003	0,5000	0,5002	$\pm 0,0001$
Подвижные	2,501	2,500	2,500	2,500	$\pm 0,001$
Растворимые	10,002	9,999	10,001	10,001	$\pm 0,001$

Для определения растворимых форм элементов бралась навеска 10,0 г, разбавлялась в 50 мл дистиллированной воды и перемешивалась на магнитной мешалке в течение 1 часа, затем проба фильтровалась в пластиковую в колбу через фильтр «белая лента» и добавлялось 50 мл дистиллированной воды в каждую пробу. Время фильтрации лежалых хвостов составило приблизительно 40 минут, текущих хвостов – около 55 минут. Подготовленные пробы в процессе фильтрации представлены на рисунке 2.5.

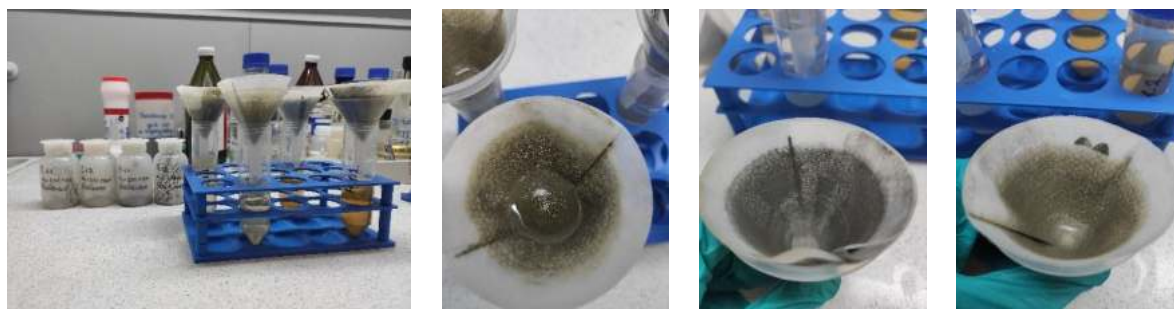


Рисунок 2.5 – Процесс фильтрации проб отходов обогащения

Разложение проб для определения подвижных форм элементов выполнялось на микроволновом экстракторе Multiwave 3000 (Solv), рисунок 2.6.



Рисунок 2.6 – Процесс пробоподготовки для определения подвижных форм элементов

Результаты обработки измерений приведены в таблицах 2.8, 2.9, 2.10. В них отображены концентрации элементов для холостой пробы, двух параллельных измерений лежалых хвостов обогащения (проба С.1, проба С.2) и свежих (проба Н.1, проба Н.2.). Предел повторяемости валового значения Au для проб С.1, С.2 (графа 19), растворимых форм Al (графа 2), Cr (графа 6), Fe (графа 8) для проб С.1., С.2 и Ва (графа 3) для всех проб превышает 30%, данные в анализе не учитываются [52].

Таблица 2.8 – Результаты измерения валового содержания элементов в хвостах обогащения [52]

Имя образца	Содержание элемента, мг/кг																		
	Al	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	S	Sr	Ti	Zn	As	Au	Ag
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Холостая, мг/л	25,6	0,749	3,36	0,0084	0,0243	0,0355	3,58	6,43	4,31	0,166	3,52	0,0488	4,1	1,53	1,31	0,019	0,05	-	-
Проба Н.1	17240	153,1	6894	9,76	3,16	1706,45	187642	6097	3879	49,3	14848	18,52	169590	45	450	675,1	130	0,1845	1,6003
Проба Н.2	15040	189,1	8074	9,66	3,04	1756,45	185642	5977	3389	49,2	14648	17,62	167590	43	471	687,1	125	0,1987	1,9182
$\bar{X}$	16140	171,1	7484	9,71	3,1	1731,45	186642	6037	3634	49,25	14748	18,07	168590	44	460,5	681,1	127,5	0,1916	1,7593
d, %	14	21	16	1	4	3	1	2	13	0,2	1	5	1	5	5	2	4	7	18
Δ	4842	51	2245	3	1	519	55993	1811	1090	15	4424	5	50577	13	138	204	38	0,01	0,09
Проба С.1	20440	117,1	9964	10,56	7,21	1766,45	171642	5647	3339	98,4	13548	18,82	157590	11	559	974,1	116	0,1251	3,1531
Проба С.2	21040	107,1	9764	10,56	7,17	1796,45	175642	5757	3339	102,4	14348	18,72	159590	14	590	1008,1	117	0,1802	3,0121
$\bar{X}$	20740	112,1	9864	10,56	7,19	1781,45	173642	5702	3339	100,4	13948	18,77	158590	12,5	574,5	991,1	116,5	0,1527	3,0827
d, %	3	9	2	0	1	2	2	2	0	4	6	1	1	24	5	3	1	36	5
Δ	6222	34	2959	3	2	534	52093	1711	1002	30	4184	6	47577	4	172	297	35	0,05	1
$\bar{X}$ – среднее значение массовой доли элемента для двух определений d – предел повторяемости результатов параллельных измерений (d≤30%) Δ - границы суммарной абсолютной погрешности измерения массовой доли элемента (при доверительной вероятности P=0.95)																			

Таблица 2.9 – Результаты измерения содержания подвижных форм элементов в хвостах обогащения [52]

Имя образца	Содержание элемента, мг/кг																
	Al	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	S	Sr	Ti	Zn
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Проба Н.1	106,00	4,90	3700,00	0,48	0,75	592,00	590,00	15,88	346,00	36,60	16,34	1,38	1,18	4460,00	2,76	0,06	184,60
Проба Н.2	109,40	5,26	3480,00	0,49	0,76	610,00	648,00	18,48	346,00	36,60	15,56	1,43	1,25	4320,00	2,72	0,05	184,80
$\bar{X}$	107,70	5,08	3590,00	0,48	0,76	601,00	619,00	17,18	346,00	36,60	15,95	1,41	1,21	4390,00	2,74	0,05	184,70
d, %	3,16	7,09	6,13	2,49	1,58	3,00	9,37	15,13	0,00	0,00	4,89	3,13	5,78	3,19	1,46	26,42	0,11
Δ	32,31	1,52	1077,00	0,14	0,23	180,30	185,70	5,15	103,80	10,98	4,79	0,42		1317,00	0,82	0,02	55,41
Проба С.1	111,20	8,62	7900,00	1,26	0,76	358,00	1676,00	46,00	448,00	102,60	29,60	2,34	9,18	5280,00	7,98	0,52	350,00
Проба С.2	113,80	9,04	7560,00	1,31	0,79	364,00	1676,00	46,80	454,00	103,00	30,80	2,38	9,70	4980,00	8,16	0,48	354,00
$\bar{X}$	112,50	8,83	7730,00	1,28	0,77	361,00	1676,00	46,40	451,00	102,80	30,20	2,36	9,44	5130,00	8,07	0,50	352,00
d, %	2,31	4,76	4,40	3,59	3,88	1,66	0,00	1,72	1,33	0,39	3,97	1,69	5,51	5,85	2,23	6,40	1,14

Продолжение таблицы 2.9

Δ	33,75	2,65	2319,00	0,38	0,23	108,30	502,80	13,92	135,30	30,84	9,06	0,71	0,47	1539,00	2,42	0,15	105,60
$\bar{X}$ – среднее значение массовой доли элемента для двух определений																	
d – предел повторяемости результатов параллельных измерений ($d \leq 30\%$)																	
Δ - границы суммарной абсолютной погрешности измерения массовой доли элемента (при доверительной вероятности $P=0.95$)																	

Таблица 2.10 – Результаты измерения содержания растворимых форм элементов в хвостах обогащения [52]

Имя образца	Содержание элемента, мг/кг																
	Al	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	S	Sr	Ti	Zn
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Проба Н.1	163,50	0,22	2605,00	0,71	0,11	585,00	176,00	5,30	291,00	40,35	18,50	1,74	0,39	3605,00	1,59	0,03	206,50
Проба Н.2	156,50	0,13	2560,00	0,76	0,11	585,00	157,50	4,83	295,00	39,80	17,75	1,87	0,48	3545,00	1,63	0,03	208,50
$\bar{X}$	160,00	0,17	2582,50	0,73	0,11	585,00	166,75	5,06	293,00	40,08	18,13	1,80	0,43	3575,00	1,61	0,03	207,50
d, %	4,38	52,30	1,74	6,14	4,03	0,00	11,09	9,38	1,37	1,37	4,14	7,22	19,65	1,68	2,80	20,69	0,96
Δ	48,00	0,05	774,75	0,22	0,03	175,50	50,03	1,52	87,90	12,02	5,44	0,54	0,13	1072,50	0,48	0,01	62,25
Проба С.1	1,98	0,08	2930,00	0,99	0,03	14,65	9,60	6,55	299,50	73,50	35,65	2,26	н.о.	3235,00	2,78	0,03	194,00
Проба С.2	1,46	0,04	2970,00	1,05	0,04	15,75	6,30	6,20	304,00	74,50	34,55	2,34	н.о.	3270,00	2,76	0,03	201,50
$\bar{X}$	1,72	0,06	2950,00	1,02	0,03	15,20	7,95	6,38	301,75	74,00	35,10	2,30	н.о.	3252,50	2,77	0,03	197,75
d, %	30,32	68,80	1,36	5,41	33,33	7,24	41,51	5,49	1,49	1,35	3,13	3,49	н.о.	1,08	0,54	12,31	3,79
Δ	0,51	0,02	885,00	0,31	0,01	4,56	2,39	1,91	90,53	22,20	10,53	0,69	н.о.	975,75	0,83	0,01	59,33
$\bar{X}$ – среднее значение массовой доли элемента для двух определений																	
d – предел повторяемости результатов параллельных измерений ($d \leq 30\%$)																	
Δ - границы суммарной абсолютной погрешности измерения массовой доли элемента (при доверительной вероятности $P=0.95$)																	

Практически для всех подвижных форм элементов концентрации в свежих хвостах обогащения превышают концентрации в лежалых. Содержание растворимых форм элементов в свежих хвостах обогащения выше концентраций в лежалых хвостах для алюминия, бария, хрома, меди, железа, серы, цинка. Содержание меди, цинка, золота, серебра в анализируемых пробах достаточное для вовлечения отходов обогащения Гайского ГОКа во вторичную переработку в ближайшем будущем [21,50]. Большая часть полезных компонентов содержится в классе крупности $>0,040+0,000$ мм, что в целом совпадает с результатами исследований хвостов обогащения медных месторождений на других объектах [10,23,49].

В соответствие с классификацией, разработанной Институтом проблем комплексного освоения недр РАН (ИПКОН РАН), хвосты флотации обогатительной фабрики Гайского ГОКа относятся к техногенному сырью [47,48]. Существует ряд трудностей в вопросе обогащения техногенного сырья [50]. В качестве технологии переработки рекомендуется применение гидрометаллургии (выщелачивание, экстракция) и комбинированные процессы (физико-химические способы обогащения с химико-металлургическими методами) [8,10,42]. Содержание меди, цинка, золота, серебра в анализируемых пробах достаточное для вовлечения отходов обогащения Гайского ГОКа во вторичную переработку в ближайшем будущем. Кроме количественного содержания полезных компонентов важна также форма их нахождения в отходах обогащения [11,19,25].

Согласно результатам исследований, проведённых организациями, специализирующимися на разработке технологий по переработке техногенного сырья, золото в медных рудах в основном находится в тесной ассоциации с пиритом (законсервировано в кристаллической решётке) и в меньшей степени связано с сульфидами меди. Порядка 25 % может составлять цианируемая форма соединения золота в хвостах обогащения, порядка 75 % – связанное с пиритом или халькопиритом, причём в свежих хвостах обогащения этот процент меньше, чем в лежалых [2,10].

Сравнение концентраций химических элементов в хвостах обогащения и природных водах подтверждают наличие миграции химических элементов из хвостохранилища. Происходит потеря полезных компонентов и распространение токсичных элементов. С инфильтрационными водами в подземные вымываются ценные (медь, цинк, серебро, золото) и опасные (алюминий, железо, свинец, марганец, никель) элементы. Они оказывают вредное воздействие на человека и животных [14].

Результаты проведенных исследований показали наличие гидрогеохимических ореола загрязнения, источником которых является хвостохранилище Гайского ГОКа. Кроме того, отходы обогащения содержат достаточное количество полезных компонентов для вовлечения отходов обогащения Гайского ГОКа во вторичную переработку в ближайшем будущем. В связи с этим, при выводе хвостохранилища Гайского ГОКа из эксплуатации, предлагается его консервация для сохранения ценных компонентов и предотвращения загрязнения природных вод.

2.7 Выводы к главе 2

Функционирование хвостохранилища ПАО «Гайский горно-обогатительный комбинат» сопровождается потерями потенциального техногенного сырья в результате водной эрозии с формированием техногенного гидрогеохимического ореола загрязнения, площадью более 840 га, высококонтрастного по загрязняющим веществам: $K_{Ca} = 515$; $K_{Cu} = 396$; $K_{Zn} = 30,2$; $K_{Fe} = 1216$; $K_{Mn} = 23,8$; $K_{Ni} = 5,7$; $K_{Pb} = 11,2$.

Отходы обогащения медных руд ПАО «Гайский ГОК» содержат ценные компоненты: золото – 0,6 г/т (запасы порядка 47,9 т), серебро – 3,8 г/т (запасы порядка 303,4 т), медь – 0,17 % (запасы порядка 137726,8 т), цинк – 0,7 % (запасы порядка 135726,8 т).

Результаты проведенных исследований указывают на необходимость проведения консервации хвостохранилища ПАО «Гайский ГОК» после его

выводы из эксплуатации с целью сохранения потенциального техногенного сырья для вовлечения его в переработку в будущем, а также предотвращения негативного воздействия на природные воды в районе расположения хвостового хозяйства.

ГЛАВА 3 КОНСЕРВАЦИИ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ПАО «ГАЙСКИЙ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫЙ КОМБИНАТ»

В третьей главе представлены результаты исследований физико-механических свойств вторично переработанных полимеров, их химической стойкости к воздействию агрессивной кислой и щелочной сред. Определены кривые линии напряжения к относительному удлинению образцов вторично переработанного полиэтилена низкого давления, полиэтилена высокого давления и полипропилена, изготовленных в диапазоне температур 160-240°C с шагом 10°C. Предложена конструкция противofильтрационного экрана для консервации хвостохранилища.

Отходы с содержанием пластика являются самыми быстро накапливающимися в структуре ТКО. Объём образования отходов в мире превышает 300 млн тонн в год. Из них около 19% приходится на полиэтилен высокого давления, около 18% – на полипропилен, и около 13% на полиэтилен низкого давления (синтетические полимеры). В Европе утилизация пластиковых отходов достигает 40%, в Китае 25%, в США 9%. В Российской Федерации образование отходов с содержанием пластмасс достигает 3.6 млн тонн в год, из которых только 450 тыс. тонн (около 12%) собираются для вторичной переработки.

Синтетические полимеры сохраняют свои свойства при переработке и представляют экологическую угрозу из-за длительного времени разложения. Вовлечение данных видов отходов во вторичную переработку с целью создания противofильтрационных материалов поможет эффективно утилизировать данный вид отходов.

3.1 Определение физико-механических свойств полимеров

3.1.1 Методы и методика проведения исследования

Снижение экологической опасности отходов техногенных массивов, высокая стоимость существующих технологий защитных экранов делают

необходимым разработку технологии гидроизоляции оснований, формируемых при размещении опасных отходов производства в техногенных массивах. В результате проведенного анализа существующих способов гидроизоляции выделим следующие варианты [22,26,51]:

1. гидроизоляция на основе природных материалов (глин);
2. гидроизоляция из полимерных материалов (геомембран);
3. гидроизоляция из бентонитовых матов.

Все существующие способы снижают фильтрацию и последующее загрязнение природных вод, но имеют некоторые отрицательные свойства.

Природные глины в качестве противofiltrационного материала использовать трудоемко: слой глины должен быть порядка 0,5 м, требуется предварительная подготовка территории перед нанесением (выравнивание). Глина под действием агрессивных дренажных вод изменяет структуру защитного слоя и происходит растворение минералов глин в кислой и в щелочной среде. В итоге, первоначальная прочность глин снижается, а, риск инфильтрации отходов в грунтовые воды – повышается [56].

Гидроизоляция сооружений с помощью геомембран весьма трудоемкий способ, а также дорогостоящий: цена за квадратный метр геомембран варьируется от местоположения объекта и применяемой марки геомембраны и может достигать 700 рублей. Также, при создании данного слоя происходит крепление рулонов при помощи сварки горячим воздухом, наличии швов несут повышенный риск проявления дефектов целостности покрытия от воздействия различных факторов. Минусом способа изоляции при помощи геотекстиля с применением в составе бентонитовых глин является их разрушение под действием агрессивных сред и ограниченность мест производства мембран из данного материала [6].

После изучения литературы и статистики образования отходов в России, выбраны вторично переработанные материалы для проведения исследований.

Полиэтилен высокого давления (далее – ПЭВД) представляет собой материал, полученный при полимеризации газообразного полиэтилена.

Анализ литературы показывает, что данный вид полиэтилена имеет разветвленную структуру макромолекулу, что негативно сказывается на его прочностных характеристиках при растяжении, сжатии и скручивании [20]. Выдерживает отрицательные температуры.

Полиэтилен низкого давления (далее – ПЭНД) – полученный полимеризацией обладает большей прочностью, чем полиэтилен высокого давления. Это связано с тем, что он имеет практически не разветвленную структуру по сравнению с полиэтиленом высокого давления, макромолекулы которого обладают сравнительно большой разветвленностью [18]. Выдерживает отрицательные температуры.

Полипропилен (далее – ПП) – линейный полимер, который получается при полимеризации пропилена с катализаторами. Обладает меньшей плотностью, чем полиэтилен, но большей прочностью. Хрупок при низких температурах.

Физико-механические свойства выбранных линейных полимеров составляют совокупность свойств, влияющих на поведение материалов в процессе воздействия внешних механических нагрузок [13]. Определение таких свойств полимеров происходит в процессе испытаний, результаты которых позволяют построить кривые распределения напряжение/растяжение. Исследование физико-механических свойств позволяет определить предел текучести, предел прочности, относительное удлинение при разрыве, относительное удлинение при пределе текучести) [13,41]. Относительно непластичных материалов физико-механические свойства полимеров обладают рядом особенностей [3]:

- способность развивать большие обратимые деформации (сотни и даже тысячи процентов);
- релаксационный характер свойств (отношение деформаций и напряжений к продолжительности стороннего воздействия);
- зависимость физико-механических качеств от условий его изготовления, переработки и предварительного изменения (характеризуется

наличием в полимерах различных видов надмолекулярной структуры с продолжительным периодом перестановки);

Изготовление образцов происходило путем нагрева в муфельной печи гранул материала в специально форме размером 60×130 мм, после чего охлаждались при комнатной температуре [53,55]. На практике, переход полимеров в расплавленное состояние происходил при температуре от 145 °С, но при этом не происходило полной гомогенизации материала, рисунок 3.1.

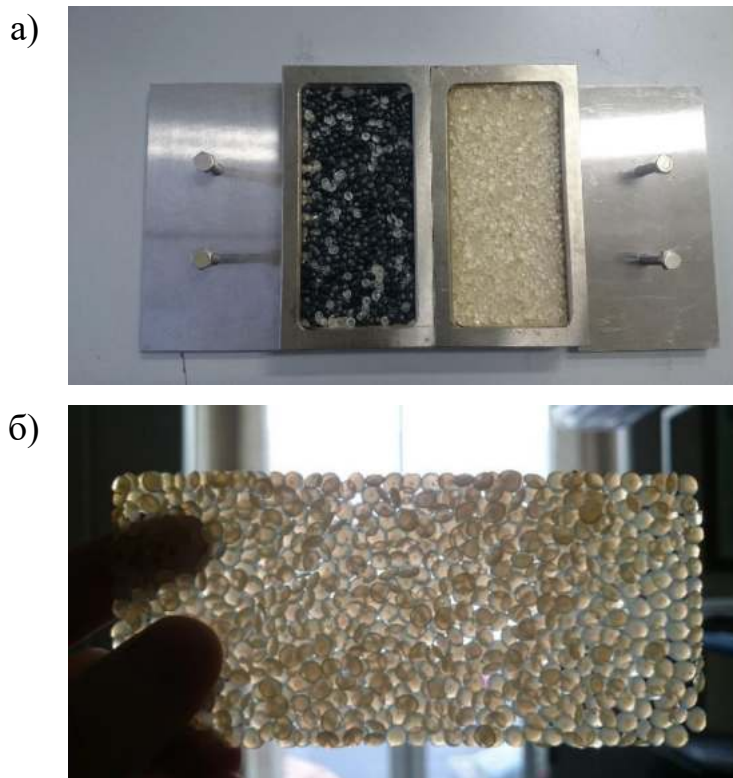


Рисунок 3.1 – а) форма изготовления образцов материала, загруженная смесью полиэтилена низкого давления и полипропилена (слева) и полипропиленом (справа); б) образец полипропилена, изготовленный при температуре до 145 °С.

Лабораторные исследования показали, что температуры, при которой выбранные материалы переходят в вязкое текучее состояние составляют: ПЭВД – 180 °С, ПЭНД – 160 °С, ПП – 150 °С. Для определения прочностных характеристик образцов изготовлены пластины с шагом, равным 10 °С в интервале от 160 до 240 °С [54].

В ходе исследования определены предел текучести полимеров, прочность при разрыве, модуль прочности, относительное удлинение при

разрыве, относительное удлинение при пределе текучести [39].

Испытания проводили с применением универсальной испытательной разрывной машины Н75К-S с сервомеханическим приводом.

Прочность полимеров во время разрыва испытывалась по ГОСТ 11262-2017. Скорость разрыва устанавливалась так, чтобы продолжительность проведения измерения происходило не менее 60 секунд и составляла 50 мм в минуту.

Параметры испытывавшихся образцов представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Параметры образцов полимеров

Материал	Дата изготовления	Температура, °С	Геометрические параметры, мм			Масса, г
			Длина	Ширина	Высота	
ПЭНД1.1	10.12.2020	160	125,8	27,1	3,8	11,66
			126,0	26,1	3,9	
			125,4	26,7	3,8	
			125,7	26,6	3,8	
ПЭНД1.2			126,1	28,0	3,6	11,46
			125,6	27,9	3,6	
			125,8	27,1	3,7	
			125,8	27,7	3,6	
ПЭНД2.1	2020.12.11	170	125,8	27,7	3,8	12,60
			125,6	27,6	3,6	
			125,0	26,8	3,9	
			125,5	27,4	3,8	
ПЭНД2.2			125,5	25,7	3,4	11,19
			125,2	26,3	3,5	
			125,7	26,4	3,7	
			125,5	26,0	3,5	
ПЭНД3.1	—	180	126,0	27,4	4,6	14,72
			126,5	27,3	4,7	
			127,0	27,4	4,6	
			126,5	27,4	4,6	
ПЭНД3.2			126,4	27,1	4,7	14,24
			125,8	27,7	4,5	
			126,8	27,0	4,7	
			126,3	27,3	4,6	
ПП4.1	14.12.2020	180	125,7	28,1	3,7	10,52
			125,7	27,0	3,5	
			126,0	27,9	2,9	
			125,8	27,7	3,4	
ПП4.2			128,0	28,7	2,8	12,18

Продолжение таблицы 3.1

Материал	Дата изготовления	Температура, °C	Геометрические параметры, мм			Масса, г		
			Длина	Ширина	Высота			
			127,4	29,1	3,9			
			127,0	28,6	3,9			
			127,5	28,8	3,5			
ПЭНД5.1	16.12.2020	190	125,7	26,9	3,2	12,41		
			125,7	26,9	3,7			
			126,0	27,4	4,2			
			125,8	27,1	3,7			
ПЭНД5.2			125,1	25,6	4,1	11,66		
			125,6	27,2	3,7			
			124,3	27,4	3,6			
			125,0	26,7	3,8			
ПП6.1			127,4	27,9	3,4	11,19		
			128,1	27,6	3,4			
			128,6	27,1	3,2			
			128,0	27,5	3,3			
ПП6.2			129,1	29,3	3,4	12,29		
			128,8	31,3	3,4			
			129,1	29,7	3,3			
			129,0	30,1	3,4			
ПЭНД7.1	—	200	125,9	27,8	4,2	14,72		
			126,5	27,0	4,5			
			126,9	27,1	4,0			
			126,4	27,3	4,2			
ПЭНД7.2			125,9	26,7	4,0	13,62		
			126,1	27,8	4,6			
			126,0	27,3	3,6			
			126,0	27,3	4,1			
ПЭНД8.1			126,6	27,4	4,0	13,88		
			126,8	26,6	5,0			
			126,8	25,4	4,0			
			126,7	26,5	4,3			
ПЭНД8.2			126,3	29,6	4,6	15,39		
			125,1	28,8	5,3			
			126,5	26,0	4,4			
			126,0	28,1	4,8			
ПЭНД9.1			04.03.2021	210	123,6	27,1	4,6	13,72
					123,8	27,8	4,6	
					124,5	27,7	4,8	
					124,0	27,5	4,7	
ПЭНД9.2	124,7	27,7			4,0	13,49		
	124,5	26,2			3,8			
	124,5	26,1			3,4			
	124,6	26,7			3,7			
ПЭВД10.1					125,2	27,1	4,0	12,90

Продолжение таблицы 3.1

Материал	Дата изготовления	Температура, °С	Геометрические параметры, мм			Масса, г
			Длина	Ширина	Высота	
ПЭВД10.2			124,8	28,3	4,0	12,11
			124,9	27,7	4,6	
			125,0	27,7	4,2	
			125,2	27,2	4,3	
			125,1	26,8	3,6	
			124,2	25,6	4,1	
			124,8	26,5	4,0	
ПЭНД11.1	—	220	125,4	27,5	3,3	12,80
			125,2	26,7	3,5	
			125,6	26,9	3,3	
			125,4	27,0	3,4	
ПЭНД11.2			125,4	27,7	2,8	11,21
			125,6	26,2	3,2	
			125,4	27,0	2,8	
			125,5	27,0	2,9	
ПЭНД12.1			126,2	28,4	2,7	11,16
			126,3	27,9	2,9	
			126,5	28,0	2,5	
			126,3	28,1	2,7	
ПЭНД12.2			126,7	27,7	2,4	10,00
			126,8	28,1	2,8	
			126,6	28,0	2,8	
			126,7	27,9	2,7	
ПЭНД13.1	—	240	126,2	27,5	3,6	11,57
			126,3	26,4	3,6	
			125,5	26,1	3,6	
			126,0	26,7	3,6	
ПЭНД13.2			126,4	26,8	3,5	13,15
			126,3	28,2	3,6	
			126,4	29,4	3,5	
			126,4	28,1	3,5	
ПЭНД14.1			125,2	29,5	4,0	13,10
			127,3	29,3	4,1	
			127,5	28,8	3,7	
			126,7	29,2	3,9	
ПЭНД14.2			126,2	27,9	4,0	13,44
			126,2	27,6	4,2	
			126,2	27,9	4,2	
			126,2	27,8	4,1	
Примечание: измерение геометрических параметров проводились при помощи электронного цифрового штангенциркуля с погрешностью ±0,1 мм						
Масса определялась при помощи электронных весов с погрешностью ±0,01 г						

Результаты, полученные в ходе практических исследований, графически представляются в виде графика напряжение к относительному удлинению.

3.1.2 Результаты проведённых исследований

Образцы для разрыва фиксируются креплениями испытательной машины таким образом, чтобы продольные оси креплений и ось пластины совпадали по направлению перемещения подвижного крепления между собой. Предварительно в программное обеспечение испытательной машины заносятся сведения о образце (наименование, дата изготовления, номер партии, длина, ширина, толщина). Затем образец закрепляется путем затягивания зажимов для исключения скольжения образца. Обнуляются показания датчиков на испытательной машине и производится запуск испытания. Пример разрыва (в разных стадиях) образца полиэтилена низкого давления представлен на рисунке 3.2. Отчёты с результатами разрушения образцов представлены в Приложении Д.

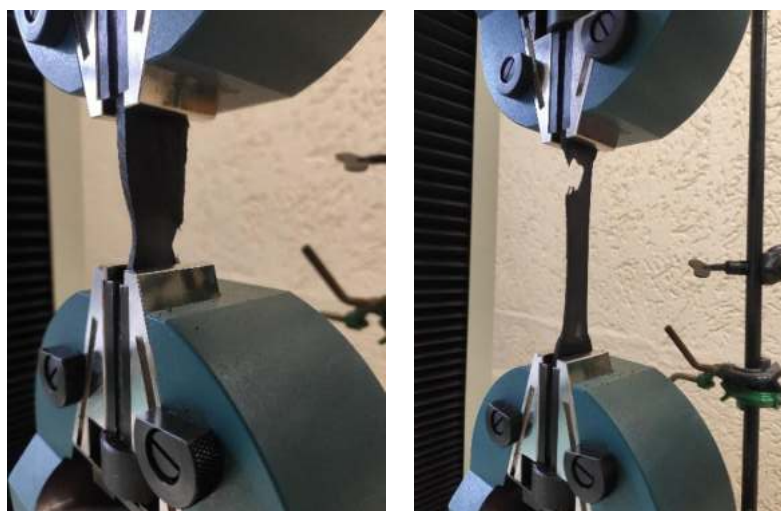


Рисунок 3.2 – Процесс разрушения образца

Представлены результаты исследований разрушающего напряжения вторично переработанных полимеров, их химической стойкости к воздействию агрессивной кислоты и щелочной сред. Определены типовые кривые линии относительного удлинения от прилагаемого напряжения образцов вторично переработанного полиэтилена низкого давления (HDPE), полиэтилена высокого давления (LDPE) и полипропилена (PP), изготовленных в диапазоне температур 160-240°C с шагом 10°C, рисунок 3.3.

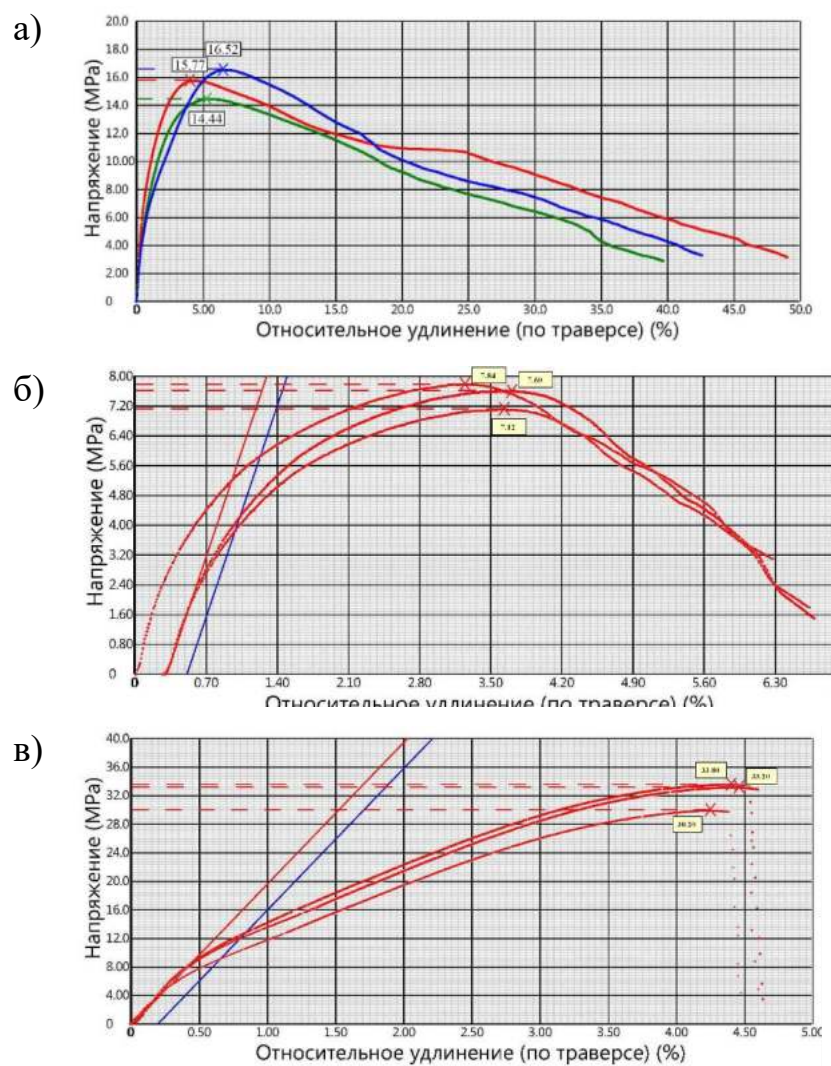


Рисунок 3.3 – Кривые линии напряжения к относительному удлинению с обозначением предела текучести HDPE (а), LDPE (б) и PP (в)

Сравнение прочностных характеристик вторично переработанного полиэтилена низкого давления, изготовленного в диапазоне температур 170-190 °С и 200-220 °С представлено на рисунке 3.4.

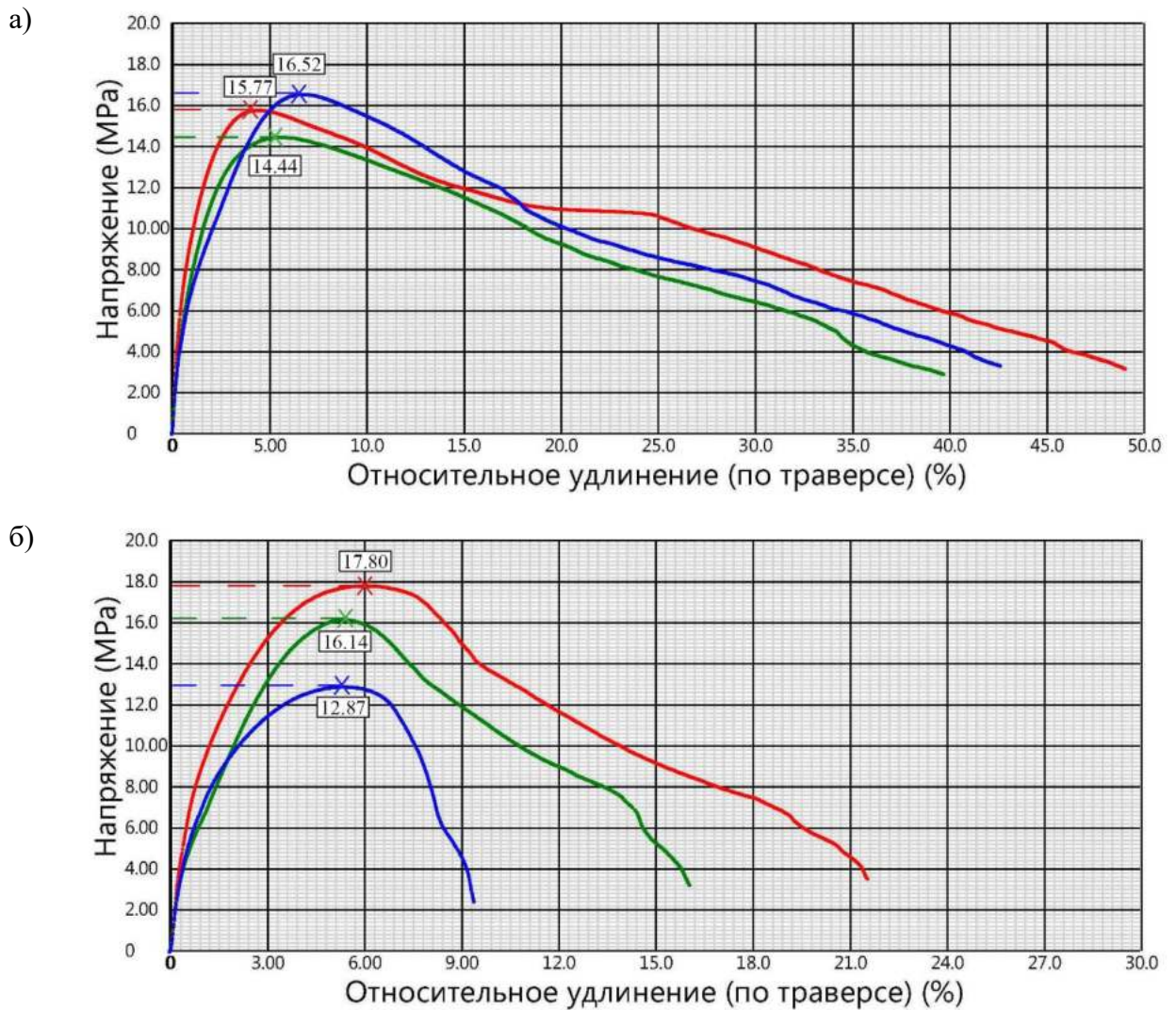


Рисунок 3.4 – Прочностные характеристики ПЭНД, изготовленных в диапазоне температур 170-190 °С (а) и 200-220 °С (б)

Наиболее подходящими прочностными характеристиками обладает полиэтилен низкого давления, изготовленный в диапазоне температур 160-190 °С, так как при данном температурном диапазоне достигается наиболее полная гомогенизация материала, обеспечивающая прочность, и наблюдается максимальное относительное удлинение при разрыве. Снижение характеристик при температуре более 190 °С связано с термической деструкцией макромолекул полимеров [44,45]. Так, при температуре изготовления полиэтилена низкого давления 210 °С наблюдается снижение относительного удлинения при разрыве с 72 % до 16 %, а при температуре 240 °С – до 10 %.

3.2 Определение химической устойчивости полимеров

Химическое разрушение полимеров приводит к усилению механического разрушения. Из-за особенности протекающих химических реакций, разрабатываемый материал должен быть устойчивым как к кислой, так и к щелочной среде. Для этого образцы выдерживались в смоделированных растворах.

Отношение скорости реакции между агрессивной средой и образцом полимера возможно в вариантах [3]:

- скорость диффузии реагента в полимер превышает скорость химической реакции. При этом сначала происходит набухание полимера в агрессивной среде, а затем происходит хемодеструкция во всем объеме исследуемого полимера [3];
- скорость химической реакции гораздо выше скорости диффузии среды. Тогда хемодеструкция проявляется в тонком слое на поверхности полимера, а зона реакции со временем переносится внутрь полимера со скоростью, ограничиваемой скоростью диффузионных процессов [3];
- скорости диффузии и химических реакций сравнимы между собой, хемодеструкция концентрируется в некоторой «реакционной» зоне, величина которой увеличивается со временем, и в максимуме достигает размеров образца [3].

3.2.1 Методы и методика проведения исследования

По ГОСТ 12020-2018 в качестве агрессивной среды выбран раствор, наиболее близкий к составу отходов, складываемых на хвостохранилище горно-обогатительного комбината. Состав жидкой фазы отходов представлен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Состав жидкой фазы отходов обогащения

Показатель	Единицы измерения	Значение
Ph	Ед. pH	до 11,95
Хлориды	мг/дм ³	468,9-587,6
Сульфаты	мг/дм ³	1777,2-2559,0

Продолжение таблицы 3.2

Показатель	Единицы измерения	Значение
Гидрокарбонаты	мг/дм ³	14,48
Натрий	мг/дм ³	450-650
Калий	мг/дм ³	45-68
Магний	мг/дм ³	2-848
Железо	мг/дм ³	0,01
Медь	мг/дм ³	0,04-4,65
Цинк	мг/дм ³	11,8

Рассматриваемые полимерные материалы помещались в агрессивную среду, и далее происходило наблюдение с фиксированием изменения их массы и линейных размеров. Испытание проводилось в течение 8, промежуточный контроль изменения массы образцов и их линейных размеров осуществлялся в с интервалами: 1-2-4-8 недель.

3.2.2 Результаты проведённых исследований

Оценка химической стойкости проводилась для полиэтилена низкого давления, поскольку он показал лучшие по сравнению с рассматриваемыми вариантами прочностные свойства. Образцы полиэтилена низкого давления помещались в стеклянные колбы с модельными растворами агрессивных сред ($\text{Ph} < 2$ и $\text{pH} > 12$). Раз в 2-3 суток растворы перемешивались на магнитной мешалке в течение 10-15 минут, замерялся водородный показатель. На 1, 2, 4 и 8 неделях эксперимента проводилась фиксация массы и геометрических параметров образцов. За указанный период времени у образцов отсутствовали визуальные изменения, сохранились геометрические размеры, со второй недели эксперимента произошло незначительное увеличение массы на 0,2%. Таблица с изменениями массы образцов в период проведения испытания представлена в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Изменение массы образцов в период проведения опыта

Дата	Период	Масса (кислая среда), г	Масса (щелочная среда), г
2021.04.14	Начало эксперимента	11,460	11,190
2021.04.21	1 неделя	11,480+0,174%	11,212+0,196%
2021.04.28	2 неделя	11,484+0,209%	11,213+0,205%

Продолжение таблицы 3.3

Дата	Период	Масса (кислая среда), г	Масса (щелочная среда), г
2021.05.12	4 неделя	11,483+0,200%	11,247+0,510%
2021.06.09	8 неделя	11,467+0,061%	11,229+0,347%

Контрольное взвешивание происходило после завершения эксперимента, образцы полиэтилена низкого давления предварительно помещались в сушильный шкаф на 2,5 часа при температуре 50 °С. После 1 и 2 недели эксперимента наблюдается незначительное увеличение массы обоих образцов в пределах 0,2 % по массе. На 4 масса образца в кислой среде незначительно уменьшается (в пределах погрешности прибора), масса образца в щелочной среде увеличивается в 2,5 раза. Это объясняется образованием гидроксида кальция, входящего в состав модельного раствора и его частичное осаждение на образце. После выдерживания образцов в сушильном шкафу по окончании эксперимента из образцов удаляется поверхностная влага. По результатам измерения, образец, выдержанный в кислой среде, увеличился на 0,061% по массе, образец, выдержанный в щелочной среде, – на 0,347 % (с учетом осадка гидроксида кальция).

После опыта образцы подверглись разрушению на испытательной машине Tinius Olsen HK75S. Изменений прочностных характеристик не зафиксировано.

3.3 Выводы к главе 3

Определены прочностные характеристики вторично-переработанных синтетических полимеров: полипропилена, полиэтилена низкого давления, полиэтилена высокого давления. Вторично-переработанный полиэтилен низкого давления выбран в качестве основы противofильтрационного материала.

За время проведение эксперимента по определению химической устойчивости (8 недель) у образцов отсутствовали визуальные изменения, сохранились линейные размеры, со второй недели эксперимента произошло незначительное увеличение массы на 0,2%. К концу эксперимента образец,

находящийся в кислой среде увеличился на 0,061 % от первоначальной массы, а образец, находящийся в щелочной среде, – на 0,51% по массе.

Изменений прочностных характеристик при разрушении образцов на испытательной машине после выдерживания в модельных растворах не зафиксировано.

При проведении эксперимента, полиэтилен низкого давления показал устойчивость к воздействию кислотной и щелочной сред.

ГЛАВА 4 ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДЛАГАЕМОГО СПОСОБА КОНСЕРВАЦИИ

Консервацию хвостохранилища Гайского ГОКа предлагается осуществить с применением вторично переработанного полиэтилена низкого давления толщиной 3-4 мм, изготовленного при температуре 160-190 °С в составе конструкции противофильтрационного экрана, состоящего из выравнивающего слоя из скальных грунтов, подстилающего слоя песка крупностью не более 3 мм и $K_f = 10^{-4}$ м/с, мощностью 0,15 м, полиэтилена низкого давления, толщиной слоя 3,0-4,0 мм, дренажного слоя из песка крупностью не более 3 мм и $K_f = 10^{-4}$ м/с мощностью 0,15 м, слоя грунта мощностью 0,2 м и системы водоотводных канав по периметру хвостохранилища для сбора и отвода ливневых вод [20]. Предварительно необходимо провести осушение существующего прудка хвостохранилища. Нанесение покрытия с уклоном порядка 3° позволит системе водоотводных каналов принимать чистые фильтрационные стоки и отводить их в русло существующего водного объекта – руч. Ялангас. Техника, необходимая для проведения работ по подготовке территории и проведению основных работ (автосамосвалы, бульдозеры, экскаватор, вибротрамбовка) учтены в затратах на проведение работ. Для определения возможности нахождения перечисленной техники на пляже хвостохранилища необходимо проведение дополнительных исследований, которые не выполнялись в настоящей работе. Консервация хвостохранилища Гайского ГОКа указанным способом позволит сохранить ценные компоненты и предотвратить формирование техногенного гидрогеохимического потока [33-35]. Предлагаемая конструкция противофильтрационного экрана изображена на рисунке 4.1.

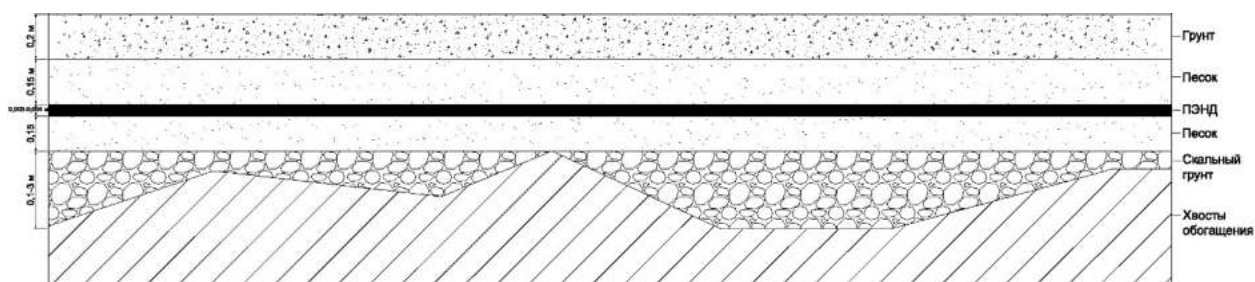


Рисунок 4.1 – Конструкция противодиффузионного экрана

4.1 Расчёт ущерба поверхностным и подземным водам

В соответствии с Постановлением Правительства РФ № 255 от 3 марта 2017 г. размер ущерба, который может быть нанесен поверхностным водам и подземным водам, определяется как размер платы за сверхлимитный сброс (с применением повышающего коэффициента 25). Ставки платы принимались в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 913 (с учётом дополнительного коэффициента 1,08 на 2021 год). Поскольку при проведении консервации хвостохранилища на площади около 190 Га с применением противодиффузионного экрана из вторично-переработанного полиэтилена низкого давления безвозвратная фильтрация с территории хвостохранилища практически исключается, размер предотвращённого вреда природным водам равняется размеру возможного ущерба [30, 37]. Расчёт проводился по формуле 4.1:

$$I_{\text{в}} = P_{\text{ср}} = \sum M_{\text{ср}i} \times H_{\text{пл}i} \times K_{\text{от}} \times K_{\text{ср}}, \quad (4.1)$$

где $M_{\text{ср}i}$ — платежная база за выброс или сброс соответствующего i -го загрязняющего вещества, определяемая лицом, обязанным вносить плату, за отчетный период как разница между массой или объемом выбросов или сбросов загрязняющих веществ в количестве, превышающем установленные в соответствующих разрешениях выбросы или сбросы загрязняющих веществ, и массой или объемом лимитов на выбросы и сбросы либо при их отсутствии нормативно допустимых выбросов или сбросов загрязняющих веществ, тонна (м^3);

$H_{\text{пл}i}$ — ставка платы за выброс или сброс i -го загрязняющего вещества

в соответствии с постановлением №913, рублей;

$K_{от}$ — дополнительный коэффициент к ставкам платы в отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с федеральными законами, равный 2. Так как объект не находится под особой охраной $K_{от} = 1$.

$K_{ср}$ — коэффициент к ставкам платы за выброс или сброс соответствующего i -го загрязняющего вещества за объем или массу выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ, превышающих установленные разрешениями на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, разрешениями на сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду, равный 25.

Исходные данные и результаты расчета ущерба, нанесенного поверхностным водам, представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Расчет предотвращенного ущерба поверхностным и подземным водам

Загрязняющ ее вещество	Концентра- ция, мг/дм³	Объем сброса, млн. л	Масса ЗВ, т	Ставка платы за 1 т ЗВ в пределах установленных лимитов, руб.	Плата за сброс, руб.
1	2	3	4	5	6
Калий	5,33	95,3	0,5079490	16,6	8
Натрий	121,6		11,5884800	6,7	78
Кальций	174,2		16,6012600	3,2	53
Магний	54,6		5,2033800	14,9	78
Марганец	2,38		0,2268140	73553,2	16683
Хлориды	410		39,0730000	2,4	94
Железо общее	121,6		11,5884800	5950,8	68961
Сульфаты	1533		146,0949000	6	877
Алюминий	20,6		1,9631800	18388,3	36100
Медь	0,396		0,0377388	735534,3	27758
Никель	0,057		0,0054321	73553,2	400
Свинец	0,067		0,0063851	99172,1	633
Цинк	0,302		0,0287806	73553,2	2117
Промежуточный итог					153 838
С учетом коэффициента, учитывающего сверхлимитный сброс			25		3 845 952
С учетом коэффициента индексации платы			1,08		4153629

В результате расчёта определён размер предотвращённого ущерба природным водам, который составит 4,16 млн. рублей в год.

4.2 Расчёт удельной стоимости проведения работ

Для определения экономической целесообразности применения технологии, необходимо рассчитать затраты на реализацию технологии и сравнить затраты с затратами на реализацию аналогичных существующих технологий по формулам 4.2, 4.3. [3, 29]:

$$\mathcal{E} = \mathcal{Z}_1 - \mathcal{Z}_2 \quad (4.2)$$

При этом затраты на реализацию технологии вычисляют по формуле:

$$\mathcal{E} = C + K \quad (4.3)$$

где C – затраты на покупку приобретение материала;

K – затраты на выполнение работ (капитальные).

Расчёт затрат на реализацию технологии проводился укрупненный и включал: расчёт затрат укладку противofильтрационного экрана; приобретение и монтаж геомембран; приобретение гранул вторично переработанного полиэтилена низкого давления и его укладка.

Результаты укрупненных расчётов затрат на реализацию природоохранных технологий с применением в качестве противofильтрационного слоя геомембран, бентонитовых матов и предлагаемого вторично переработанного полиэтилена низкого давления представлены в таблицах 4.2., 4.3.

Таблица 4.2. Затраты на приобретение сравниваемых материалов

Материал	Расход материалов, м ²	Стоимость за единицу, руб./м ²	Полная стоимость, млн. руб.
Геомембрана	1900000 м ²	400 руб./м ²	760
Бентонитовые маты	1900000 м ²	310 руб./м ²	589
вторично-переработанные гранулы ПЭНД	1900000 м ² 3,43 кг/м ²	80 руб./кг	521,5

Таблица 4.3 – Затраты на выполнение работ по реализации природоохранной технологии для сравниваемых материалов

Материал	Площадь работ	Стоимость работ на единицу, руб./м ²	Полная стоимость, млн. руб.
Геомембрана	1900000 м ²	60	114
Бентонитовые маты	1900000 м ²	50	95
Вторично переработанные гранулы ПЭНД	1900000 м ²	60	114

При консервации хвостохранилища с применением конструкции противofильтрационного экрана из вторично переработанного полиэтилена низкого давления, удельная стоимость работ составит порядка 335 руб/м².

Ориентировочная стоимость потенциального техногенного сырья, накопленного в хвостохранилище, с учётом цен, установленных на Лондонской бирже металлов по состоянию на июнь 2021 года, оценивается порядка 5 млрд. долларов.

4.3 Выводы к главе 4

Защита окружающей среды и сохранение потенциального минерального сырья в отходах обогащения на этапе завершения эксплуатации хвостохранилища Гайского ГОКа должно достигаться путём его консервации с применением конструкции противofильтрационного экрана, состоящего из выравнивающего слоя скальных грунтов, подстилающего слоя песка крупностью не более 3 мм и $K_f = 10^{-4}$ м/с, мощностью 0,15 м, полиэтилена низкого давления, толщиной слоя 3,0-4,0 мм, изготовленного при температуре исходного материала 160-190°C, дренажного слоя из песка крупностью не более 3 мм и $K_f = 10^{-4}$ м/с толщиной 0,15 м, слоя грунта мощностью 0,2 м и системы водоотводных канав по периметру хвостохранилища для сбора и отвода ливневых вод.

Ущерб, нанесённый поверхностным водам и подземным водам, определяется как размер платы за сверхлимитный сброс. Рассчитан размер предотвращённого ущерба природным водам, который составит 4,16 млн. рублей в год.

Удельная стоимость работ при консервации хвостохранилища ПАО «Гайский ГОК» с применением конструкции противofильтрационного экрана из вторично переработанного полиэтилена низкого давления, составит порядка 335 руб./м².

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащей новое решение актуальной проблемы обеспечения экологической безопасности при хранении отходов обогащения медных руд Гайского месторождения после прекращения эксплуатации хвостохранилища путем его консервации с применением в качестве противofiltrационного покрытия материала, изготовленного из вторично переработанного полиэтилена низкого давления.

Основные выводы работы, отражающие научную и практическую значимость, заключаются в следующем:

1) Выявлен механизм формирования техногенных гидрогеохимических ореолов в районе расположения хвостового хозяйства ПАО «Гайский горно-обогатительный комбинат».

2) Произведена оценка свойств хвостов обогащения Гайского горно-обогатительного комбината в аспекте их отнесения к потенциальному минеральному сырью.

3) Разработан способ снижения негативного воздействия хвостового хозяйства на компоненты природной среды с применением новых кислотоустойчивых материалов для гидроизоляции хвостохранилища ПАО «Гайский горно-обогатительный комбинат».

4) В соответствии с действующим законодательством РФ рассчитан предотвращенный экологический ущерб, который составил 4,16 млн рублей в год, а также определена удельная стоимость работ при проведении консервации хвостохранилища с применением в качестве противofiltrационного экрана конструкции из вторично переработанного полиэтилена низкого давления, которая составляет 335 руб./м².

Перспективы дальнейшего развития темы диссертации состоят в детальном изучении форм нахождения полезных компонентов в отходах обогащения Гайского ГОКа с целью подбора наиболее оптимальной технологии обогащения и переработки техногенного сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдрахманов, Р.Ф. Геохимия и формирование подземных вод Южного Урала / Абдрахманов Р.Ф., Попов В.Г.; отв. ред. чл.-корр. РАН В.Н. Пучков. – Уфа: АН РБ, Гилем, 2010. – 420 с.
2. Абдыкирова, Г. Ж. Исследование возможности извлечения золота из лежалых хвостов золотоизвлекательной фабрики / Абдыкирова Г. Ж., Бектурганов Н. С., Дюсенова С. Б., Танекеева М. Ш., Сукуров Б. М. // Обогащение руд. 2015. №3 DOI:10.17580/or.2015.03.08.
3. Акименко, Д.О. Снижение экологической опасности рудных штабелей кучного выщелачивания золотоносных руд // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 25.00.36. – СПб, 2014. – 183 с.
4. Алфёрова, Н. С. Теоретические основы, методы исследований и защиты гидросферы горнорудных районов Оренбуржья : диссертация ... кандидата технических наук : 25.00.36. – Пермь, 2006. – 252 с.
5. Артамонова, С. В. Факторы техногенного преобразования природных компонентов на Гайском месторождении / Артамонова С. В., Калиев А. Ж. // Вестник ОГУ. 2011. №12 (131). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/factory-tehnogennogo-preobrazovaniya-prirodnyh-komponentov-na-gayskom-mestorozhdenii> (дата обращения: 29.05.2021).
6. **Бабенко, Д.А.** Использование вторичных полимеров для обеспечения экологической безопасности складирования минеральных отходов горно-обогатительного комбината Южного Урала // Опыт прошлого – взгляд в будущее: 7-я Международная научно-практическая конференция молодых ученых и студентов: материалы конференции, Тула, 02-03 ноября 2017 года. - Тула: Тульский государственный университет, 2017. - С. 271-275.
7. **Бабенко, Д.А.** Проблемы обеспечения экологической безопасности при складировании отходов обогащения медных руд // XVII Всероссийской конференции-конкурса студентов и аспирантов: сборник тезисов, Санкт-Петербург, 27-29 марта 2019 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2019. – С. 86.

8. Балыков, А. А. Проточный биореактор для исследования бактериально-химического выщелачивания сульфидных медно-никелевых руд и концентратов / Балыков, А. А., Левенец, О. О., Хайнасова, Т. С. // Записки Горного Института. Том 232. С. 383. DOI: [10.31897/pmi.2018.4.383](https://doi.org/10.31897/pmi.2018.4.383).
9. Бересневич, П.В. Охрана окружающей среды при эксплуатации хвостохранилищ / Бересневич П.В., Кузьменко П.К., Неженцева Н.Г. – М.: Недра, 1993. – 128 с.
10. Булатов, К.В. Современные технологии переработки техногенного сырья /под общей ред. Генерального директора ОАО «Уралмеханобр», к.т.н., К.В. Булатова и док. техн. наук Г.И. Газалеевой // Научно-исследовательский и проектный институт обогащения и механической обработки полезных ископаемых – ОАО «Уралмеханобр», 2019 – 200 с.
11. Бывальцев, А. В. Разработка рациональной технологии извлечения золота из хвостов Учалинской обогатительной фабрики / Бывальцев А. В., Шарипов Р. Х., Васильев Е. А., Рудой Г. Н. // Обогащение руд. 2019. №5. 10.17580/or.2019.05.09.
12. Вайсберг, Л.А. Введение в технологию разделения минералов / Л.А. Вайсберг, И.Д. Устинов. – СПб : Русская коллекция, 2019. – 168 с.
13. Виноградов, Г.В. Реология полимеров / Виноградов Г.В., Малкин А.Я. – М.: Химия. –1977. – 439 с.
14. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. Изд. 7-е, пер. и доп. В трёх томах. Том III. Неорганические и элементографические соединения / Под ред. засл. деят. науки проф. Н.В. Лазарева и докт. биол. наук проф. И.Д. Гадаскиной. Л., «Химия», 1977.
15. Гавришев, С.Е. Обоснование технологии создания водонепроницаемых экранов с использованием донных отложений хвостохранилищ / С. Е. Гавришев, И. Т. Мельников, И. И. Мельников, И. А. Пыталев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – № 9. – С. 379-383.
16. Гальперин, А.М. Техногенные массивы и охрана природных ресурсов: Учебное пособие для вузов: В 2 т. / Гальперин А.М., Фёрстер В., Шеф Х.-Ю. –

- М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2006.
17. Гальперин, А.М. Управление состоянием намывных массивов на горных предприятиях. – М.: Недра, 1988. – 199 с.
 18. Гуль, В.Е. Структура и прочность полимеров. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1978. – 328 с.
 19. Зелинская, Е. В., Проблемы и перспективы эффективной переработки минерального сырья в 21 веке («Плаксинские чтения–2019») / Зелинская Е. В., Федотов К. В. // Обогащение руд. 2019. №60. DOI 10.17580/or.2019.06.11.
 20. Инструкция по проектированию и строительству противофильтрационных устройств из полиэтиленовой пленки для искусственных водоёмов СН 551-82 / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1983. – 40 с.
 21. Койжанова, А. К. Исследования технологии извлечения золота из отработанных штабелей руды кучного выщелачивания / Койжанова А. К., Кенжалиев Б. К., Кульдеев Е. И., Камалов Э. М. // Обогащение руд. 2020. №1. DOI 10.17580/or.2019.03.09.
 22. Кричевский, И.Е. Вопросы применения полиэтилена в конструкциях противофильтрационных устройств плотин из местных материалов. – Л.: Энергия, 1967. – С. 92.
 23. Макаров, А.Б. // Техногенные месторождения минерального сырья. Соросовский образовательный журнал, том 6, №8, 2000.
 24. Матвеева, В.А. Оценка и снижение техногенного воздействия ОАО "Ковдорский ГОК" на поверхностные воды : диссертация ... кандидата технических наук : 25.00.36. – Санкт-Петербург, 2015. – 212 с.
 25. Мелик-Гайказов, И.В. Экономическая эффективность утилизации отходов обогащения и подготовки резервной сырьевой базы предприятия / И. В. Мелик-Гайказов // Труды Карельского научного центра РАН. –№ 6. – 2012. – С. 172–181.
 26. Минчукова, М.Е. Использование геосинтетических материалов при строительстве земляных сооружений различного назначения // Наука и

Техника. – 2006. – № 3. – С. 25-29.

27. Патент № 2374386 С1 Российская Федерация, МПК E02B 3/16. Способ создания противofильтрационного экрана с геомембраной из полимерного материала : № 2008128742/03 : заявл. 14.07.2008 : опубл. 27.11.2009 / С. П. Вострецов, А. П. Каменчук, С. Н. Полошкин, В. М. Попов ; заявитель Открытое акционерное общество "Уральский научно-исследовательский и проектный институт галургии" (ОАО "Галургия"), Закрытое акционерное общество "Уралсибспецстрой".

28. Патент № 2555450 С2 Российская Федерация, МПК E02B 3/16, E02B 3/12, E02D 17/10. Способ создания противofильтрационного покрытия на накопителях жидких отходов : № 2013144167/13 : заявл. 01.10.2013 : опубл. 10.07.2015 / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, А. В. Ищенко, О. А. Баев ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Южный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации".

29. Пашкевич, М. А. Исследование миграции загрязняющих веществ с территорий техногенных массивов Кольского полуострова / Пашкевич М. А., Матвеева В. А., Данилов А. С. // Обогащение руд. 2019. №1. DOI. 10.17580/gzh.2019.01.04.

30. Пашкевич, М.А. Техногенные массивы и их воздействие на окружающую среду. – Спб.: СПГГИ (ТУ), 2000. - 230 с.

31. Пашкевич, Н. В. Управление эколого-экономическим риском негативного воздействия отходов горно-металлургического производства / Пашкевич, Н. В., М. А. Пашкевич, Т. А. Петрова // Записки Горного Института. Том 166. С. 68.

32. Почечун, В.А. Применение системного подхода при изучении природно-техногенных геосистем / В.А. Почечун, Ю.Л. Мельчаков, Д.А. Бабенко // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2014. – Т. 19. – № 5. – С. 1551-1554.

33. Рекомендации по проектированию и строительству противofильтрационных устройств из полимерных рулонных материалов. -

СПб. НИИ АКХ им. К.Д. Памфилова, 1999. – 40 с.

34. Рекомендации по проектированию и строительству противофильтрационных экранов, а также сейсмоизоляции и виброзащиты зданий и сооружений с применением геомембран «ПромГеоПласт» Шифр ТР-ПП-13. – Новосибирск. – 2013. – 30 с.

35. Рекомендации по проектированию и строительству противофильтрационных устройств из полимерных рулонных материалов. СПб. – НИИ АКХ им К.Д. Памфилов, 1999. – 40 с.

36. Рекомендации по проектированию и строительству шламонакопителей и хвостохранилищ металлургической промышленности / ВНИИ ВОДГЕО. – М.: Стройиздат, 1986. – 128 с.

37. Сает, Ю. Е. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Сает, Б. А. Ревич, Е. П. Янин и др.— М.: Недра, 1990. – 335 с.

38. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020612187 Российская Федерация. Программа для комплексной оценки степени загрязнённости поверхностных вод: № 2020611124: заявл. 05.02.2020: опубл. 18.02.2020 / **Д.А. Бабенко**, Г.Д. Горелик, М.А. Пашкевич; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»

39. Семячков, А. Методологические особенности оценки экономического ущерба от неблагоприятных экологических последствий в условиях территорий с развитым горнопромышленным комплексом / Семячков А., Славиковская Ю., Почечун В. // Экология и промышленность России. 2018;22(4):46-51. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2018-4-46-51>.

40. Стриженок, А.В. Управление экологической безопасностью намывных техногенных массивов ОАО "Апатит" в процессе их формирования : диссертация ... кандидата технических наук : 25.00.36. – Санкт-Петербург, 2015. – 184 с.

41. Тагер, А.А. Физико-химия полимеров / Тагер А.А. Издание 4-е, переработанное и дополненное. – М.: Научный мир, 2007. – 576 с.

42. Теляков, Н.М. Перспективы применения биотехнологий в металлургии и обогащении / Н. М. Теляков, А. А. Дарьин, В. А. Луганов // Записки Горного Института. Том 217. С. 113.
43. Токмачев, Е.И. Гидрогеология СССР. Том XLIII. Оренбургская область (Оренбургское гидрогеологическое управление) / Редактор Е.И. Токмачев. М. «Недра», 1972, 272 с.
44. Феттес, Е. Химические реакции полимеров. Том 1 / под ред. Е. Феттеса; пер. с англ. под ред. д.т.н., профессора З.А. Роговина. – Москва. : Мир, 1967. – 504 с.
45. Феттес, Е. Химические реакции полимеров. Том 2 / под ред. Е. Феттеса; пер. с англ. под ред. д.т.н., профессора З.А. Роговина. – Москва. : Мир, 1967. – 536 с.
46. Харько, П.А. Обоснование применения и разработка комплекса мероприятий по защите природных вод в районе расположения хвостовых хозяйств на примере горно-обогатительных комбинатов Южного Урала / П.А. Харько, **Д.А. Бабенко** - DOI 10.24411/2413-046X-2019-19056 // Московский экономический журнал. – 2019. – № 9. – С. 11.
47. Харько, П.А. Оценка воздействия медно-колчеданных месторождений на формирование минерального состава донных отложений малых рек / Харько П.А., Плохов А.С. // Вестник Евразийской науки, 2019 №6, <https://esj.today/PDF/92NZVN619.pdf> (доступ свободный).
48. Чантурия, В. А. Научное обоснование и разработка инновационных процессов комплексной переработки минерального сырья // Горный журнал. 2017. № 11. С. 7–13. DOI: 10.17580/gzh.2017.11.01.
49. Чантурия, В.А. Технология обогащения медных и медно-цинковых руд Урала / под общ. ред. акад. РАН В.А. Чантурия и докт. техн. Наук И.В. Шадруновой; Ин-т проблем комплекс. освоения недр РАН. – М. : Наука, 2016. – 387 с.
50. Чантурия, Е. Л. Современные проблемы комплексной переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья (Плаксинские чтения — 2017) / Чантурия, Е.Л., Козлов, А.П. // Обогащение руд. 2017. №6.
51. Шлее, Ю. Современные технологии строительства полигонов для

захоронения отходов с использованием геосинтетических материалов / Ю. Шлее, Х. Н. Никогосов, А. А. Ткачев // Экология и промышленность России. – 2003. – № 1. – С. 18-22.

52. **Babenko, D. A.** Study of the composition and properties of the copper ore processing tailings of pjsc gaysky mining and processing plant / Babenko, D.A., Pashkevich, M. A. – DOI 10.17580/or.2021.02.08 // Obogashchenie Rud. – 2021. – No 2. – pp. 47-52.

53. **Babenko, D.** Reducing the negative impact of technogenic massifs' hazardous wastes on the quality of environmental components // 58 Konferencja Studenckich Kół Naukowych Pionu Górniczego AGH. – Krakow. – 1-9 grudnia. – 2017. – p. 120.

54. **Babenko, D.** Reducing the negative impact of technogenic massifs' hazardous wastes on the quality of environmental components / Babenko D., Pashkevich M. // The volume of XV International forum-contest of students and young researches “Topical Issues Of Rational Use Of Natural Resources”, Saint-Petersburg, 13th-19th March, 2019. - Saint-Petersburg: Saint-Petersburg Mining University, 2019. – p. 271.

55. **Babenko, D.** The use of secondary polymers to ensure environmental safety storage of mineral waste ore-dressing and processing enterprise in the Southern Urals (2020) - DOI 10.1201/9781003017226-15 // Scientific and Practical Studies of Raw Material Issues-Proceedings of the Russian- German Raw Materials Dialogue: A Collection of Young Scientists Papers and Discussion. – 2019. – pp. 103-107.

56. **Babenko, D.** The use of secondary polymers to ensure environmental safety storage of mineral waste ore-dressing and processing enterprises // Scientific reports on resource issues. Volume 1. Technische Universität Bergakademie Freiberg, June 5th-7th 2019. - Freiberg: Medienzentrum der TU Bergakademie Freiberg, 2019. – pp. 160-164.

57. **Babenko, D.A.** Water quality management at the tailings storage facility of the Gaisky mining and processing plant / Babenko D.A., Pashkevich M.A., Alekseenko A.V. // Rocznik Ochrona Srodowiska. – 2020. – No 22 (1). – pp. 214-225.

58. Gałuszka, A. Geochemical anomalies of trace elements in unremediated soils of Mt. Karczówka, a historic lead mining area in the city of Kielce, Poland / Gałuszka,

A., Migaszewski, Z.M., Dołęgowska, S., Michalik, A. // Science of the Total Environment 639, pp. 397-405.

59. Plokhov, A.S. Study of the ways to utilize ore dressing tailings for obtaining a useful component / A. S. Plokhov, M. A. Pashkevich, A. E. Isakov, M. A. Chukaeva // Topical Issues of Rational Use of Natural Resources - Proceedings Of The International Forum-Contest of Young Researchers, 2018, St. Petersburg, 18–20 апреля 2018 года. – St. Petersburg, 2019. – P. 379-386.

60. Semyachkov, A.I. Man-Made Mineral Formations as the Source of Impact on the Environment and the Source of Mineral Resources / Semyachkov A.I., Balashenko, V.V., Pochechun, V.A., Kuchin, V.V. // Proceedings of the 2018 IEEE International Conference Management of Municipal Waste as an Important Factor of Sustainable Urban Development", WASTE. November 2018, Pages 75-78. DOI 10.1109/WASTE.2018.8554128.

61. Zhang, Z. Changes in particle size composition under seepage conditions of reclaimed soil in Xinjiang / Zhang, Z., Sui, W., Wang, K., Tang, G., Li, X. // Processes. – China. – № 6(10). – 2018. – p. 18.

62. Zubala, T. Time and Space Variability of Water Quality in the Inner-city River in Lublin from the Aspect of Existing Natural and Land Use Conditions // Rocznik Ochrona Środowiska. – № 21. – pp. 712-727.

ПРИЛОЖЕНИЕ А Свидетельство о государственной регистрации программы ЭВМ

25.05.2020 ПрЭВМ №2020612187

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

RU**2020612187**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

Номер регистрации (свидетельства): <u>2020612187</u> Дата регистрации: 18.02.2020 Номер и дата поступления заявки: 202061112405.02.2020 Дата публикации: 18.02.2020 Контактные реквизиты: нет	Авторы: Бабенко Дмитрий Александрович (RU), Горелик Глеб Дмитриевич (RU), Пашкевич Мария Анатольевна (RU) Правообладатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (RU)
---	---

Название программы для ЭВМ:

ПРОГРАММА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЁННОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Реферат:

Программа предназначена автоматизации процессов обработки и обобщения информации химического состояния поверхностных вод. Программа может быть использована в учебном процессе при освоении обучающимися дисциплины «Методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг» профилей подготовки «05.03.06 Природопользование», «21.05.04 Горнопромышленная экология», «21.05.04 Горнопромышленная экология». Программа позволяет произвести расчёт системы показателей комплексной оценки и классификацию качества поверхностных вод на основе гидрохимических показателей. Возможно определение следующих показателей: предварительная оценка степени загрязнённости воды водных объектов с помощью коэффициента комплексности загрязнённости воды; расчёт комбинаторного индекса загрязнённости воды, включающий повторяемость случаев загрязнённости воды, среднее значение кратности превышения предельно допустимых концентраций, обобщённый оценочный балл; определение удельного комбинаторного индекса загрязнённости воды. Тип ЭВМ: IBM PC - совмест. ПК; ОС: Windows 7/8/10.

Язык программирования: Matlab

Объем программы для ЭВМ: 344 Кб

https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2020612187&TypeFile=html

1/1

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б Паспорта скважин по изучению режима
подземных вод**

ПАСПОРТ
точки по изучению режима подземных вод
наблюдательная скважина № 5

2004 год

ПАСПОРТ

наблюдательной точки по изучению режима подземных вод
Буровая скважина № 5

1. Подробный адрес: ОАО „ГАЙСКИЙ ГОК“
(административная привязка)
г. Гай, ул. Промышленная, д. 1 Гайское месторождение
организация – владелец и ее адрес, телефон, техногенный объект

2. Местоположение в рельефе: Хвостохранилище

3. Расстояние от ближайшего водотока или водоема
превышение над его уровнем

13. Абсолютная отметка устья 348.06 5. Координаты X=24500.0, Y=73300.0

6. Репер № абс. Отметка м, расстояние точки от репера м.

7. Скважина начата 19.10.95, окончена 19.10.95

8. Глубина 90 м. 9. Диаметр сечения 190 мм 10. Способ бурения КОЛОНКОВЫЙ

11. Технология бурения

12. Организация, бурившая скважину ГПИ

13. Характеристика вскрытых водоносных интервалов

№ п/п	Наименование водоносных пород	Интервал залегания, (м)		Установившийся уровень, (м) Глубина Абс. Отм	Возраст (индекс)
		от	до		
1	ГЛИНЫ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ	7.0	9.0	<u>3.5</u> <u>344.56</u>	<u>Л-Рз</u>
2					
3					

14. Тампонаж: глубина -, назначение -, способ -, ЗАТРУБНОЕ ПРОСТРАНСТВО ДО ГЛУБИНЫ 2м УПАКОВАНО ГЛИНОЙ
результаты проверки

15. Возраст и название наблюдаемого водоносного слоя, литология. Л-Рз Глины
КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ
мощность 1.1 м

16. Дата оборудования наблюдательной скважины 19.10.95

17. Откачка произведена (чем и когда)

гидрогеологические параметры:

18. Время открытия наблюдательной точки 20 г.,
время закрытия 20 г.

19. Патрубок над поверхностью земли 0.9 м.

20. Абсолютная отметка верха трубы 348.96 м, марки для замеров м.
местонахождение марки

25. Химический состав воды на момент сооружения (открытия) пункта:

Глубина взятия пробы

Дата: взятия пробы

получения пробы лабораторией

производства анализа пробы

Температура воды во время взятия пробы 25°C

Наименование организации, проводившей анализ *ОАО "Ижевский ЦОК"*

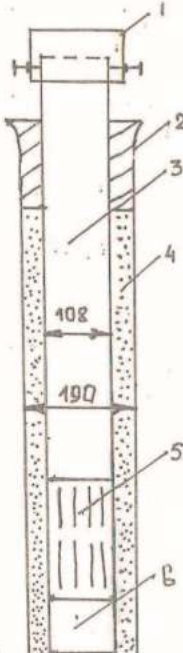
Катионы	Содержание, г/дм^3				Другие определения		
	мг	мг-экв	%, мг-экв	м/моль	Жесткость:	мг-экв	моль/ дм^3
Na ⁺					Общая		
K ⁺					Устранимая		
NH ₄ ⁺					Постоянная		
Ca ²⁺	376				Карбонатная		
Mg ²⁺	68,9				Некарбонатная		
Sr ²⁺							
Fe ²⁺							
Fe ³⁺					pH 6.6		
Al ³⁺					Уд. вес		
Mn ²⁺	0,15				CO ₂ свободная, мг/дм^3		
Cu ²⁺	0,16				эксперим.		
Zn ²⁺	0,085				CO ₂ agr вычислен. мг/дм^3		
Pb ²⁺					ПАВ, мг/дм^3		
Mo ⁶⁺					Окисляемость мгО/дм^3	552	
As ⁵⁺							
Se ⁶⁺					SiO ₂ мг/дм^3		
Be ²⁺					H ₂ S мг/дм^3		
Ba ²⁺					Нефтепродукты, мг/дм^3	4,25	
Cd ²⁺					Фенольный индекс, мг/дм^3		
B ³⁺					Сухой остаток эксп., мг/дм^3		
Ni ²⁺							
Hg ²⁺					ТСО		
Cr ⁶⁺							
CN ⁻							
Итого			100		Сухой остаток вычисл., мг/дм^3		
Анионы	мг	мг-экв	% мг-экв	м.моль	Минерализация, г/дм^3		
Cl ⁻	1612,8						
SO ₄ ²⁻					Физические свойства		
NO ₃ ⁻					Мутность, мг/дм^3		
NO ₂ ⁻					Цветность (град.)		
CO ₃ ²⁻					Вкус		
HCO ₃ ⁻	2,0				Запах		
F ⁻					Осадок		
I ⁻					Изменение при стоянии		
Br ⁻					Примечание		
U ⁶⁺							
Итого			100				

Формула ионного состава воды

* компоненты, определяемые лабораторией ГОКа

26. Приустьевые сооружения

27. Геолого-технический разряд

№ пп	Гео- лог.возр аст по- род	Краткое описание пород	Глубина подошвы пласта, м	Мощность пласта, м	Конструкция скважины (рисунок)
1	2	3	4	5	6
1.	Q	почвенно- распильный слой	0.3	0.3	 МАСШТАБ 1-ОСОЛОВОК; 2-СЛИЗЫВАЮЩАЯ ЗАПЕЧАТКА; 3-ГРУХЧАСТЫЙ ПРУДЫ; 4-ЩЕБЕНКА; 5-РАБОЧАЯ ЧАСТЬ С ФИЛЬТРОМ; 6-ОПТОНИК
2.	l-pz	глины коры выветривания, слоистая, по- лутвердая	9.0	8.7	
3.		скальные по- роды			

ПАСПОРТ
точки по изучению режима подземных вод
наблюдательная скважина № 17

2001 год

ПАСПОРТ

наблюдательной точки по изучению режима подземных вод
Буровая скважина № 17

1. Подробный адрес: ОАО "Гайский ГОК"
(административная привязка)
г. Гай, ул. Промышленная, д. 1. Лейское медноколчеданное м-це
организация – владелец и ее адрес, телефон, техногенный объект)

2. Местоположение в рельефе: Пруд Кисель-Воды

3. Расстояние от ближайшего водотока или водоема
превышение над его уровнем

13. Абсолютная отметка устья 369.0 5. Координаты X=24500.0, Y=73305.0

6. Репер № _____ абс. Отметка _____ м, расстояние точки от репера _____ м.

7. Скважина начата 22.05.96., окончена 22.05.96.

8. Глубина 8.2 м. 9. Диаметр сечения 190 мм 10. Способ бурения

11. Технология бурения

12. Организация, бурившая скважину

13. Характеристика вскрытых водоносных интервалов

№ п/п	Наименование водоносных пород	Интервал зале- гания, (м)		Установивший- ся уровень, (м) Глубина Абс. Отм.	Возраст (индекс)
		от	до		
1	Глины коры выветривания	5.5	8.2	<u>5.10</u> <u>368.9</u>	<u>е-Рз</u>
2					
3					

14. Тампонаж: глубина -, назначение -, способ -, затрубное пространство до глу-
результаты проверки бины 2м утрамбовано глиной

15. Возраст и название наблюдаемого водоносного слоя, литология. е-Рз
Глины коры выветривания
мощность 2.7 м

16. Дата оборудования наблюдательной скважины 22.05.96

17. Откачка произведена _____
(чем и когда)

гидрогеологические параметры:

18. Время открытия наблюдательной точки _____ 20 ____ г.,
время закрытия _____ 20 ____ г.

19. Патрубок над поверхностью земли: 1.05 м

20. Абсолютная отметка верха трубы 370.05 м, марки для замеров _____ м.
местонахождение марки _____

25. Химический состав воды на момент сооружения (открытия) пункта:

Глубина взятия пробы

Дата: взятия пробы

получения пробы лабораторией

производства анализа пробы

Температура воды во время взятия пробы

Наименование организации, проводившей анализ

ОАО "Гидрохим. ЛОК"

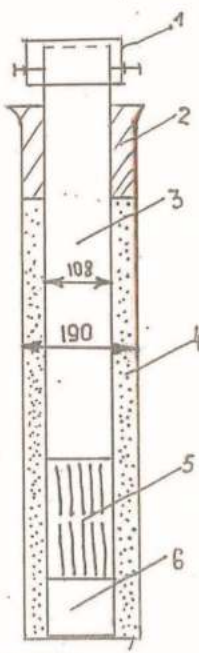
Катионы	Содержание, мг/дм ³				Другие определения		
	мг	мг-экв	%, мг-экв	м/моль	Жесткость:	мг-экв	моль/дм ³
Na ⁺					Общая		
K ⁺					Устранимая		
NH ₄ ⁺					Постоянная		
Ca ²⁺ *					Карбонатная		
Mg ²⁺ *					Некарбонатная		
Sr ²⁺							
Fe ²⁺ * _{общ}	11.13						
Fe ³⁺ *					pH = 8.3		
Al ³⁺					Уд.вес		
Mn ²⁺ *					CO ₂ свободная, мг/дм ³		
Cu ²⁺ *	0.042				эксперим.		
Zn ²⁺ *	0.039				CO ₂ agr вычислен. мг/дм ³		
Pb ²⁺ *					ПАВ, мг/дм ³		
Mo ⁶⁺					Окисляемость мгО/дм ³		
As ⁵⁺							
Se ⁶⁺					SiO ₂ мг/дм ³		
Be ²⁺					H ₂ S мг/дм ³		
Ba ²⁺					Нефтепродукты, мг/дм ³ = 0.054		
Cd					Фенольный индекс, мг/дм ³		
B.					Сухой остаток эксп., мг/дм ³ = 2706.0		
Ni							
Hg					ТСО -		
Cr							
CN							
Итого			100		Сухой остаток вычисл., мг/дм ³		
Анионы	мг	мг-экв	% мг-экв	м.моль	Минерализация, г/дм ³		
Cl ⁻ *	919.4						
SO ₄ ²⁻ *	696.7				Физические свойства		
NO ₃ ⁻					Мутность, мг/дм ³		
NO ₂					Цветность (град.)		
CO ₃ ²⁻ *					Вкус		
HCO ₃ ⁻ *					Запах		
F ⁻					Осадок		
I ⁻					Изменение при стоянии		
Br ⁻					Примечание		
U							
Итого			100				

Формула ионного состава воды

* компоненты, определяемые лабораторией ГИКА

26. Приустевые сооружения

27. Геолого-технический наряд

№ пп	Гео- лог.возр аст по- род	Краткое описание пород	Глубина подопшвы пласта, м	Мощность пласта, м	Конструкция скважины (рисунок)
1	2	3	4	5	6
1	Q	почвенно- растительный слой	0.4	0.4	 МАСШТАБ 1-ОГЛОВОК; 2-ГЛИНЯНЫЙ ЗАМОК; 3-ЛУЧАСТЬ ТРУБЫ; 4-ЩЕБЕНКА; 5-РАБОЧАЯ ЧАСТЬ С ФИЛЬТРОВА- НЬЮ; 6-ОТСТОЙНИК.
2	Q	суглинки плотные однородные	3.0	2.6	
3	л-рз	глины коры выветрива- ния	8.2	5.2	

ПАСПОРТ

точки по изучению режима подземных вод
наблюдательная скважина № 11

2002 год

ПАСПОРТ
наблюдательной точки по изучению режима подземных вод
Буровая скважина № 11

1. Подробный адрес: ОАО "Гайский ГОК"
(административная привязка)
г. Гай, ул. Промышленная, д. 1, Гайское месторождение
организация – владелец и ее адрес, телефон, техногенный объект)

2. Местоположение в рельефе.

3. Расстояние от ближайшего водотока или водосема
превышение над его уровнем

13. Абсолютная отметка устья 352,2 5. Координаты X=25576,0 Y=73314

6. Репер № абс. Отметка м, расстояние точки от репера м.

7. Скважина начата, окончена 22.08.98

8. Глубина 5,0 м. 9. Диаметр сечения мм 10. Способ бурения

11. Технология бурения

12. Организация, бурившая скважину

13. Характеристика вскрытых водоносных интервалов

№ п/п	Наименование водоносных пород	Интервал залегания, (м)		Установившийся уровень, (м) Глубина Абс. Отм.	Возраст (индекс)
		от	до		
1	Глины моры выветривания	3,5	5,0	<u>2,6</u> <u>357,09</u>	<u>Р-Рз</u>
2					
3					

14. Тампонаж: глубина -, назначение -, способ -,
результаты проверки

15. Возраст и название наблюдаемого водоносного слоя, литология.

мощность, м

16. Дата оборудования наблюдательной скважины

17. Откачка произведена (чем и когда)

гидрогеологические параметры:

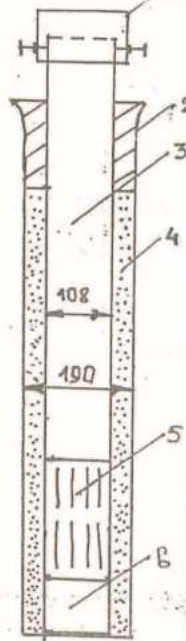
18. Время открытия наблюдательной точки 20 г.,
время закрытия 20 г.

19. Патрубок над поверхностью земли 11 м.

20. Абсолютная отметка верха трубы 353,5 м, марки для замеров
местонахождение марки

26. Приустевые сооружения

27. Геолого-технический наряд

№ пп	Гео- лог.возр аст по- род	Краткое описание пород	Глубина подожвы пласта, м	Мощность пласта, м	Конструкция скважины (рисунок)
1	2	3	4	5	6
1	Q	поверхностно- расклеванный слой	0.0	0.5	 МАСШТАБ 1-ОБЛОЖКА; 2-ГЛИНЯНЫЙ ЗАМОК 3-ЛУХЧАСТЬ ПРУБЫ 4-ЩЕБЕНКА; 5-РАБОЧАЯ ЧАСТЬ С ФИЛЬТРОПКА- НЬЮ; 6-ОТСТОЙНИК
2	л-Рз	Глины по			
3					

ПРИЛОЖЕНИЕ В Результаты мониторинга подземных и поверхностных вод

	осветленного пруда. Гайская промплощадка от 07.09.2015	Ионы цинка	0,14
		Железо общее	0,248
		Сульфат-ион	2297,8
		Хлорид-ион	485,69
		Взвешенные вещества	101,0
		Жесткость	23,4 °Ж
		Кальций	456,9
		Сухой остаток	6272,0
		Нефтепродукты	0,122
		Кобальт	н.о.
		Марганец	2,14
		Магний	7,3
6	р.Ялангас место выпуска сточных вод осветленного пруда. Гайская промплощадка от 07.09.2015	Водородный показатель	5,18
		Ионы меди	1,54
		Ионы цинка	0,156
		Железо общее	0,31
		Сульфат-ион	2287,1
		Хлорид-ион	489,21
		Взвешенные вещества	104,0
		Жесткость	24,6 °Ж
		Кальций	384,6
		Сухой остаток	4326,0
		Нефтепродукты	0,434
		Кобальт	0,0016
		Марганец	2,18
		Магний	65,66
2	р.Ялангас выше места выпуска сточных вод осветленного пруда. Гайская пром-площадка от 24.11.2015	Водородный показатель	7,56
		Ионы меди	0,003
		Ионы цинка	0,052
		Железо общее	0,096
		Сульфат-ион	1533,3
		Хлорид-ион	410,7
		Взвешенные вещества	95,0
		Жесткость	27,0 °Ж
		Кальций	340,7
		Сухой остаток	3248,0
		Нефтепродукты	0,182
		Кобальт	н.о.
		Марганец	0,300
		Магний	121,6
4	р.Ялангас ниже места выпуска сточных вод осветленного пруда. Гайская промплощадка от 24.11.2015	Водородный показатель	7,58
		Ионы меди	0,010
		Ионы цинка	0,049
		Железо общее	0,124
		Сульфат-ион	1533,4
		Хлорид-ион	401,0
		Взвешенные вещества	92,5
		Жесткость	26,8 °Ж
		Кальций	348,7
		Сухой остаток	3202,0

		Кальций	324,7
		Сухой остаток	2722,0
		Нефтепродукты	0,168
		Кобальт	н.о.
		Марганец	0,483
		Магний	82,7
4	р.Ялангас ниже места выпуска сточных вод осветленного пруда. Гайская промплощадка от 23.07.2015	Водородный показатель	7,48
		Ионы меди	н.о.
		Ионы цинка	0,003
		Железо общее	0,184
		Сульфат-ион	1312,7
		Хлорид-ион	356,6
		Взвешенные вещества	70,5
		Жесткость	22,4 ммоль/дм ³
		Кальций	320,6
		Сухой остаток	2746,0
		Нефтепродукты	0,348
		Кобальт	н.о.
		Марганец	0,397
		Магний	77,8
6	р.Ялангас место выпуска сточных вод осветленного пруда. Гайская промплощадка от 23.07.2015	Водородный показатель	7,93
		Ионы меди	н.о.
		Ионы цинка	0,008
		Железо общее	0,148
		Сульфат-ион	1290,5
		Хлорид-ион	393,2
		Взвешенные вещества	59,0
		Жесткость	23,8 ммоль/дм ³
		Кальций	320,6
		Сухой остаток	2822,0
		Нефтепродукты	0,326
		Кобальт	н.о.
		Марганец	0,290
		Магний	94,8
2	р.Ялангас выше места выпуска сточных вод осветленного пруда. Гайская пром-площадка от 07.09.2015	Водородный показатель	7,53
		Ионы меди	0,009
		Ионы цинка	н.о.
		Железо общее	0,12
		Сульфат-ион	1362,0
		Хлорид-ион	345,0
		Взвешенные вещества	46,5
		Жесткость	24,8 °Ж
		Кальций	296,6
		Сухой остаток	2826,0
		Нефтепродукты	0,236
		Кобальт	н.о.
		Марганец	0,09
		Магний	121,6
4	р.Ялангас ниже места выпуска сточных вод	Водородный показатель	5,12
		Ионы меди	1,54

2	р.Ялангас выше места выпуска сточных вод осветленного пруда. Гайская пром-площадка от 19.05.2015	Водородный показатель	7,64
		Ионы меди	0,003
		Ионы цинка	0,029
		Железо общее	0,086
		Сульфат-ион	1091,3
		Хлорид-ион	361,8
		Взвешенные вещества	54,5
		Жесткость	21,4 ммоль/дм ³
		Кальций	268,5
		Сухой остаток	2702,0
		Нефтепродукты	0,182
		Кобальт	0,0016
		Марганец	0,043
		Магний	97,3
4	р.Ялангас ниже места выпуска сточных вод осветленного пруда. Гайская промплощадка от 19.05.2015	Водородный показатель	7,68
		Ионы меди	0,012
		Ионы цинка	0,031
		Железо общее	0,082
		Сульфат-ион	1080,2
		Хлорид-ион	351,8
		Взвешенные вещества	51,0
		Жесткость	20,2 ммоль/дм ³
		Кальций	256,5
		Сухой остаток	2456,0
		Нефтепродукты	0,357
		Кобальт	н.о.
		Марганец	0,107
		Магний	90,0
6	р.Ялангас место выпуска сточных вод осветленного пруда. Гайская промплощадка от 19.05.2015	Водородный показатель	5,71
		Ионы меди	1,499
		Ионы цинка	0,151
		Железо общее	3,116
		Сульфат-ион	1888,0
		Хлорид-ион	83,75
		Взвешенные вещества	91,0
		Жесткость	30,6 ммоль/дм ³
		Кальций	525,1
		Сухой остаток	4326,0
		Нефтепродукты	0,258
		Кобальт	0,0036
		Марганец	0,686
		Магний	53,5
2	р.Ялангас выше места выпуска сточных вод осветленного пруда. Гайская пром-площадка от 23.07.2015	Водородный показатель	7,49
		Ионы меди	н.о.
		Ионы цинка	0,048
		Железо общее	0,188
		Сульфат-ион	1295,4
		Хлорид-ион	346,6
		Взвешенные вещества	72,0
		Жесткость	23,0 ммоль/дм ³
		Нефтепродукты	0,118
		Взвешенные вещества	209,5
		Сухой остаток	5040,0
		Жесткость	21,0 °Ж

		Сухой остаток	1516,0
		Жесткость	8,4 °Ж
13	Скважина 29. Гайская пром-площадка	Водородный показатель	6,67
		Ионы меди	0,002
		Ионы цинка	0,015
		Железо общее	0,116
		Кальций	44,1
		Магний	73,0
		Марганец	0,064
		Хлорид-ион	554,5
		Сульфат-ион	308,6
		Нефтепродукты	0,260
		Взвешенные вещества	210,0
		Сухой остаток	1500,0
		Жесткость	8,2 °Ж
14	Скважина 31. Гайская пром-площадка	Водородный показатель	9,10
		Ионы меди	н.о.
		Ионы цинка	н.о.
		Железо общее	0,228
		Кальций	43,1
		Магний	73,5
		Марганец	н.о.
		Хлорид-ион	913,2
		Сульфат-ион	1131,6
		Нефтепродукты	0,226
		Взвешенные вещества	194,0
		Сухой остаток	3316,0
		Жесткость	8,2 °Ж
15	Скважина 32. Гайская пром-площадка	Водородный показатель	5,63
		Ионы меди	н.о.
		Ионы цинка	0,025
		Железо общее	7,08
		Кальций	224,5
		Магний	175,1
		Марганец	0,890
		Хлорид-ион	691,5
		Сульфат-ион	1100,8
		Нефтепродукты	0,114
		Взвешенные вещества	243,0
		Сухой остаток	3236,0
		Жесткость	25,6 °Ж
16	Скважина 12ф. Гайская промплощадка	Водородный показатель	6,57
		Ионы меди	0,007
		Ионы цинка	0,032
		Железо общее	2,89
		Кальций	22,0
		Магний	242,0
		Марганец	0,032
		Хлорид-ион	109,3
		Сульфат-ион	2905,2

9	Скважина 5. Гайская промплощадка от 06.10.2015	Водородный показатель	6,25
		Ионы меди	0,018
		Ионы цинка	0,007
		Железо общее	0,040
		Кальций	196,4
		Магний	170,2
		Марганец	0,193
		Хлорид-ион	1043,7
		Сульфат-ион	2046,0
		Нефтепродукты	0,104
		Взвешенные вещества	310,5
		Сухой остаток	5010,0
		Жесткость	23,8 °Ж
10	Скважина 11. Гайская промплощадка	Водородный показатель	6,86
		Ионы меди	0,005
		Ионы цинка	0,013
		Железо общее	0,148
		Кальций	166,3
		Магний	23,1
		Марганец	0,322
		Хлорид-ион	267,5
		Сульфат-ион	479,8
		Нефтепродукты	0,088
		Взвешенные вещества	7477,0
		Сухой остаток	1292,0
		Жесткость	10,2 °Ж
11	Скважина 17. Гайская промплощадка	Водородный показатель	5,90
		Ионы меди	0,006
		Ионы цинка	0,010
		Железо общее	0,084
		Кальций	206,4
		Магний	127,7
		Марганец	н.о.
		Хлорид-ион	319,7
		Сульфат-ион	2044,0
		Нефтепродукты	0,180
		Взвешенные вещества	949,5
		Сухой остаток	3568,0
		Жесткость	20,8 °Ж
12	Скважина 27. Гайская промплощадка	Водородный показатель	8,76
		Ионы меди	0,009
		Ионы цинка	0,008
		Железо общее	0,028
		Кальций	40,1
		Магний	77,8
		Марганец	0,032
		Хлорид-ион	599,4
		Сульфат-ион	301,3
		Нефтепродукты	0,134
		Взвешенные вещества	85,5

	Хлорид-ион	127,6
	Взвешенные вещества	81,0
	Жесткость	33,0 ммоль/дм ³
	Кальций	631,3
	Сухой остаток	4420,0
	Нефтепродукты	0,065
	Ксантогенат	0,051
	Кобальт	н.о.
	Марганец	н.о.
	Магний	18,2
	Фосфат-ион	н.о.

№ п/п	Наименование пробы, место отбора	Определяемая характеристика	Результаты анализа, мг/дм ³
1	2	3	4
1	Хвостохранилище от 18.03.2015г	Водородный показатель	11,25
		Ионы меди	0,031
		Ионы цинка	0,017
		Железо общее	0,148
		Сульфат-ион	2120,9
		Хлорид-ион	120,8
		Взвешенные вещества	5115,0
		Жесткость	33,0 ммоль/дм ³
		Кальций	601,2
		Сухой остаток	4442,0
		Нефтепродукты	0,194
		Ксантогенат	н.о.
		Кобальт	0,0018
		Марганец	н.о.
		Магний	36,5
2	Осветленный пруд	Водородный показатель	10,10
		Ионы меди	1,33
		Ионы цинка	0,163
		Железо общее	0,136
		Сульфат-ион	2111,8
		Хлорид-ион	102,1
		Взвешенные вещества	135,0
		Жесткость	42,0 ммоль/дм ³
		Кальций	701,4
		Сухой остаток	4264,0
		Нефтепродукты	0,068
		Ксантогенат	0,010
		Кобальт	н.о.
		Марганец	1,20
		Магний	85,1
3	Кислый пруд	Фосфат-ион	н.о.
		Водородный показатель	4,71
		Ионы меди	19,79
		Ионы цинка	3,52
		Железо общее	31,98
		Сульфат-ион	2230,4
		Хлорид-ион	432,0
		Взвешенные вещества	90,5
		Жесткость	11,0 ммоль/дм ³
		Кальций	100,2
		Сухой остаток	4112,0
		Кобальт	0,0012
		Марганец	6,92
		Магний	73,0
4	Карьер № 2	Водородный показатель	11,31
		Ионы меди	0,027
		Ионы цинка	0,035
		Железо общее	0,112
		Сульфат-ион	2103,6

		Хлорид-ион	127,4
		Взвешенные вещества	96,0
		Жесткость	19,5 ммоль/дм ³
		Кальций	346,7
		Сухой остаток	5008,0
		Нефтепродукты	0,236
		Ксантогенат	0,098
		Кобальт	0,0053
		Марганец	0,333
		Магний	26,8
		Фосфат-ион	0,151

№ п/п	Наименование пробы, место отбора	Определяемая характеристика	Результаты анализа, мг/дм ³
1	2	3	4
1	Хвостохранилище от 26.06.2015г	Водородный показатель	6,78
		Ионы меди	0,671
		Ионы цинка	0,106
		Железо общее	0,216
		Сульфат-ион	2580,9
		Хлорид-ион	92,13
		Взвешенные вещества	117,0
		Жесткость	18,8 ммоль/дм ³
		Кальций	320,7
		Сухой остаток	5130,0
		Нефтепродукты	0,148
		Ксантогенат	0,077
		Кобальт	0,0053
		Марганец	0,386
		Магний	34,0
2	Осветленный пруд	Водородный показатель	5,34
		Ионы меди	0,852
		Ионы цинка	0,739
		Железо общее	5,94
		Сульфат-ион	2604,8
		Хлорид-ион	18,51
		Взвешенные вещества	96,5
		Жесткость	23,5 ммоль/дм ³
		Кальций	180,4
		Сухой остаток	4920,0
		Нефтепродукты	0,154
		Ксантогенат	н.о.
		Кобальт	0,0036
		Марганец	0,456
		Магний	176,3
3	Кислый пруд	Водородный показатель	2,56
		Ионы меди	91,96
		Ионы цинка	4,74
		Железо общее	163,7
		Сульфат-ион	5674,6
		Хлорид-ион	14,36
		Взвешенные вещества	178,5
		Жесткость	27,5 ммоль/дм ³
		Кальций	511,0
		Сухой остаток	9692,0
		Кобальт	0,0120
		Марганец	26,56
		Магний	24,3
4	Карьер № 2	Водородный показатель	7,33
		Ионы меди	0,859
		Ионы цинка	0,194
		Железо общее	0,196
		Сульфат-ион	2491,1

		Хлорид-ион	150,02
		Взвешенные вещества	100,0
		Жесткость	36,0 °Ж
		Кальций	713,4
		Сухой остаток	5112,0
		Нефтепродукты	0,60
		Ксантогенат	н.о.
		Кобальт	н.о.
		Марганец	0,064
		Магний	4,9
		Фосфат-ион	0,183

№ п/п	Наименование пробы, место отбора	Определяемая характеристика	Результаты анализа, мг/дм ³
1	2	3	4
1	Хвостохранилище от 07.09.2015	Водородный показатель	5,74
		Ионы меди	1,41
		Ионы цинка	0,80
		Железо общее	4,0
		Сульфат-ион	2650,9
		Хлорид-ион	21,70
		Взвешенные вещества	181,5
		Жесткость	13,0 °Ж
		Кальций	140,3
		Сухой остаток	5580,0
		Нефтепродукты	0,722
		Ксантогенат	н.о.
		Кобальт	0,018
		Марганец	0,258
		Магний	141,1
2	Осветленный пруд	Водородный показатель	5,30
		Ионы меди	0,84
		Ионы цинка	0,69
		Железо общее	4,14
		Сульфат-ион	2630,3
		Хлорид-ион	21,06
		Взвешенные вещества	105,5
		Жесткость	12,0 °Ж
		Кальций	130,3
		Сухой остаток	4932,0
		Нефтепродукты	0,728
		Ксантогенат	н.о.
		Кобальт	0,001
		Марганец	0,247
		Магний	130,1
3	Кислый пруд	Фосфат-ион	0,43
		Водородный показатель	2,61
		Ионы меди	89,96
		Ионы цинка	0,96
		Железо общее	74,0
		Сульфат-ион	6542,8
		Хлорид-ион	19,14
		Взвешенные вещества	245,0
		Жесткость	14,0 °Ж
		Кальций	260,5
		Сухой остаток	10820,0
		Кобальт	н.о.
		Марганец	29,59
		Магний	138,6
4	Карьер № 2	Водородный показатель	7,88
		Ионы меди	0,68
		Ионы цинка	0,012
		Железо общее	0,148
		Сульфат-ион	2629,5

		Хлорид-ион	112,3
		Взвешенные вещества	116,0
		Жесткость	35,3 °Ж
		Кальций	653,3
		Сухой остаток	5124,0
		Нефтепродукты	0,080
		Ксантогенат	0,472
		Кобальт	0,0041
		Марганец	0,118
		Магний	32,8
		Фосфат-ион	н.о.

№ п/п	Наименование пробы, место отбора	Определяемая характеристика	Результаты анализа, мг/дм ³
1	2	3	4
1	Хвостохранилище от 11.12.2015г.	Водородный показатель	6,81
		Ионы меди	1,081
		Ионы цинка	0,325
		Железо общее	1,49
		Сульфат-ион	2709,3
		Хлорид-ион	118,7
		Взвешенные вещества	115,5
		Жесткость	27,0 °Ж
		Кальций	420,9
		Сухой остаток	5350,0
		Нефтепродукты	0,108
		Ксантогенат	0,195
		Кобальт	0,0049
		Марганец	0,418
		Магний	73,0
2	Осветленный пруд	Водородный показатель	6,77
		Ионы меди	0,645
		Ионы цинка	0,406
		Железо общее	1,23
		Сульфат-ион	2576,9
		Хлорид-ион	157,2
		Взвешенные вещества	111,0
		Жесткость	25,0 °Ж
		Кальций	440,9
		Сухой остаток	4910,0
		Нефтепродукты	0,382
		Ксантогенат	0,451
		Кобальт	0,0028
		Марганец	0,451
		Магний	36,5
3	Кислый пруд	Фосфат-ион	0,036
		Водородный показатель	3,20
		Ионы меди	79,31
		Ионы цинка	6,22
		Железо общее	261,6
		Сульфат-ион	4806,4
		Хлорид-ион	478,6
		Взвешенные вещества	197,0
		Жесткость	20,0 °Ж
		Кальций	370,7
		Сухой остаток	7618,0
		Кобальт	0,0041
		Марганец	18,89
		Магний	18,2
4	Карьер № 2	Водородный показатель	9,00
		Ионы меди	0,532
		Ионы цинка	0,246
		Железо общее	0,488
		Сульфат-ион	2539,8

14	Скважина 32. Гайская пром-площадка	Сухой остаток	3446,0
		Жесткость	7,8 ммоль/дм ³
		Водородный показатель	7,00
		Ионы меди	0,022
		Ионы цинка	н.о.
		Железо общее	0,120
		Кальций	52,1
		Магний	85,1
		Марганец	0,955
		Хлорид-ион	719,8
		Сульфат-ион	1014,0
		Нефтепродукты	0,044
		Взвешенные вещества	162,5
		Сухой остаток	2864,0
		Жесткость	9,6 ммоль/дм ³
15	Скважина 33. Гайская пром-площадка	Водородный показатель	8,52
		Ионы меди	0,020
		Ионы цинка	0,005
		Железо общее	0,544
		Кальций	84,2
		Магний	75,4
		Марганец	0,279
		Хлорид-ион	529,9
		Сульфат-ион	690,5
		Нефтепродукты	0,220
		Взвешенные вещества	310,5
		Сухой остаток	2142,0
		Жесткость	10,2 ммоль/дм ³

10	Скважина 5. Гайская промплощадка от 27.07.2015	Водородный показатель	7,34
		Ионы меди	0,023
		Ионы цинка	0,011
		Железо общее	0,144
		Кальций	80,2
		Магний	182,4
		Марганец	0,204
		Хлорид-ион	1136,3
		Сульфат-ион	2159,6
		Нефтепродукты	0,050
		Взвешенные вещества	322,0
		Сухой остаток	5584,0
		Жесткость	19,0 ммоль/дм ³
11	Скважина 11. Гайская промплощадка	Водородный показатель	7,05
		Ионы меди	0,012
		Ионы цинка	н.о.
		Железо общее	0,200
		Кальций	24,0
		Магний	141,1
		Марганец	0,086
		Хлорид-ион	283,3
		Сульфат-ион	468,7
		Нефтепродукты	0,260
		Взвешенные вещества	547,0
		Сухой остаток	1694,0
		Жесткость	12,8 ммоль/дм ³
12	Скважина 17. Гайская промплощадка	Водородный показатель	7,66
		Ионы меди	0,023
		Ионы цинка	0,025
		Железо общее	0,172
		Кальций	72,1
		Магний	60,8
		Марганец	0,279
		Хлорид-ион	309,9
		Сульфат-ион	1834,5
		Нефтепродукты	0,176
		Взвешенные вещества	354,5
		Сухой остаток	3396,0
		Жесткость	8,6 ммоль/дм ³
13	Скважина 31. Гайская промплощадка	Водородный показатель	8,71
		Ионы меди	0,057
		Ионы цинка	н.о.
		Железо общее	0,664
		Кальций	52,1
		Магний	63,2
		Марганец	0,611
		Хлорид-ион	936,4
		Сульфат-ион	1107,0
		Нефтепродукты	0,334
		Взвешенные вещества	4607,5

№ п/п	Наименование пробы, место отбора	Определяемая характеристика	Результаты анализа, мг/дм ³
1	2	3	4
1	Скважина 1 Гайская промплощадка от 03.08.2015	Водородный показатель	1,56
		Ионы меди	1480,5
		Ионы цинка	950,0
		Железо общее	8265,6
		Кальций	501,0
		Магний	321,0
		Марганец	34,9
		Хлорид-ион	6,38
		Сульфат-ион	5654,0
		Нефтепродукты	0,178
		Взвешенные вещества	2466,5
		Сухой остаток	57492,0
		Жесткость	33,0 ммоль/дм ³
2	Скважина 2, Гайская промплощадка	Водородный показатель	1,20
		Ионы меди	105,1
		Ионы цинка	760,0
		Железо общее	3924,5
		Кальций	501,0
		Магний	316,2
		Марганец	4,09
		Хлорид-ион	10,85
		Сульфат-ион	3257,4
		Нефтепродукты	0,31

		Нефтепродукты	0,528
		Взвешенные вещества	234,0
		Сухой остаток	760,0
		Жесткость	5,4 ммоль/дм ³
18	Скважина 33, Гайская промплощадка	Водородный показатель	8,75
		Ионы меди	0,002
		Ионы цинка	н.о.
		Железо общее	0,120
		Кальций	18,0
		Магний	76,6
		Марганец	0,011
		Хлорид-ион	609,7
		Сульфат-ион	495,1
		Нефтепродукты	0,792
		Взвешенные вещества	417,0
		Сухой остаток	1920,0
		Жесткость	7,2 ммоль/дм ³

		Сухой остаток	3338,0
		Жесткость	16,6 ммоль/дм ³
14	Скважина 27. Гайская пром-площадка	Водородный показатель	5,32
		Ионы меди	н.о.
		Ионы цинка	н.о.
		Железо общее	7,27
		Кальций	26,1
		Магний	37,7
		Марганец	н.о.
		Хлорид-ион	331,7
		Сульфат-ион	165,4
		Нефтепродукты	0,464
		Взвешенные вещества	62,5
		Сухой остаток	1136,0
		Жесткость	4,4 ммоль/дм ³
15	Скважина 29. Гайская пром-площадка	Водородный показатель	8,76
		Ионы меди	0,008
		Ионы цинка	н.о.
		Железо общее	н.о.
		Кальций	46,1
		Магний	74,2
		Марганец	н.о.
		Хлорид-ион	495,8
		Сульфат-ион	258,4
		Нефтепродукты	0,524
		Взвешенные вещества	81,5
		Сухой остаток	1416,0
		Жесткость	8,4 ммоль/дм ³
16	Скважина 31. Гайская пром-площадка	Водородный показатель	9,71
		Ионы меди	0,016
		Ионы цинка	н.о.
		Железо общее	0,080
		Кальций	14,0
		Магний	59,6
		Марганец	н.о.
		Хлорид-ион	850,9
		Сульфат-ион	754,7
		Нефтепродукты	0,466
		Взвешенные вещества	118,0
		Сухой остаток	2818,0
		Жесткость	5,6 ммоль/дм ³
17	Скважина 32. Гайская пром-площадка	Водородный показатель	6,69
		Ионы меди	0,027
		Ионы цинка	0,008
		Железо общее	0,088
		Кальций	88,2
		Магний	12,2
		Марганец	1,19
		Хлорид-ион	201,1
		Сульфат-ион	231,3

10	Скважина 5. Гайская промплощадка от 27.05.2015	Водородный показатель	7,10
		Ионы меди	0,003
		Ионы цинка	н.о.
		Железо общее	0,066
		Кальций	242,5
		Магний	195,8
		Марганец	0,129
		Хлорид-ион	1095,5
		Сульфат-ион	2148,9
		Нефтепродукты	0,336
		Взвешенные вещества	153,5
		Сухой остаток	5486,0
		Жесткость	28,2 ммоль/дм ³
11	Скважина 8. Гайская промплощадка	Водородный показатель	7,14
		Ионы меди	0,005
		Ионы цинка	н.о.
		Железо общее	0,384
		Кальций	240,5
		Магний	204,3
		Марганец	0,440
		Хлорид-ион	716,9
		Сульфат-ион	1847,7
		Нефтепродукты	0,432
		Взвешенные вещества	302,0
		Сухой остаток	4318,0
		Жесткость	28,8 ммоль/дм ³
12	Скважина 11. Гайская промплощадка	Водородный показатель	6,07
		Ионы меди	0,002
		Ионы цинка	0,020
		Железо общее	3,40
		Кальций	174,4
		Магний	69,3
		Марганец	0,215
		Хлорид-ион	224,5
		Сульфат-ион	410,7
		Нефтепродукты	0,304
		Взвешенные вещества	473,0
		Сухой остаток	1400,0
		Жесткость	14,4 ммоль/дм ³
13	Скважина 17. Гайская промплощадка	Водородный показатель	8,24
		Ионы меди	0,008
		Ионы цинка	н.о.
		Железо общее	н.о.
		Кальций	166,3
		Магний	100,9
		Марганец	0,183
		Хлорид-ион	335,1
		Сульфат-ион	1845,2
		Нефтепродукты	0,396
		Взвешенные вещества	169,5

6	р.Ялангас место выпуска сточных вод осветленного пруда. Гайская промплощадка от 24.11.2015,	Нефтепродукты	0,236
		Кобальт	0,0024
		Марганец	0,290
		Магний	114,3
		Водородный показатель	4,55
		Ионы меди	1,81
		Ионы цинка	0,013
		Железо общее	14,14
		Сульфат-ион	4103,5
		Хлорид-ион	755,6
		Взвешенные вещества	208,5
		Жесткость	24,2 °Ж
		Кальций	360,7
		Сухой остаток	7660,0
		Нефтепродукты	0,260
		Кобальт	0,0061
		Марганец	20,76
		Магний	75,4

ПРИЛОЖЕНИЕ Г Результаты проведения рентгенофлуоресцентного анализа отходов обогащения

Sample : bab-ge-hv+71mkm
Operator:
Comment : 20 deg/min , for Oxide
Group : [Qual-Quant.]rudko
Date : 2018-11-26 14:07:37

[Quantitative Result]

Analyte	Result	Proc-Calc	Line	Net Int.	BG Int.
SiO2	52.8516 %	Quant.-FP	SiKa	386.446	1.171
SO3	16.9446 %	Quant.-FP	S Ka	159.600	0.671
Fe2O3	15.0397 %	Quant.-FP	FeKa	340.392	0.813
Al2O3	8.1800 %	Quant.-FP	AlKa	68.388	2.812
MgO	2.2164 %	Quant.-FP	MgKa	5.193	0.138
CaO	1.6646 %	Quant.-FP	CaKa	38.126	0.206
Na2O	1.5894 %	Quant.-FP	NaKa	1.211	0.046
K2O	0.6667 %	Quant.-FP	K Ka	16.672	0.217
TiO2	0.4314 %	Quant.-FP	TiKa	1.805	0.108
ZnO	0.1370 %	Quant.-FP	ZnKa	5.937	0.687
CuO	0.0871 %	Quant.-FP	CuKa	7.594	0.581
P2O5	0.0810 %	Quant.-FP	P Ka	0.757	0.341
MnO	0.0656 %	Quant.-FP	MnKa	1.246	0.418
BaO	0.0340 %	Quant.-FP	BaLa	0.223	0.102
As2O3	0.0109 %	Quant.-FP	AsKb	0.316	1.384

Sample : bab-ge-hv40-071mkm
Operator:
Comment : 20 deg/min , for Oxide
Group : [Qual-Quant.]rudko
Date : 2018-11-26 14:36:04

[Quantitative Result]

Analyte	Result	Proc-Calc	Line	Net Int.	BG Int.
SO3	31.8341 %	Quant.-FP	S Ka	323.543	1.150
Fe2O3	30.9487 %	Quant.-FP	FeKa	616.582	1.044
SiO2	28.4495 %	Quant.-FP	SiKa	185.023	0.603
Al2O3	4.4016 %	Quant.-FP	AlKa	30.548	1.282
MgO	1.2698 %	Quant.-FP	MgKa	2.426	0.100
Na2O	0.9910 %	Quant.-FP	NaKa	0.613	0.036
CaO	0.9005 %	Quant.-FP	CaKa	20.599	0.237
ZnO	0.2948 %	Quant.-FP	ZnKa	8.401	0.603
K2O	0.2627 %	Quant.-FP	K Ka	6.469	0.235
TiO2	0.2460 %	Quant.-FP	TiKa	1.050	0.122
CuO	0.2288 %	Quant.-FP	CuKa	13.173	0.503
P2O5	0.0479 %	Quant.-FP	P Ka	0.494	0.433
PbO	0.0403 %	Quant.-FP	PbLb1	0.389	1.531
MnO	0.0327 %	Quant.-FP	MnKa	0.575	0.428
BaO	0.0305 %	Quant.-FP	BaLa	0.205	0.115
As2O3	0.0212 %	Quant.-FP	AsKb	0.398	1.308

Sample : bab-ge-hv10-40mkm
 Operator:
 Comment : 20 deg/min , for Oxide
 Group : [Qual-Quant.]rudko
 Date : 2018-11-26 15:04:13

[Quantitative Result]

Analyte	Result	Proc-Calc	Line	Net Int.	BG Int.
SO3	42.2181 %	Quant.-FP	S Ka	554.427	1.885
Fe2O3	37.5378 %	Quant.-FP	FeKa	866.283	1.286
SiO2	14.6119 %	Quant.-FP	SiKa	110.649	0.412
Al2O3	2.7871 %	Quant.-FP	AlKa	21.936	1.027
MgO	0.9711 %	Quant.-FP	MgKa	2.093	0.097
Na2O	0.7139 %	Quant.-FP	NaKa	0.497	0.042
ZnO	0.2994 %	Quant.-FP	ZnKa	9.060	0.503
CaO	0.2564 %	Quant.-FP	CaKa	7.052	0.286
CuO	0.1996 %	Quant.-FP	CuKa	12.222	0.429
TiO2	0.1655 %	Quant.-FP	TiKa	0.864	0.155
K2O	0.1351 %	Quant.-FP	K Ka	3.982	0.319
P2O5	0.0538 %	Quant.-FP	P Ka	0.729	0.627
BaO	0.0282 %	Quant.-FP	BaLa	0.232	0.148
As2O3	0.0224 %	Quant.-FP	AsKb	0.444	0.893

Sample : bab-ge-hv-10mkm
 Operator:
 Comment : 20 deg/min , for Oxide
 Group : [Qual-Quant.]rudko
 Date : 2018-11-26 15:32:26

[Quantitative Result]

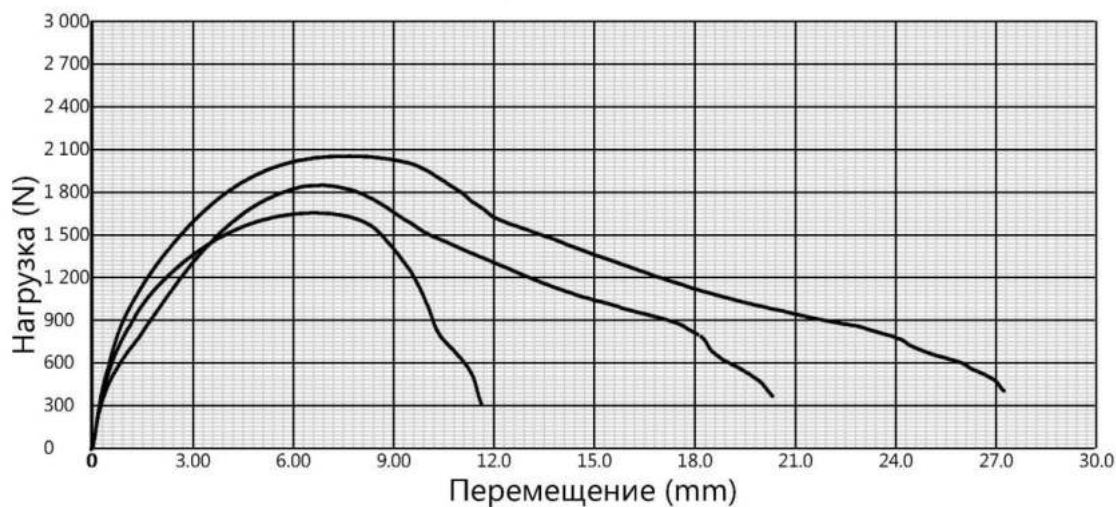
Analyte	Result	Proc-Calc	Line	Net Int.	BG Int.
Fe2O3	29.2247 %	Quant.-FP	FeKa	749.136	1.237
SO3	28.8020 %	Quant.-FP	S Ka	363.403	1.524
SiO2	27.4349 %	Quant.-FP	SiKa	216.449	0.674
Al2O3	8.4635 %	Quant.-FP	AlKa	74.167	3.079
MgO	2.5597 %	Quant.-FP	MgKa	6.280	0.150
Na2O	1.3656 %	Quant.-FP	NaKa	1.092	0.052
K2O	0.6664 %	Quant.-FP	K Ka	20.822	0.366
CaO	0.3963 %	Quant.-FP	CaKa	11.395	0.288
ZnO	0.3454 %	Quant.-FP	ZnKa	12.902	0.592
TiO2	0.3317 %	Quant.-FP	TiKa	1.802	0.156
CuO	0.2081 %	Quant.-FP	CuKa	15.699	0.499
P2O5	0.1008 %	Quant.-FP	P Ka	1.285	0.510
MnO	0.0460 %	Quant.-FP	MnKa	1.036	0.507
BaO	0.0338 %	Quant.-FP	BaLa	0.289	0.144
As2O3	0.0210 %	Quant.-FP	AsKb	0.517	1.115

ПРИЛОЖЕНИЕ Д Результаты определения прочностных характеристик вторично-переработанных полимеров



Материал:	ПЭНД
№ партии:	1
Дата проведения испытания:	30.03.2021
Скорость испытания:	50.0 mm/min
Температура:	20

Наименование образца	Время испытания, sec	Предел прочности, МПа	Прочность при разрыве, МПа	Условный предел текучести (0.2%), МПа	Модуль упругости, МПа	Отн. удлинение при усл. пределе текучести, %	Относ. удлинение при макс. нагрузке, %	Относ. удлинение при разрушении, %
ПЭНД20033.0	17.80	17.80	3.507	9.114	1 025	1.029	6.105	21.58
ПЭНД20024.6	16.14	16.14	3.206	5.606	920	0.7831	5.399	16.07
ПЭНД21014.1	12.87	12.87	3.481	5.873	1 147	0.7300	5.281	9.272

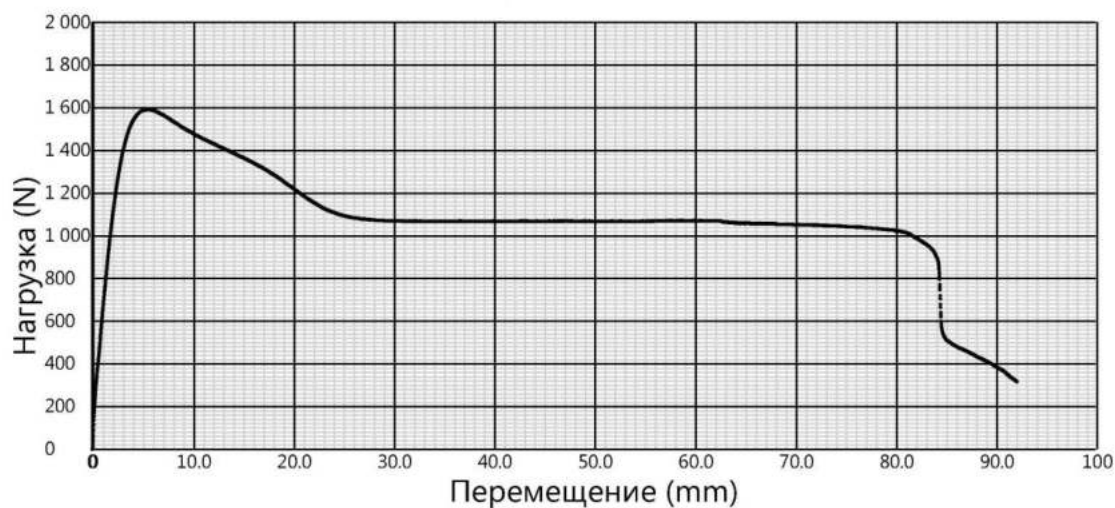




Образец полимерный
 Протокол испытания на растяжение
 ГОСТ 11262-2017
 Санкт-Петербургский горный университет
 г. Санкт-Петербург

Материал:	ПЭНД
№ партии:	1
Дата проведения испытания:	30.03.2021
Скорость испытания:	50.0 mm/min
Температура:	20

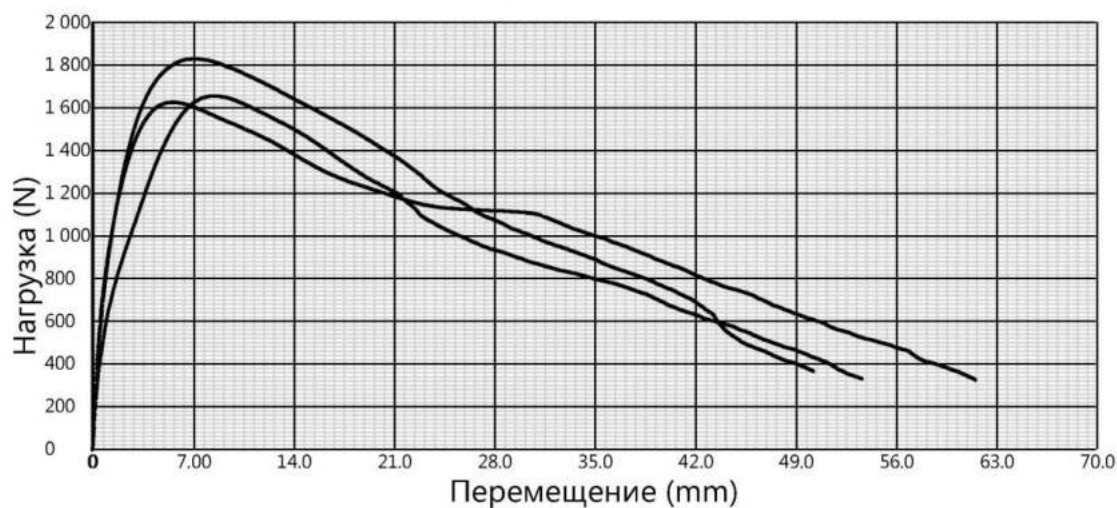
Наименование образца	Время испытания, sec	Предел прочности, МПа	Прочность при разрыве, МПа	Условный предел текучести (0.2%), МПа	Модуль упругости, МПа	Отн. удлинение при усл. пределе текучести, %	Относ. удлинение при макс. нагрузке, %	Относ. удлинение при разрушении, %
ПЭНД160111	15.61	15.61	3.113	12.21	639	1.965	4.227	73.28





Материал:	ПЭНД
№ партии:	1
Дата проведения испытания:	30.03.2021
Скорость испытания:	50.0 mm/min
Температура:	20

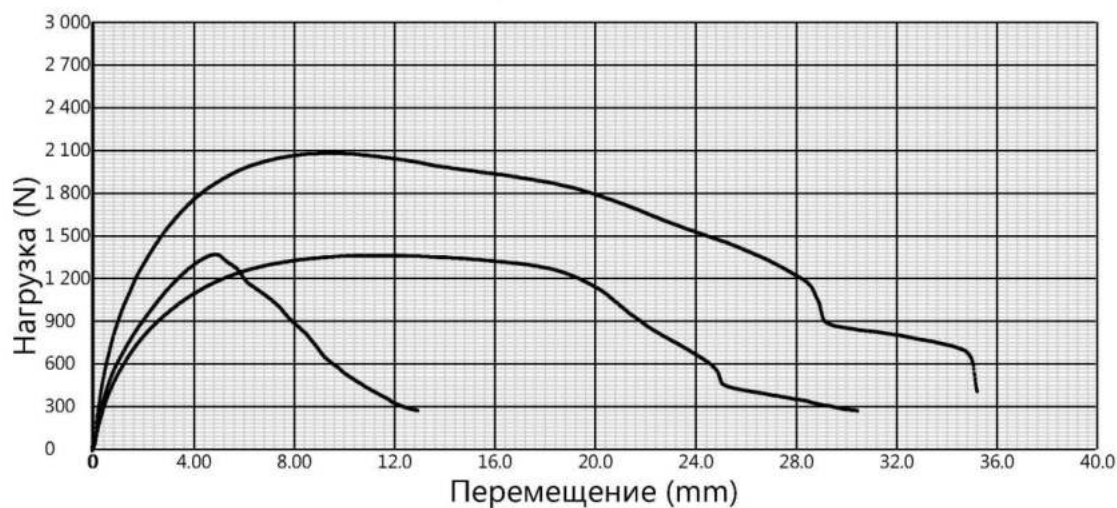
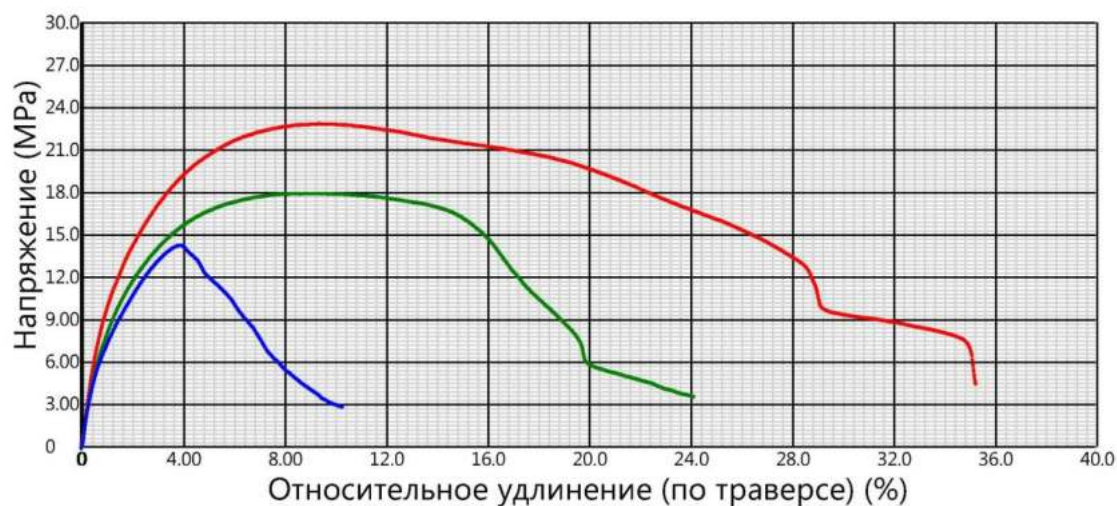
Наименование образца	Время испытания, sec	Предел прочности, МПа	Прочность при разрыве, МПа	Условный предел текучести (0.2%), МПа	Модуль упругости, МПа	Отн. удлинение при усл. пределе текучести, %	Относ. удлинение при макс. нагрузке, %	Относ. удлинение при разрушении, %
ПЭНД17074.1	15.77	15.77	3.150	7.680	1 709	0.6806	4.391	49.09
ПЭНД18060.5	14.44	14.44	2.880	7.477	923	0.9802	5.436	39.75
ПЭНД19064.6	16.52	16.52	3.295	6.190	971	0.8291	6.471	42.67





Материал:	ПЭНД
№ партии:	1
Дата проведения испытания:	30.03.2021
Скорость испытания:	50.0 mm/min
Температура:	20

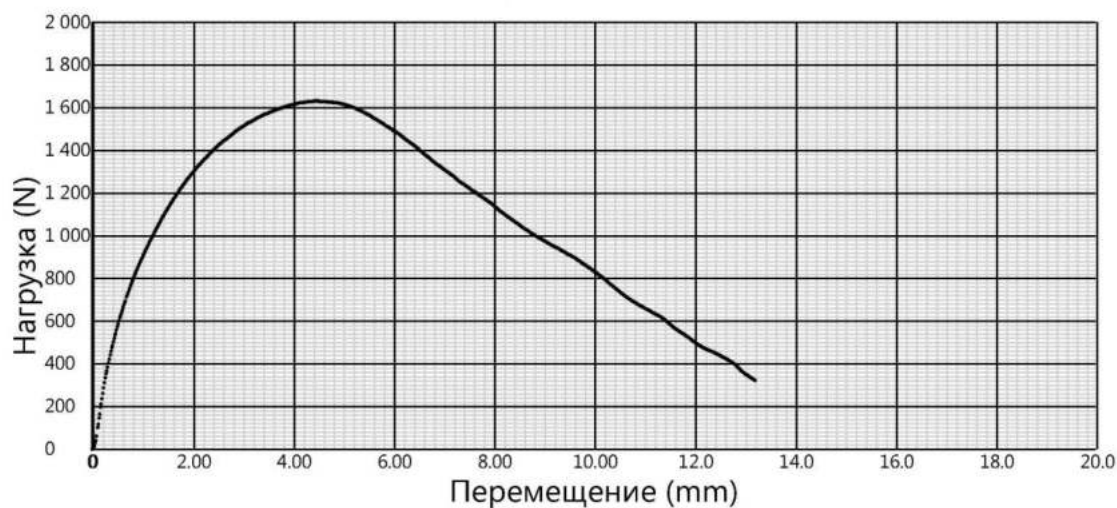
Наименование образца	Время испытания, sec	Предел прочности, МПа	Прочность при разрыве, МПа	Условный предел текучести (0.2%), МПа	Модуль упругости, МПа	Отн. удлинение при усл. пределе текучести, %	Относ. удлинение при макс. нагрузке, %	Относ. удлинение при разрушении, %
ПЭНД22042.5	22.86	22.86	6.477	9.414	1 276	0.9540	9.337	35.12
ПЭНД22036.8	17.93	17.93	3.559	7.381	1 086	0.8905	8.038	24.14
ПЭНД24015.9	14.27	14.27	2.838	6.510	1 042	0.8365	3.848	10.29





Материал:	ПЭНД
№ партии:	1
Дата проведения испытания:	30.03.2021
Скорость испытания:	50.0 mm/min
Температура:	20

Наименование образца	Время испытания, sec	Предел прочности, МПа	Прочность при разрыве, МПа	Условный предел текучести (0.2%), МПа	Модуль упругости, МПа	Отн. удлинение при усл. пределе текучести, %	Относ. удлинение при макс. нагрузке, %	Относ. удлинение при разрушении, %
ПЭНД24016.1		14.23	2.810	7.233	1 571	0.6860	3.490	10.43
Среднее		16.22	3.483	7.699		0.9422	5.639	30.16
SD		2.689	1.028	1.925		0.3587	1.787	20.05

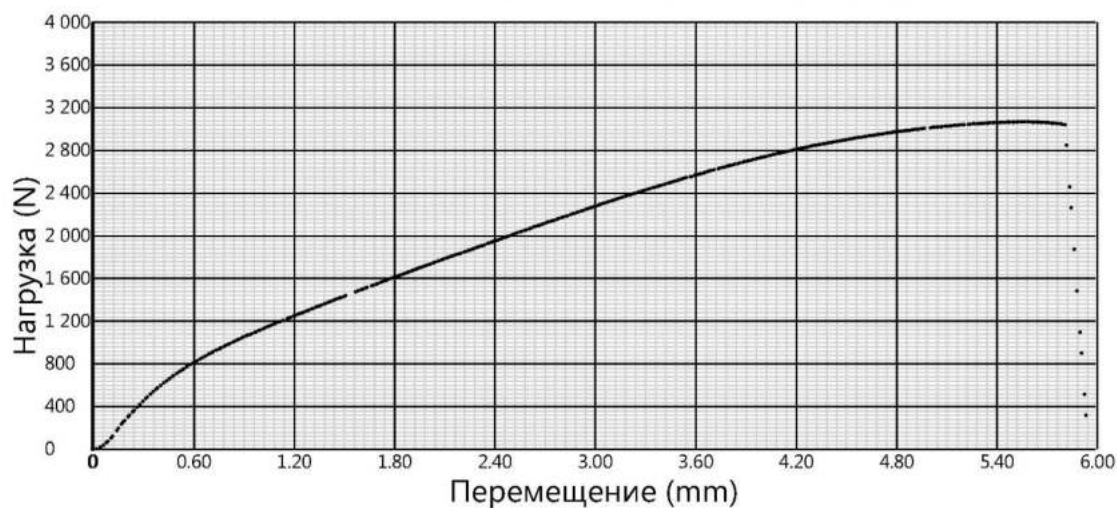




Образец полимерный
 Протокол испытания на растяжение
 ГОСТ 11262-2017
 Санкт-Петербургский горный университет
 г. Санкт-Петербург

Материал:	ПП
№ партии:	1
Дата проведения испытания:	30.03.2021
Скорость испытания:	50.0 mm/min
Температура:	20

Наименование образца	Время испытания, sec	Предел прочности, МПа	Прочность при разрыве, МПа	Условный предел текучести (0.2%), МПа	Модуль упругости, МПа	Отн. удлинение при усл. пределе текучести, %	Относ. удлинение при макс. нагрузке, %	Относ. удлинение при разрушении, %
ПП190	7.31	33.52	33.22	12.83	1 983	0.8492	4.326	4.544





Образец полимерный
 Протокол испытания на растяжение
 ГОСТ 11262-2017
 Санкт-Петербургский горный университет
 г. Санкт-Петербург

Материал:	ПП
№ партии:	1
Дата проведения испытания:	30.03.2021
Скорость испытания:	50.0 mm/min
Температура:	20

Наименование образца	Время испытания, sec	Предел прочности, МПа	Прочность при разрыве, МПа	Условный предел текучести (0.2%), МПа	Модуль упругости, МПа	Отн. удлинение при усл. пределе текучести, %	Относ. удлинение при макс. нагрузке, %	Относ. удлинение при разрушении, %
ПЭВД	2009.85	7.602	3.015	4.226	813	1.042	3.587	6.184

