

32

На правах рукописи



Футорянский Леонид Дмитриевич

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОПТИМАЛЬНОГО
РАЗМЕЩЕНИЯ ЗОЛОШЛАКОУТВАЛОВ ТЭС
В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА**

Специальность 25 00 36 – Геозкология

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени
кандидата геолого-минералогических наук

Екатеринбург – 2008



003 1729 1 1

1 0 ИЮЛ 2008

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ
Грязнов Олег Николаевич

Официальные оппоненты:

1. Доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник
Расулов Ариф Таджаддин-оглы,
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»
2. Кандидат геолого-минералогических наук, доцент
Новиков Виталий Прокофьевич,
ФГУ «ТФИ по Уральскому федеральному округу»

Ведущая организация – ГОУ ВПО «Томский политехнический университет»

Защита диссертации состоится «19» июня 2008 г в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212 280 01 при ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет» по адресу 620144, г. Екатеринбург, ул Куйбышева, 30 (III уч корпус, ауд 3326)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан «16» мая 2008 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета



А Б Макаров

Общая характеристика работы

Актуальность работы. Многие страны мира, в том числе и Российская Федерация, для получения электрической энергии используют тепловые электростанции (ТЭС), топливом на которых являются каменные и бурые угли

На территории Свердловской области, занимающей значительную часть Среднего Урала, эксплуатируется более десятка ТЭС, некоторые из них, такие как Рефтинская ГРЭС, являются крупнейшими в стране

Топливом на ТЭС Среднего Урала является низкосортный каменный уголь экибастузского бассейна, зольность (содержание минеральных примесей) которого достигает 40 – 43 %. Технологией предусматривается сжигание угля в пылевидном состоянии и последующее удаление отходов производства – золы и шлаков – посредством гидротранспорта в накопители – золошлакоотвалы (ЗШО)

Утилизация отходов ТЭС – одна из актуальных проблем современности. В настоящее время в целом по стране утилизируется не более 5 – 10 % золошлакового материала в различных отраслях строительства и промышленности. Оставшееся количество хранится в ЗШО без использования. При этом накопление золошлаков не прекращается, а, с учётом возрастающих потребностей в электроэнергии и недостаточных темпов развития других источников ее производства, можно предположить увеличение количества складированных золошлаковых отходов.

Известно, что даже при нормальной эксплуатации ЗШО имеют место проявления неблагоприятных геоэкологических процессов и явлений, нарушающих экологическое равновесие в районах их размещения. Известны случаи развития аварийных ситуаций на ЗШО ТЭС, проявление которых наиболее контрастно отражается на экологической обстановке района.

В условиях Среднего Урала при штатных и аварийных ситуациях наиболее уязвимы почвы, грунты и природные воды районов размещения

ЗШО ТЭС В целом строительство и эксплуатация ЗШО наносит серьёзный экологический ущерб

Прогнозирование характера и степени воздействия ЗШО ТЭС на окружающую среду затруднено в связи с недостаточной изученностью самих золошлаковых отходов как источника аэрогенного и гидрогенного загрязнения её компонентов и условий техногенной трансформации среды.

Цель исследований – изучение взаимодействия ЗШО ТЭС и окружающей среды, последствий их эксплуатации в природных условиях Среднего Урала и разработка критериев оценки геоэкологической опасности размещения проектируемых ЗШО.

Идея работы заключается в том, что накопители золошлаковых отходов, расположенные в различных физико-географических, зонально-климатических и геолого-гидрогеологических условиях, воздействуют на окружающую природную среду с одинаковым характером, но с различной интенсивностью, обусловленной комплексом природных и техногенных факторов, определяемых условиями площадки размещения ЗШО и его техническими параметрами

Задачи исследований определяются их целевым назначением и включают:

- 1 Анализ природных условий Среднего Урала – характеристика орографических, климатических, гидрологических и геолого-гидрогеологических условий
- 2 Обобщение материалов по составу и свойствам золошлаковых отходов как источника загрязнения окружающей природной среды
- 3 Исследование последствий эксплуатации ЗШО ТЭС на Среднем Урале с оценкой состояния почв, грунтов и природных вод в районах их размещения
- 4 Разработка критериев прогнозной оценки геоэкологической опасности размещения ЗШО ТЭС

Исходный материал и методы исследований. В основу диссертационной работы положены материалы, собранные автором в период обучения в очной аспирантуре Уральского государственного горного университета в 2003 – 2005 годах и работы в ОАО «Уральская гидрогеологическая экспедиция» в 2000 – 2002, 2006 – 2008 годах. Теоретической и методологической основой работы является комплексный подход к изучению и оценке состояния окружающей природной среды, базирующийся на полувековом опыте эксплуатации ЗШО ТЭС Среднего Урала, отражённом в производственных отчётах, материалах инженерно-геологических изысканий, материалах ОВОС, представляемых на экологическую экспертизу, в опубликованных работах, затрагивающих различные аспекты исследований на действующих и рекультивированных ЗШО, а также в разделах ОВОС по оценке воздействия ЗШО ТЭС на поверхностную и подземную гидросферу, разработанных при личном участии автора.

Исследования проведены с использованием современных методов сбора, обобщения и анализа материалов, моделирования на основе компьютерных технологий

Научная новизна работы заключается в том, что реализация задач исследований позволила

- обобщить и систематизировать данные об эколого-геологических последствиях эксплуатации ЗШО ТЭС в условиях Среднего Урала,
- выявить характер и степень воздействия ЗШО ТЭС на почвы, грунты и природные воды в районах их размещения,
- доказать зависимость состояния окружающей природной среды в районах размещения ЗШО ТЭС от природных условий площадки и технических параметров накопителя,
- разработать частную классификацию природных и техногенных факторов, определяющих геоэкологическую опасность размещения ЗШО ТЭС в природных условиях Среднего Урала

На защиту выносятся следующие научные положения.

1. Химический состав и физические свойства зол и шлаков тепловых электростанций Среднего Урала обуславливают характер и интенсивность геоэкологического воздействия золошлакоотвалов на компоненты окружающей среды
2. Природные условия Среднего Урала, технические характеристики золошлакоотвалов тепловых электростанций определяют трансформацию гидродинамического и гидрохимического режимов поверхностных и подземных вод и пылевое загрязнение прилегающих территорий.
3. Совокупность природных и техногенных факторов, в их численном выражении отражающих геоэкологические характеристики золошлакоотвалов тепловых электростанций, позволяет предложить геоэкологические критерии оценки их оптимального размещения в природных условиях Среднего Урала.

Практическая значимость работы заключается в разработке геоэкологических критериев оценки опасности размещения ЗШО ТЭС в условиях Среднего Урала, позволяющих в комплексе объективно оценить необходимость и достаточность проектных решений на ранних стадиях проектирования при выборе варианта размещения.

Личный вклад автора

Лично автором или при его непосредственном участии выполнены

- постановка задач исследований,
- анализ опубликованных и фондовых источников по природным условиям Среднего Урала;
- обобщение материалов по составу и свойствам золошлаковых отходов уральских ТЭС;
- исследование последствий эксплуатации ЗШО ТЭС на Среднем Урале, включая непосредственное участие в полевых и камеральных работах по оценке геоэкологической обстановки в районах размещения круп-

нейших ТЭС, при разработке разделов ОВОС по оценке воздействия ЗШО на поверхностные и подземные воды,

- разработка критериев прогнозной оценки геоэкологической опасности размещения ЗШО ТЭС в условиях Среднего Урала

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается большим объемом корректного фактического материала, использованием полученных автором выводов и рекомендаций при разработке разделов ОВОС на крупнейших в регионе ЗШО ТЭС – Рефтинской, Верхне-тагильской и Серовской ГРЭС

Апробация работы Основные положения работы докладывались на научно-методической конференции «Тенденции и перспективы развития гидрогеологии, инженерной геологии в условиях рыночной экономики России XI Толстихинские чтения» (2004 г., Санкт-Петербург), Молодёжной научно-практической конференции «Уральская горнопромышленная декада» (2004, 2005, 2006 гг., Екатеринбург), XVIII Всероссийском совещании по подземным водам Сибири и Дальнего Востока (2006 г., Иркутск), на совещании «Эколого-геологические проблемы урбанизированных территорий» (2007 г., Екатеринбург)

Публикации По теме диссертации опубликованы 5 печатных работ, в т.ч. 1 статья в издании из перечня ВАК.

Структура и объём диссертации Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав и заключения общим объемом 195 страниц машинописного текста, содержит 20 таблиц, 29 иллюстраций и список литературы из 131 наименования

Автор выражает благодарность научному руководителю профессору, докт. геол.-минерал. наук, заведующему кафедрой гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии ОН Грязнову, доценту, канд. геол.-минерал. наук, ведущему гидрогеологу Свердловской гидрогеологической партии ОАО «Уральская гидрогеологическая экспедиция» С.Н. Елохиной за неоценимую помощь на всех этапах подготовки диссертации, начальнику Свердловской

гидрогеологической партии Уральской гидрогеологической экспедиции А А Арзамасцеву, главному технологу гидротехнических сооружений ОАО «Инженерный центр энергетики Урала» института УралГЭП В А Пайкову, коллегам, сотрудникам Свердловской гидрогеологической партии УГГЭ за помощь, оказанную при оформлении работы

Содержание работы

В первой главе диссертации рассмотрено современное состояние проблемы утилизации и складирования золошлаковых отходов ТЭС на Среднем Урале. Дан обзор наиболее крупных объектов на территории Свердловской области. Выполнен анализ ранее проведенных исследований, охарактеризовано современное состояние уровня исследований золошлаковых отходов ТЭС.

Во второй главе работы приведена характеристика природных (физико-географических, климатических, геолого-гидрогеологических и инженерно-геологических) условий Среднего Урала, рассмотрены геологическое строение и гидрогеологические условия Среднего Урала.

В третьей главе рассматриваются геохимические и инженерно-геологические свойства зол и шлаков ТЭС. Выделены основные показатели, определяющие загрязняющее воздействие отходов ТЭС, работающих на экибастузских углях. Приведена краткая характеристика физико-механических свойств зол и шлаков ТЭС как показатель устойчивости ограждающих дамб ЗШО, возводимых на зольном основании, и, следовательно, опасности их разрушения.

В четвертой главе рассмотрены конструктивные особенности ЗШО Среднего Урала, дана характеристика типовых объектов по природным условиям площадок размещения. Приведены примеры трансформации окружающей среды в районах размещения действующих и законсервированных ЗШО, характер и степень их воздействия на почвы, грунты и природные воды в различных природно-техногенных условиях.

В пятой главе рассмотрены факторы, определяющие геоэкологическую опасность размещения ЗШО ТЭС в природных условиях Среднего Урала, и разработаны геоэкологические критерии оптимального размещения ЗШО

Защищаемые научные положения.

1 Химический состав и физические свойства зол и шлаков тепловых электростанций Среднего Урала обуславливают характер и интенсивность геоэкологического воздействия золошлакоотвалов на компоненты окружающей среды

В результате термической обработки минеральной составляющей экибастузского угля происходит преобразование его гранулометрического, фазово-минералогического и геохимического (микрокомпонентного) состава

Химический состав сухой золы экибастузских углей, используемых на Уральских ТЭС, на макрокомпонентном уровне представлен, главным образом, оксидами кремния и алюминия. Микрокомпонентный состав обусловлен 22 элементами, среди которых титан, барий, селен, цинк, марганец, цирконий, фтор, медь и ванадий характеризуются концентрациями, значительно превосходящими их кларковые содержания в осадочных породах

Механизм воздействия ЗШО ТЭС на окружающую среду представляется следующим образом (рис. 1)

Аэрогенный вынос золошлакового материала обуславливает загрязнение приземного слоя атмосферы, а ассимиляция твёрдых частиц на прилегающей территории приводит к загрязнению почв и грунтов зоны аэрации

Инфильтрационным потоком происходит вторичное загрязнение подземных вод подвижными в данных средах компонентами, а разгрузка подземного потока в естественные дрены вызывает загрязнение поверхностного стока. Загрязнение поверхностных водных объектов за счёт разгрузки подземных вод в водотоки и водоёмы, а также аэрогенный привнос золошлакового материала оцениваются как второстепенные

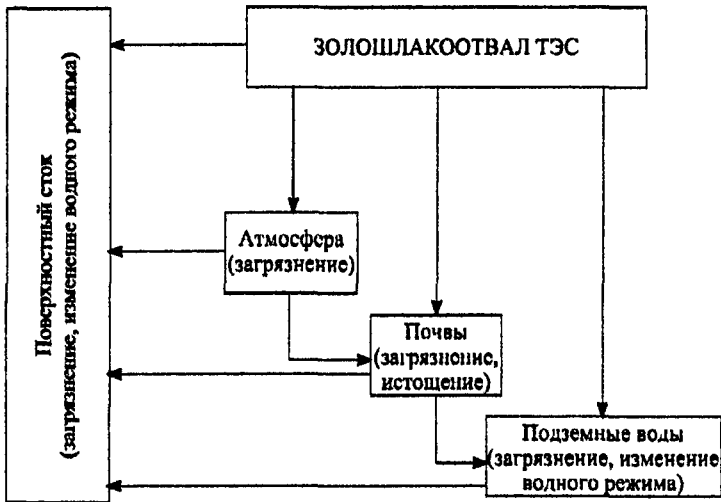


Рис. 1. Принципиальная схема воздействия золошлакоотвалов ТЭС на окружающую природную среду

Наиболее значимое загрязнение поверхностные водные источники получают вследствие прямого сброса без очистки зольных вод в естественные водотоки.

Складирование грунтов с аномальными геохимическими характеристиками на открытых площадках обуславливает возможность аэрогенного загрязнения почв и грунтов в районе размещения золошлакоотвалов. Распространение зол ТЭС аэрогенным путём возможно с осушенных зольных пляжей на поверхности отвалов, так как в замоченном состоянии зола теряет способность к миграции с воздушными потоками. Учитывая, что характерный диаметр частиц золошлаков, складироваемых в отвалах, составляет менее 0,1 мм, содержание которых превышает 87 – 94 % от общего объёма (рис 2), золошлаковые отходы достаточно легко сдуваются с осушенных поверхностей золоотвалов

Основным загрязнителем гидросферы является жидкая часть золошлаковой пульпы, образующаяся в процессе транспортировки золошлаков в золоотвалы.

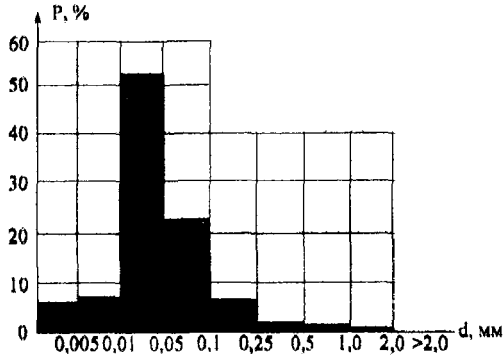


Рис. 2. Распределение частиц в золе экибастузских углей

Осветлённые воды золоотвалов характеризуются щелочной или слабощелочной реакцией, высокой минерализацией, достигающей 1,9 г/л, и жёсткостью – до 23,25 мг-экв/л, низкой окисляемостью (1,5 – 3,5 мгО₂/л) и превышающими ПДК содержаниями хлоридов и сульфатов. Из микрокомпонентов в концентрациях, превышающих предельно допустимые для вод хозяйственно-питьевого водоснабжения, содержатся ванадий, мышьяк селен, фтор и барий (рис. 3).

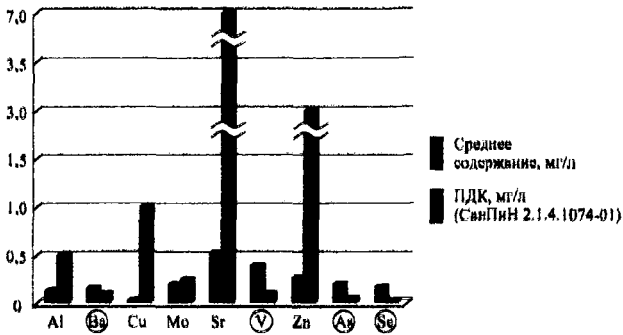


Рис. 3. Содержание микроэлементов в зольных водах ТЭС Среднего Урала

Золоотвалы ТЭС эксплуатируются длительное время, а технологически неизбежные утечки обуславливают изменение гидрохимических условий подземных вод непосредственно под телом золоотвала, где гидрохимический облик подземных вод наследует химический состав зольных вод.

Распространение загрязнения подземным стоком контролируется применяемыми на всех без исключения золоотвалах системами горизонтального дренажа, закладываемого по контуру первоочередных дамб золоотвала. Исследованиями, выполненными на различных объектах, рассмотренных в настоящей работе, доказываемся, что качественная работа дренажа локализует загрязнение под телом золоотвала, а гидрохимическое воздействие на подземные воды, учитывая несовершенство и «старение» дренажных канав, ограничивается первыми сотнями метров от первоочередных дамб и проявляется в надфоновых концентрациях основных поллютантов, содержащихся в зольных водах.

Изменение гидрохимической обстановки в поверхностных водных объектах напрямую зависит от наличия прямого сброса профильтрованных дренажных вод в водотоки, дренирующие местный сток с золоотвалов. При этом характер и интенсивность воздействия определяются соотношением объема сбросов и расходов водотока, находящегося под воздействием золоотвала.

2 Природные условия Среднего Урала, технические характеристики золошлакоотвалов тепловых электростанций определяют трансформацию гидродинамического и гидрохимического режимов поверхностных и подземных вод и пылевое загрязнение прилегающих территорий

Золоотвалы представляют собой сложные гидротехнические сооружения, устраиваемые на естественном основании и ограниченные дамбами. Доставка золы и шлака в них осуществляется гидротранспортом, что обуславливает «мокрый» режим эксплуатации. На всех без исключения объектах применяется типовой комплекс природоохранных мероприятий. По контуру отвала закладывается комбинация горизонтального и вертикального дренажа, перехватывающего поверхностный сток нагорными канавами и загрязненный подземный сток, формирующийся под телом золоотвала. На участках отсутствия или малой мощности слабопроницаемых отложений укладываются противофильтрационные экраны, выполняемые из местных строительных

материалов, как правило суглинистого состава. Для предотвращения пыления золоотвалов применяются, главным образом, дождевальные установки, смазывающие поверхность осушенных пляжей. Аналогичная технология образования и складирования золошлаков в отвалы и однотипная конструкция ЗШО свидетельствуют о том, что все рассмотренные объекты являются техническими аналогами.

В связи с этим наибольшее значение приобретают природные условия площадок размещения золоотвалов

Климатические условия рассмотренной территории в целом характеризуются слабой изменчивостью. На Среднем Урале и в западных предгорьях годовая сумма осадков составляет в среднем 550–650 мм. Восточные предгорья получают осадков несколько меньше – около 500 мм в год, равнины востока области – около 400 мм. При этом распределение осадков не равномерно по сезонам, максимум – 60-70 % – приходится на тёплый период года. Внутригодовое распределение осадков и их количество определяют преимущественно атмосферное питание подземных вод.

Геологическое строение Среднего Урала отличается особой сложностью. Здесь выделяется несколько разновозрастных тектонических структур. По особенностям геологического строения территория Среднего Урала принадлежит к трем структурным мегазонам. Предуральского краевого прогиба, открытых структур горно-складчатого Урала и чехла мезо-кайнозойских платформенных отложений Зауралья. В пределах открытых структур горно-складчатого Урала коренные породы палеозойского субстрата перекрыты маломощным и не выдержанным по площади и в разрезе чехлом слабопроницаемых отложений преимущественно элювиально-делювиального генезиса. С запада и востока мощность мезозойских и кайнозойских отложений возрастает, покрывая палеозойские породы мощным чехлом.

В гидрогеологическом отношении на рассматриваемой территории получили распространение три крупные гидрогеологические структуры (рис 4) Предуральский бассейн, Большеуральский бассейн и Западно-Сибирский

сложный бассейн пластовых вод, представленный Западно-Тобольским бассейном.

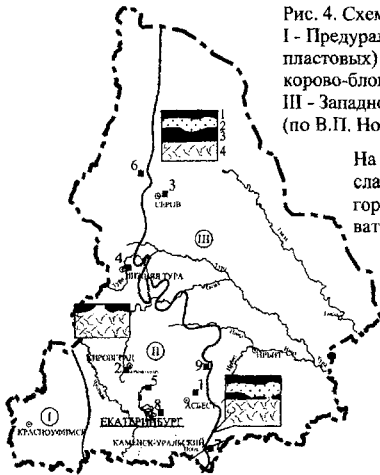


Рис. 4. Схема гидрогеологического районирования: I - Предуральский сложный бассейн пластовых (блоково-пластовых) вод; II - Большеуральский сложный бассейн корово-блоковых (пластово-блоковых и пластовых) вод; III - Западно-Сибирский сложный бассейн пластовых вод (по В.П. Новикову, Б.Н. Герасименко, 2000)

На колонках: 1, 3 - покровные и разделяющие слабопроницаемые отложения; 2 - водоносные горизонты в рыхлых отложениях; 4 - трещиноватые породы палеозойского возраста

- Участки размещения золошлакоотвалов ТЭС: 1 - Рефтинской ГРЭС; 2 - Верхнетагильской ГРЭС; 3 - Серовской ГРЭС; 4 - Нижнетуринской ГРЭС; 5 - Среднеуральской ГРЭС; 6 - Богословской ТЭЦ; 7 - Красногорской ТЭЦ; 8 - Ново-свердловской ТЭЦ; 9 - Артёмовской ТЭЦ

Большая часть золоотвалов, рассмотренных в работе, расположена в пределах Большеуральского бассейна, наиболее крупными из которых являются Рефтинская, Верхнетагильская и Среднеуральская ГРЭС. В границах Западно-Сибирского бассейна расположена Серовская ГРЭС и в зоне сочленения Большеуральского и Западно-Сибирского бассейнов расположены золоотвалы Красногорской ТЭЦ. На территории Предуральского бассейна золоотвалы отсутствуют.

С геозекологических позиций при размещении золоотвалов, являющихся источниками химического загрязнения, ведущее значение имеет защищённость подземных вод и перспективность их использования в качестве источника хозяйственно-питьевого водоснабжения. Основным продуктивным водоносным горизонтом в пределах Большеуральского бассейна является палеозойский водоносный горизонт, приуроченный к верхней трещиноватой зоне. Характерно, что подземные воды в этих условиях обладают недостаточной защищённостью. В условиях артезианских бассейнов подземные

воды продуктивных горизонтов перекрыты мощным чехлом покровных слабопроницаемых отложений. В верхней части развиты ограниченные по площади и по глубине водоносные горизонты, перспективность использования которых в целях централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения ограничена ввиду ограниченности ресурсов.

По приуроченности золоотвалов к гидрогеологическим структурам выделены следующие типы объектов:

- в открытых гидрогеологических структурах;
- в переходных (от открытых к закрытым структурам) зонах,
- в закрытых гидрогеологических структурах (артезианских бассейнах)

Несмотря на применение комплекса природоохранных мероприятий, эксплуатация золоотвалов всегда сопровождается проявлением нежелательных процессов и явлений, приводящих в различных природных условиях к различным геоэкологическим последствиям.

Нарушение гидродинамической обстановки (развитие подтопления) происходит в результате нарушения естественной дренируемости территории и привлечения дополнительных ресурсов воды на площадку размещения золоотвалов.

Наиболее значимые геоэкологические последствия эксплуатации ЗШО проявляются при их размещении в открытых гидрогеологических структурах. Здесь в естественном состоянии, за счёт хорошей сдренированности территории, уровень подземных вод располагается на глубинах более 3 метров от поверхности земли. Как показывают исследования на крупнейших ТЭС Среднего Урала – Рефтинской и Верхнетагильской ГРЭС, за время эксплуатации ЗШО уровень подземных вод поднялся на величину 1 – 5 и более метров, на отдельных участках произошло затопление территории с выходом подземных вод на земную поверхность. При этом внутригодовая амплитуда колебания уровня подземных вод составляет лишь 0,1 – 0,9 м при норме 1,0 – 3,0 м.

Нежелательные геоэкологические последствия выражаются в нарушении и выведении из перспективного использования значительных площадей, оцениваемых в сотни гектар

В закрытых структурах опасность развития подтопления не столь высока. На золоотвалах Серовской ГРЭС, расположенной в пойменной части долины р. Сосьвы, уровень подземных вод занимает естественно высокие отметки. В результате эксплуатации золоотвала № 3 амплитуда подъёма уровня грунтовых вод, приуроченных к торфяным отложениям, составила лишь 0,1 – 0,7 м.

Оценка интенсивности подтопления территории в условиях переходных структур Красногорской ТЭЦ осложнена влиянием шламонакопителей Уральского алюминиевого завода, воздействующих подобным образом на режим подземных вод.

Изменение гидрохимического режима природных вод происходит в результате фильтрационных потерь как через ложе золоотвала, так и через ограждающие дамбы. Фильтрационные потери большей частью перехватываются горизонтальным дренажом.

Как показали исследования, значимое загрязнение поверхностных вод происходит в результате прямого сброса зольных вод в естественные водотоки. В районе крупнейшей в регионе Рефтинской ГРЭС величина фильтрационных утечек через дамбы рекультивированного ЗШО № 1 и действующего № 2 определены в количестве 360 л/с.

Максимальные концентрации загрязняющих элементов закономерно фиксируются в р. Шамейке и руч. Долгом – приёмниках зольных вод. Минимальные концентрации фиксируются в районе водозабора ГРЭС на р. Рефте, до впадения р. Шамейки. После прохождения водами области воздействия ЗШО возрастает величина сухого остатка, концентрация сульфат-иона и фтора. Концентрация ванадия, мышьяка и селена в воде, напротив, снижается. Даже значительно более высокая концентрация ванадия в водах р. Шамейки не приводит к загрязнению р. Рефта, что обусловлено низкой миграционной

способностью ванадия в сложившейся геохимической обстановке и значительными объемами стока р Рефта, многократно разбавляющего поступающий загрязненный сток р Шамейки

Аналогичная картина наблюдается на всех без исключения объектах, рассмотренных в настоящей работе

Загрязнение подземных вод – результат фильтрационных потерь через ложе золоотвала В этих условиях основным фактором, сдерживающим загрязнение, является естественная защищенность водоносных горизонтов, залегающих в основании золоотвала

В результате эксплуатации золоотвалов в открытых гидрогеологических структурах непосредственно под накопителем во всех случаях происходит трансформация химического состава подземных вод как на макрокомпонентном уровне, так и в микрокомпонентном составе Изучение химического состава подземных вод непосредственно под чашей ЗШО № 2 Верхнетагильской ГРЭС показало, что минерализация подземных вод достигает значений 1,5 – 2,0 г/л при фоновых значениях 0,2 г/л, жесткость – 20,0 при фоновых значениях около 2 мг-экв/л Гидрохимический тип воды сменился с гидрокарбонатного кальциевого на хлоридно-сульфатный кальциевый Распространение ореола загрязнения контролируется, главным образом, качественной работой горизонтального дренажа В совокупности с разбавляющим действием естественного стока загрязнение подземных вод локализуется на расстоянии первых сотен метров от ограждающих дамб.

В условиях артезианских бассейнов и переходных зон загрязнение грунтового горизонта не несет значимых геоэкологических последствий ввиду бесперспективности его использования для целей централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Продуктивные горизонты в закрытых структурах надежно защищены от поверхностного химического загрязнения региональными водоупорами, мощность которых достигает десятков метров Так, влияние накопителей Серовской ГРЭС на подземные воды распространяется только на верхние гидрогеологические стратоны – водоносный гори-

зонт, приуроченный к торфам и аллювиальный водоносный горизонт. Подземные воды нижнеэоценового водоносного горизонта, перекрываемые толщей ирбитских глин, не испытывают загрязняющего воздействия

В переходных зонах существует опасность загрязнения продуктивных водоносных горизонтов ввиду невыдержанности разделяющих слоёв, а в некоторых случаях их отсутствия. В основании золоотвалов Красногорской ТЭЦ расположены два гидрогеологических объекта: водоносный горизонт в меловых отложениях и водоносная зона осадочных пород палеозоя. В верхней части развит маломощный и невыдержанный чехол делювиальных четвертичных отложений, а разделяющая толща представлена невыдержанной корой выветривания палеозойских пород. В этих условиях максимальное воздействие испытывает меловой водоносный горизонт. За время эксплуатации золоотвала № 2 величина сухого остатка подземных вод выросла в 2,4 раза, произошло увеличение содержания сульфатов в 11,2 раза, хлоридов и натрия – в 10,5 раз. Палеозойский горизонт также претерпел качественные изменения, но в значительно меньшей степени. Минерализация подземных вод возросла в 1,2 раза, содержание хлоридов увеличилось в 2,2 раза, сульфатов – в 1,6 раза.

Как показали исследования последствий аэрогенного разноса зол в районе размещения ЗШО Рефтинской ГРЭС и Красногорской ТЭЦ, максимальное удаление границ ореола аэрогенного загрязнения почв и грунтов наблюдается на расстоянии от 3 до 9 км от ЗШО по преобладающему направлению ветров. В результате (рис. 5) формируется ореол поликомпонентного аэрогенного загрязнения почв и грунтов на прилегающей к золоотвалу территории по направлению преобладающего направления ветров. По значению суммарного показателя (Z_c) загрязнение почв района размещения ЗШО Рефтинской ГРЭС соответствует среднему умеренно опасному уровню, а значение показателя не превышает 32 баллов.

Наибольшие кларковые концентрации получены по вольфраму, меди и марганцу, а формула техногенной ассоциации накапливающегося в верхних почвенных горизонтах за-

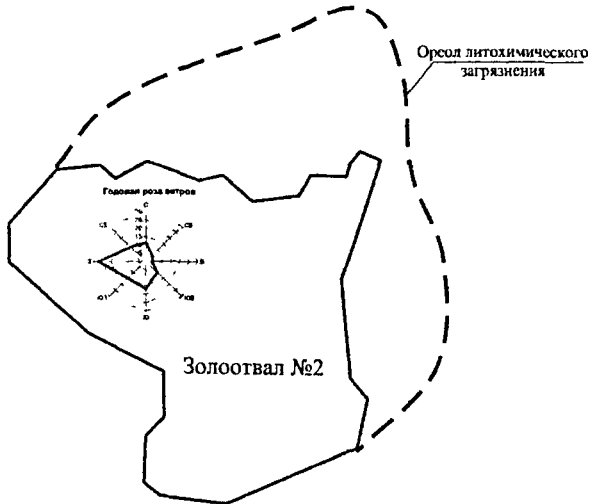
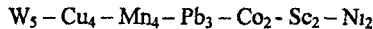


Рис 5 Схема литохимического загрязнения почв и грунтов в районе размещения золошлакоотвалов Рефтинской ГРЭС
загрязнения имеет следующий вид



При этом предельно допустимые концентрации в почвах превышены по содержанию мышьяка в 7 раз, хрома в 4 раза и кадмия в 3 раза. Незначительно, до 1,5 ПДК, превышены предельно допустимые концентрации никеля, свинца, цинка, марганца.

Все рассмотренные в работе элементы, за исключением фтора, находятся в малорастворимых и нерастворимых соединениях и не могут являться источником загрязнения подземных и поверхностных вод.

3 Совокупность природных и техногенных факторов, в их численном выражении отражающих геоэкологические характеристики золошлакоотвалов тепловых электростанций, позволяют предложить геоэкологические критерии оценки их оптимального размещения в природных условиях Среднего Урала.

Факторы, определяющие опасность размещения золоотвалов в различных природных условиях, разделены на три группы. Первая группа – фи-

зико-географические факторы естественная расчлененность рельефа местности, густота речной сети и залесенность территории Ко второй группе отнесены зонально-климатические факторы сила и повторяемость направления ветра, температура воздуха, испарение, годовое количество осадков и длительность бездождевого периода Третья группа – геолого-гидрогеологические факторы литологический состав покровных образований, мощность и выдержанность покровного чехла, глубина залегания уровня подземных вод и естественный гидродинамический уклон

С другой стороны, имея дело с природно-технической системой, следует иметь ввиду, что существуют техногенные факторы, разделенные на две группы во-первых, вызванные изменением природных условий при строительстве золотвалов, и, во-вторых, технические мероприятия, применяемые для снижения негативного воздействия строительства и эксплуатации золотвалов

Фактическое проявление обеих групп техногенных факторов обеспечивает устойчивость природно-технической системы «ЗШО ТЭС – природная среда», а изменение одной или нескольких составляющих, например снижение в процессе эксплуатации эффективности дренажа, приводит к развитию неблагоприятных геоэкологических последствий

В практике строительства ЗШО на Среднем Урале на ранних стадиях проектирования выполняется оценка площадок, предлагаемых для размещения проектируемого ЗШО ТЭС Как правило, на выбор предлагается не менее трёх вариантов размещения

Для оценки геоэкологической опасности размещения ЗШО в той или иной позиции применяется метод сравнительного анализа на основе экспертных оценок без использования конкретных критериев оценки степени опасности – геоэкологических критериев

В работе предложены геоэкологические критерии отдельно для поверхностных и подземных вод Для получения численных значений проявления различных процессов были использованы известные формулы, принятые

в гидрогеологической и геоэкологической практике, а критерии оценки опасности получены путём сравнения рассчитываемых показателей с контрольными или предельными значениями (см. таблицу)

Для характеристики изменения гидродинамического режима подземных вод использован критерий потенциальной подтопленности, предложенный в монографии «Природные опасности России» При этом критическая глубина залегания подземных вод определяется с учётом конкретных условий площадки

Загрязнение поверхностных вод следует оценивать исходя из концентрации элементов-загрязнителей после сброса с учётом разбавления естественным стоком Для этого целесообразно использовать формулу смешения. Геоэкологическим критерием в данном случае будет отношение концентрации загрязнителя в воде к концентрации этого показателя в фоновом створе

Защищённость подземных вод имеет ведущее значение в оценке опасности загрязнения подземных вод В этом случае опасность будет определяться временем фильтрации загрязнённого стока до кровли водоносного горизонта. В идеале это время должно быть больше времени эксплуатации зоолоотвала Для различных условий следует руководствоваться отличными подходами

Для открытых структур, где на пути загрязнённого инфильтрационного потока находится зона аэрации, для определения времени продвижения загрязнения целесообразно использовать формулу, предложенную специалистами ВНИИ «ВОДГЕО» и приведённую в «Рекомендациях по расчёту зоны санитарной охраны питьевых водозаборов» Для условий артезианских бассейнов и переходных зон, где выше продуктивного горизонта часто развиты другие водоносные горизонты и комплексы, формула для расчёта времени фильтрации загрязнения будет иметь следующий вид (см таблицу), учитывающий особенности продвижения загрязнения в водонасыщенных средах, а общее время будет складываться из времени фильтрации через породы зоны аэрации и через водоносные и водоупорные комплексы.

Таблица

Геозекологические критерии оптимального размещения ЗШО ТЭС в природных условиях Среднего Урала

Характер воздействия	Геозекологический критерий		
	Наименование критерия	Формула расчёта показателя	Условие выполнения
1	2	3	4
I Изменение гидродинамического режима подземных вод	Критерий потенциальной подтопляемости	$P = \frac{H_{кр}}{H_0 + \Delta h(x, y, t, \omega)}$ <p>H_0 – глубина залегания уровня грунтовых вод в естественных условиях до строительства ЗШО, м, Δh – прогнозируемый подъём уровня подземных вод в точке (x, y) на момент времени t при их дополнительном питании ω, м, $H_{кр}$ – критическая глубина уровня подземных вод, определяющая начало развития подтопления, м</p>	<p>1 $P(T) = H_{кр} / (H_0^{ср} - \Delta h) \geq 1$, при $T \leq 25$ лет</p> <p>2 $H_0 \leq H_{кр}$ и $P \geq 1$</p> <p>$H_0^{ср}$ – глубина среднегоголетнего положения уровня грунтовых вод, м</p>
II Загрязнение поверхностных вод	Оценка ущерба водотоку	$C_3 = \frac{(C_\phi \times Q_e + C_0 \times Q_0)}{Q_e + Q_0}$ <p>C_3, C_ϕ и C_0 – концентрация элемента в воде естественного водотока после смешения с загрязненными водами, фоновая концентрация в водотоке и в сбрасываемой загрязненной воде, Q_e и Q_0 – соответственно расходы водотока и канала сброса.</p>	$\frac{C_3}{C_\phi} < 1$

Продолжение таблицы

1	2	3	4
III Загрязнение подземных вод		$t_0 = \frac{m_0 \times n_0}{k_0}$	$\frac{T_{\text{экспл}}}{t_0} \leq 1$
а) открытые структуры		<p>t_0 – время вертикальной фильтрации загрязнения на уровень подземных вод, m_0, n_0, k_0 – соответственно мощность, активная пористость и коэффициент вертикальной фильтрации покровных образований</p>	<p>$T_{\text{экспл}}$ – время эксплуатации ЗШО</p>
б) артезианские бассейны и переходные зоны	Естественная защищенность	$t_{0\text{зд}} = t_0 + t_h (C_2), t_h = \frac{n_a \times h}{k \times \Delta \rho_w} \text{ ИЛИ}$ $t_h = \frac{(n - \frac{e \times \rho_{\text{ч}}}{\rho_s}) \times h}{k \times \Delta \rho_s}$ <p>$t_{\text{общ}}$ – время вертикальной фильтрации, $t_h (C_2)$ – время вертикальной фильтрации загрязнения через водоносный горизонт с учётом смешения с природными водами, n_a – активная пористость водовмещающих пород, n – пористость, e – коэффициент пористости, ρ_w – плотность воды (принимается равной 1), $\Delta \rho_w$ – разность плотности фильтрующейся из ЗШО осветлённой воды и природных вод (принимается равной 0,001), ρ_s – плотность частиц грунта, k – коэффициент фильтрации водовмещающих пород, h – мощность водоносного горизонта</p>	$\frac{T_{\text{экспл}}}{t_{0\text{зд}}} \leq 1$

Заключение

Выполненные исследования позволяют сделать следующие основные научно обоснованные выводы и практические рекомендации

1. Сложное геологическое и тектоническое строение, история геологического развития определяют сложность гидрогеологических условий, характеризуют горную часть Среднего Урала как открытую гидрогеологическую структуру, а восточную часть рассматриваемой территории – как закрытую гидрогеологическую структуру с переходными зонами, обуславливая тем самым опасность размещения накопителей золошлаковых отходов теплоэнергетики – ЗШО ТЭС – в разнообразных природных условиях с различной естественной защищённостью подземных вод от химического загрязнения
2. Наибольшему воздействию со стороны ЗШО ТЭС подвержены почвы, грунты и природные (поверхностные и подземные) воды, являющиеся наиболее уязвимыми для атмосферного и более значимого гидрогенного воздействия. Подземные воды в условиях открытых гидрогеологических структур подвержены наибольшему негативному воздействию ввиду их недостаточной природной защищённости
3. Источниками воздействия ЗШО ТЭС на окружающую природную среду являются как сами золошлаки, обладающие способностью мигрировать с воздушными потоками, обусловленной особенностями гранулометрического состава, так и жидкая часть золошлаковой пульпы, характеризующаяся аномальным, по сравнению с природным, гидрохимическим составом и составляющая дополнительный источник питания подземных вод
4. Воздействие ЗШО ТЭС выражается в территориальном подъёме уровня грунтовых вод (подтоплении), сопровождающемся комплексом спровоцированных этим процессом явлений (деградацией земель, изменением несущей способности грунтов оснований сооружений и пр.), в техногенной трансформации гидрохимического режима поверхностных и подзем-

ных вод фильтрующимися из тела ЗШО ТЭС зольными водами (гидрохимическое загрязнение) и в загрязнении золошлаками почв и грунтов на прилегающей к ЗШО территории (литогеохимическое загрязнение), вызванном пылением ЗШО ТЭС

- 5 Характер и степень воздействия ЗШО ТЭС на окружающую природную среду, определяющие опасность их размещения в открытых гидрогеологических структурах Среднего Урала, обусловлены проявлением в различной степени природных (физико-географических, зонально-климатических и геолого-гидрогеологических) и техногенных (вызванных изменением природных условий и применяемых природоохранных мероприятий) факторов
- 6 Оценка опасности размещения ЗШО ТЭС на Среднем Урале должна производиться с учетом потенциальной возможности проявления каждого из приведенных в настоящей работе факторов.
7. Предложенные геоэкологические критерии позволяют на ранних стадиях проектирования выбрать среди конкурирующих площадку размещения ЗШО ТЭС, эксплуатация которого не позволит проявиться отрицательному воздействию на природные воды в полной мере, минимизировав тем самым негативное влияние на окружающую природную среду.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах

1. **Статья, опубликованная в ведущем рецензируемом научном журнале, определенном Высшей аттестационной комиссией**
 1. Грязнов О.Н. Геоэкологические критерии оценки золоотвалов на тепловых электростанциях в пределах Уральского региона / ОН Грязнов, С Н Елохина, Л Д. Футорянский, В.А Пайков // Известия вузов Горный журнал – 2005 – № 6 – С 32 – 39
2. **Статьи, опубликованные в материалах конференций**
 - 2 Елохина С Н. Геоэкологические последствия эксплуатации золоотвалов в открытых гидрогеологических структурах (на примере золоотвалов

- Рефтинской ГРЭС) / С.Н. Елохина, Л.Д. Футорянский // Экологические проблемы промышленных регионов – Екатеринбург, 2004 – С. 65 – 66
3. Елохина С.Н. Гидрогеологические исследования в районах размещения золоотвалов тепловых электростанций Среднего Урала / С.Н. Елохина, Л.Д. Футорянский // Тенденции и перспективы развития гидрогеологии и инженерной геологии в условиях рыночной экономики России. XI Толстихинские чтения. – СПбГИ, 2004. – С. 21 – 23.
 4. Футорянский Л.Д. Техногенная трансформация режима подземных вод в районах размещения золошлакоотвалов ТЭС на Среднем Урале // Материалы всероссийского совещания по подземным водам Сибири и Дальнего Востока России (XVIII Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока России) / Иркутский государственный технический университет – Иркутск, 2006 – С. 302 – 304
 5. Elokhina S.N. Research of connection karst with flooding of building / Elokhina S.N., Dubacovsky S.G., Afanasiadi E.I., Futoryansky L.D., Gorbova S.V. // International symposium on latest natural Disasters – new challenges for engineering geology, geotechnics and civil protection. September 5 – 8, 2005, Sofia, Bulgaria.

Подписано в печать 05.2008. Бумага писчая. Формат 60×84 1/16

Печ. л. 1.0 Тираж 100 экз Заказ № 82

Отпечатано в издательстве УГТУ,

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»