**Комонов Сергей Владимирович. Технология пылеподавления на золоотвалах энергетических комплексов : Дис. ... канд. техн. наук : 05.14.01 Красноярск, 2006 118 с. РГБ ОД, 61:06-5/1874**

Федеральное агентство по образованию Государственное образовательное учреждение высшего и профессионального образования Красноярский государственный технический университет

на правах рукописи

Комонов Сергей Владимирович

**ТЕХНОЛОГИЯ ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ НА ЗОЛООТВАЛАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

Специальность 05.14.01 Энергетические системы и комплексы

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель д.т.н., проф. Г.И. Кузнецов

Красноярск - 2006

**Содержание**

стр.

**Введение 3**

1. **Процесс пылеобразовання и методы борьбы с ним 9**
   1. Ветровая эрозия фунтовых поверхностей 9
   2. [Теоретические основы процесса пыления 13](#bookmark3)
   3. [Особенности ветровой эрозии на золошлакоотвалах ТЭС 22](#bookmark7)
   4. [Пыление на золоотвалах в зимний период 36](#bookmark14)
   5. Методы пылеподавления на золоотвалах 38
   6. Выводы 48
2. [**Технология пылеподавления и ее е обоснование** 49](#bookmark17)
   1. [Основные этапы предлагаемой технологии 49](#bookmark18)
   2. Теплофизическое обоснование предлагаемой технологии 51
      1. Постановка задачи 51
      2. [Методика расчета 55](#bookmark19)
   3. Результаты расчетов 61
   4. Выводы 79
3. [**Экспериментальные исследования процесса пыления 80**](#bookmark30)
   1. [Цель и постановка экспериментальных исследований 80](#bookmark31)
   2. Конструкция аэродинамической установки и методика 81 исследований
   3. Результаты исследований 84
   4. Выводы 94
4. **Экономическое обоснование 95**

**Заключение 100**

**Список использованных источников 102**

**Приложение А. Примеры разрушения гидрозолоотвалов 113**

**Введение**

Во многих регионах России атмосфера интенсивно загрязняется промышленными выбросами, содержащими различные вещества, вредные для окружающей среды, (оксиды серы, азота, углерода, тяжелые металлы, углеводороды, частицы пыли). Одним из основных источников загрязнения атмосферы являются тепловые электрические станции (ТЭС), сжигающие твердое топливо.

В последние годы в России возрастает потребление электрической и тепловой энергии, вырабатываемой на ТЭС. Соответственно увеличивается объем сжигаемого твердого топлива. При этом возрастает количество твердых отходов ТЭС, складируемых в золоотвалах. Ущерб окружающей природной среде при эксплуатации этих сооружений наносится в результате совместного действия двух факторов - пыления сухой золы на надводных пляжах и фильтрации промышленных стоков через тело и основание дамб. Пылевые выбросы и фильтрационные стоки содержат в своем составе тяжелые металлы - кальций, магний, натрий и другие вредные вещества, содержащиеся в золошлаковых отходах и в воде системы гидрозолоудаления. Пыление поверхности надводных пляжей является существенным фактором негативного воздействия ТЭС на окружающую среду (Приложение А, рисунки А1, А2, АЗ).

Красноярские теплостанции на 1 МВт установленной мощности производят 200 тонн в год золошлаковых отходов. После сжигания угля на предприятиях топливно-энергетического комплекса края в золоотвалах накапливается в среднем 1млн 200 тыс. тонн золы в год, которая в настоящее время практически не используется. В результате Красноярск, Канск, Минусинск, Зеленогорск, Шарыпово и другие промышленные центры края

окружают обширные золошлаковые массивы. С каждым годом их площадь увеличивается, а число выделяемых ими в окружающую среду вредных химических веществ растет. И хотя зола Канско-Ачинских углей относится к IV классу опасности, тем не менее, накапливаясь в больших количествах, она оказывает серьезное негативное влияние на экологическую обстановку в регионе.

Одним из факторов такого воздействия является зольная пыль, выбрасываемая в воздух из труб ТЭС и выносимая с золоотвалов ветром на расстояние до нескольких километров. Например, в Красноярске есть места, где на один квадратный километр за сутки выпадает до 5 тонн пыли, преимущественно зольной.

Ситуация усугубляется еще и тем, что предприятия топливо­энергетического комплекса (ТЭК) в основном расположены компактно. Их совокупное воздействие на окружающую среду представляет серьезную угрозу экологическому благополучию региона. Наиболее неблагоприятными в этом отношении являются города Красноярск, Ачинск и Назарово и окружающие их территории /26, 82, 94/.

Следовательно, разработку эффективных методов пылеподавления и исследование процесса пыления золы на золоотвалах необходимо отнести к важнейшим природоохранным задачам при эксплуатации ТЭС.

**Актуальность работы** определяется необходимостью совершенствования энергетических систем и комплексов с целью повышения их надежности, безопасности, экономичности и снижения вредного воздействия на окружающую среду.

Складирование золошлаковых отходов тепловых электростанций преимущественно производится в гидрозолоотвалах. Эти объекты становятся причиной длительных экологических нарушений (геофильтрация промстоков, эрозия и обрушение откосов дамб, растекание гидросмеси при

прорывах дамб и затопление прилегающей территории, пыление золошлаков

и др.).

К настоящему времени недостаточно полно разработаны научные основы проектирования систем пылеподавления на золоотвалах в районах с продолжительными отрицательными температурами воздуха, где на процесс пылеобразования влияют такие специфические факторы, как сезонное промерзание-оттаивание массива складируемых золошлаковых отходов, сублимация и зимняя ветровая эрозия. На открытых поверхностях надводных пляжей, намытых из золошлаковых отходов, развивается активное пыление, сопровождающееся загрязнением атмосферы и поверхности почвы на прилегающей к золоотвалу территории, токсическим воздействием на растительность и живые организмы.

В то же время опыт эксплуатации золоотвалов и других промышленных накопителей в суровых природных условиях Центральной Сибири показывает, что возможно эффективно использовать криогенные процессы для управления пылеобразованием.

**Целью работы** является исследование и разработка технологии пылеподавления на золоотвалах, основанной на использовании процесса сезонного промерзания-оттаивания надводных пляжей в сочетании с временным ледяным покрытием, замедляющим процесс оттаивания и усиливающим увлажнение пляжа.

**Задачи исследования,** поставленные и решённые для достижения указанной цели:

1. Анализ ранее выполненных экспериментальных исследований ветровой эрозии и существующих методов и способов пылеподавления.
2. Математическое моделирование процесса промерзания-оттаивания влажного золошлакового массива пляжа.
3. Обоснование необходимой толщины слоя ледяной теплоизоляции, обеспечивающей увлажнение пляжа в период наиболее интенсивного пыления.
4. Экспериментальное исследование процесса пыления поверхности пляжа и определение критической влажности золошлакового материала, при которой начинается или прекращается процесс пыления.

**Методы исследований** включают вычислительное моделирование процесса промерзания-оттаивания золошлакового массива на пляже золоотвапа, сравнительный анализ результатов моделирования с расчетами по существующим методикам, экспериментальные исследования процесса пыления.

**Научная новизна** полученных результатов заключается в том, что впервые:

1. Разработана технология пылеподавления, основанная на использовании процесса сезонного промерзания-оттаивания, предотвращающая пыление поверхности массива пляжа в период интенсивного пыления (апрель - май),
2. На основе математического моделирования и численного эксперимента установлена зависимость процесса промерзания-оттаивания массива пляжа от влажности золошлакового материала и глубины положения депрессионной поверхности фильтрационного потока.
3. Установлена величина оптимальной толщины слоя льда, необходимого для увлажнения массива пляжа в зависимости от климатических факторов.
4. Установлена зависимость параметров процесса пыления золошлакового материала (Назаровской ГРЭС) от его гранулометрического состава и влажности, а также от скорости ветровоздушного потока; определена критическая влажность золошлакового материала, при которой начинается и прекращается пыление.

**Практическая значимость работы** состоит в том, что

1. Разработана технология пылеподавления для золоотвалов тепловых электростанций в условиях Центральной Сибири, основанная на использовании процессов сезонного промерзания-оттаивания массива золошлаковых отложений.
2. Результаты математического моделирования использованы для обоснования предлагаемой технологии, в частности, для назначения необходимой толщины слоя ледяной теплоизоляции.
3. Предлагаемая технология пылеподавления может найти применение на объектах энергетических систем для снижения их вредного воздействия на окружающую среду.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Технология пылеподавления, обеспечивающая водонасыщение золошлакового массива пляжа в период наиболее интенсивного пыления (апрель - май).
2. Результаты математического моделирования процесса промерзания-оттаивания массива пляжа в зависимости от влажности золошлакового материала и глубины положения депрессионной поверхности фильтрационного потока.
3. Рекомендации по определению оптимальной толщины слоя ледяной теплоизоляции, обеспечивающей увлажнение поверхности пляжа.
4. Результаты экспериментальных исследований критической влажности золошлакового материала, определяющей беспылевой режим эксплуатации золоотвала.

**Достоверность полученных результатов** обеспечивается использованием известных методов тепломассопереноса, а также сравнением полученных экспериментальных данных с результатами ранее выполненных исследований.

Результаты работы предложены для использования в энергосистемах Центральной Сибири, а также в учебном процессе в лекционном курсе и при проведении практических и лабораторных занятий по дисциплине «Ветровая эрозия и пылеподавление» на кафедре «Инженерная экология» КГТУ.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались на Международной научно-практической конференции «Экология и безопасность жизнедеятельности», Пенза, 2002 г; VII Международной научно-практической конференции «Биосфера и человек: проблемы

взаимодействия», Пенза, 2003 г; VII Всероссийской научной конференции «Современные методы математического моделирования природных и антропогенных катастроф», Красноярск, 2003 г; III научно-практической конференции «Проблемы защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», Красноярск ИВМ СО РАН, 2003 г; XVII Всероссийском совещании по подземным водам Востока России, Иркутск - Красноярск, 2003 г; научно-практической конференции «Современные проблемы водохозяйственного и гидроэнергетического строительства», Новосибирск, 2003 г; Международной научно-практической конференции «Город: прошлое, настоящее, будущее. Проблемы развития и управления», Иркутск, 2004 г; 4ом Международном конгрессе по управлению отходами ВэйстТэк-2005, Москва, 2005 г; Научном конгрессе «Мониторинг окружающей среды, геоэкология, дистанционные методы зондирования земли», Новосибирск, 2005 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 работ.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, содержит 118 стр. текста, включая 61 рисунков, 15 таблиц, список использованной литературы из 111 наименований и приложения на 5 страницах.

**Заключение**

В условиях Центральной Сибири ежегодно в период с апреля по июнь, при отсутствии дождей и длительном воздействии ветра на высыхающей поверхности надводных пляжей золоотвалов активно развивается пыление золы. Существующие способы борьбы с пылением на поверхности золоотвалов в климатических условиях Центральной Сибири недостаточно эффективны. В частности, слабо изучен процесс пыления золы, образующейся при сжигании Канско-Ачинских углей.

Содержание влаги в порах золошлакового массива является одним из основных факторов, определяющих сцепление частиц золы между собой и возможность их отрыва ветром от поверхности пляжа. Поэтому регулирование влажности потенциально пылящего поверхностного слоя золошлакового материала, образующего надводный пляж золоотвала, является приоритетным способом пылеподавления.

В данной работе предложена технология, основанная на использовании естественного процесса зимнего промерзания пляжа с последующим намораживанием на нем слоя льда. Медленное таяние льда и мерзлых золошлаковых отложений обеспечивает достаточно продолжительное постепенное увлажнение намывного массива в течение всего пылеопасного периода.

Вычислительное моделирование процессов замораживания — оттаивания слоев мерзлого водонасыщенного золошлакового материала и льда позволяют определить оптимальные параметры слоя ледяной теплоизоляции.

Установлена зависимость процесса промерзания-оттаивания массива золошлаков и слоя ледяной теплоизоляции от температуры воздуха, влажности золошлакового материала и других параметров. Для рассмотренных условий Центральной Сибири толщина ледяной теплоизоляции должна быть назначена в пределах 0,25 - 0,5 м.

Для золошлаков Назаровской ГРЭС исследован процесс ветровой эрозии на аэродинамической модели. Экспериментально определена критическая влажность золошлаковых отложений. Процесс пыления начинается при влажности 0,03 д.е, а прекращается при влажности 0,1 д.е. В дальнейшем исследования необходимо продолжить для различных видов зол в более широком диапазоне исходных данных. Определенная в опытах критическая влажность позволяет более обоснованно проектировать системы пылеподавления. После завершения оттаивания мерзлых слоев льда и золошлаков на следующем технологическом этапе пылеподавления необходимо учитывать и использовать эффект капиллярного поднятия влаги от депрессионной поверхности фильтрационного потока к поверхности пляжа.

По результатам исследований сформулированы основные положения предлагаемой технологии пылеподавления и дана ее экономическая оценка.

Использование этой технологии (например, на золоотвале Назаровской ГРЭС) приведет к снижению вредного воздействия на окружающую среду. При этом может быть получена существенная экономия средств по платежам за загрязнение атмосферы (до 100 рублей в год на 1м2 пылящей поверхности).

Предлагаемая технология позволяет частично решить проблемы, связанные с зимним пылением в период с января по март; в частности, устройство ледяного покрытия на промороженном пляже исключает сублимацию порового льда, скрепляющего частицы золошлакового материала.

**Список использованных источников**

1. Brand R. Entwicklung eines Verfahners zur Bergunung von Aschenhalden am Beispiel der Hochhalde Leuna. - Wasserwirtschaft - Wassertechnik, 1975 №2, c. 62-65.
2. Cent J., Brewer R. Preparation of Thin Sections of soil materials using synthetic resins / J. Cent and R. Brewer / Melbourne, 1971.
3. Cutting O. Spray answer to blowing problem. - Arabl farming, 1977

vol. 4,№3 c. 31-33.

1. Dean K.C., Havens R. Methods and costs for stabilizing tailings ponds.

- Mining Congr. J., 1973. vol. 59 №12. c. 41-46

1. Di Gioia A.M., Niece J.E., Hayden R.P. Environentaly acceptable coal- ash disposal sites. - Civil Engng. 1974. Выпуск 44, №12. с. 64-67.
2. Maly V. Chemicke prostredky omezeni prasnosti. - Vondi hospodarstvi «В», 1975. №11-12. c. 174-179.
3. Maly V. Pouzitizavlahy k omezeni prasnosti slozist elektraren. - Vondi hospodarstvi, 1976. №1 I.e. 171-176.
4. A.c. 261320 Чехословакия, МКИ EO 4B 1/12, C04B 7-26. Обеспыливающий защитный слой на отвалах твердых промышленных отходов.
5. Александров А.А., Трахтенберг М.С. Теплофизические свойства воды при атмосферном давлении - М.: Издательство стандартов, 1977. - 100
6. Андерсон С.Р., Халлет Б. Общая модель переноса частиц ветром - Вашингтон, 1981. 190 с.
7. Апельсин В.Г. Проектирование, строительство и эксплуатация морских ледяных сооружений - М. В/О «Мостехинформреклама» 1991. -36
8. Бакакин В.П. Лед в качестве материала для закладки выработанного пространства, М - «Издательство Академии наук СССР» 1955.- 82 с.
9. Бересневич П.В. и др. Аэрология карьеров: Справочник М.: «Недра», - 1990. - 279 с.
10. Богородский В.В., Гаврилин В.П. Лед: Физические свойства. Современные методы гляциологии. - Л.: Гидрометеоиздат, 1980. - 384 с.
11. Богородский В.В., Гусев А.В., Хохлов Г.П. Физика пресноводного льда. - Л.: Гидрометеоиздат, 1971. - 227 с.
12. Боричев К.П., Дубков А.И. Охрана окружающей среды от пыления золоотвалов // Сборник научных трудов АТЭП «Охрана окружающей среды на ТЭС и АЭС», М., «АтомТЕПЛОЭЛЕКТРОПРОЕКТ», 1985. - 283 с.
13. Борьба с пылью в рудных карьерах / В.А. Михайлов, А.И. Лобода, П.В. Бересневич, В.Г. Борисов / - М.:, Недра, 1981. - 262 с.
14. Будак Б.М. Разностный метод со сглаживанием коэффициентов для решения задач Стефана // Журнал вычислительной математики и математической физики. - 1965. - т. 5. — № 5. с. 828-840.
15. Будак Б.М., Васильев Ф.П., Успенский А.Б. Разностный метод решения некоторых краевых задач типа Стефана // Численные методы в газовой динамике. - М.: Изд-во МГУ, 1965. Вып. 4. с. 139-183.
16. Бютнер Э.К. Динамика поверхностного слоя воздуха. - Л.: Гидрометеоиздат, 1978. - 158 с.
17. Варшавский В.Я., Скворцов Л.С., Грачева Р.С. Новая технология измельчения промышленных отходов / Экология и промышленность России
18. -№5. с. 14-18
19. Васильев Ф.П., Успенский А.Б. О методе конечных разностей для решения двухфазной задачи Стефана для квазилинейного уравнения // Доклады Академии наук СССР. Математика. - 1963. -Т. 152. с. 861-886.
20. Вишня Б.Л., Золотухин Л.П. и др. Основные результаты промышленного эксперимента по транспорту и складированию в сухой отвал золы экибастузского угля. Промышленная энергетика 1989, №5. с. 17-20
21. Возведение золоотвалов тепловых электростанций при отрицательных температурах воздуха. Обзорная информация / Огарков А.А., Пантелеев В.Г. - М.: Информэнерго, 1992. - 44 с.
22. Возженников О.И., Бурков А.П., Квазиоднородная модель расчета турбулентных потоков вещества с подстилающей поверхности. Метеорология и гидрология, 1991. — №5. с. 33—38.
23. Гаврилин К.В., Озерский А,Ю. Канско-Ачинский угольный бассейн /Под ред. В.Ф. Череповского / - М.: Недра, 1996. - 272 с.
24. Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика / Г.В. Железняков, П.Л. Иванов и др. - М.: Стройиздат, 1983. - 543 с.
25. Глазунов Г. П., Гендугов В. М. Механизмы ветровой эрозии почв. / Почвоведение, 2001. — №6 с. 741-755.
26. Глазунов Г.П, Гендугов В.М. О выдувании почв // Вестн. Моск. ун-та Сер. 17. 1997. Почвоведение №3.с. 10-14.
27. Глазунов Г.П., Гендуков В.М. Модель безвозвратного уноса почвы ветром. / Вестник московского университета Серия №17. Почвоведение 1999. - №1. с. 38-45.
28. Глазунов Г.П., Гендуков В.М. О структуре почво-воздушного потока при ветровой эрозии. Основы математического моделирования явления. / Вестник московского университета Серия №17. Почвоведение 1999.-№ I.e. 32-37.
29. Горбатов Ю.П. Ускоренная рекультивация территории гидроотвала. - Бюл. Черная металлургия, 1983, №19, с. 42^14.
30. Горлов В.Д. Рекультивация земель на карьерах, М., Недра, 1981. -

260 с.

1. Григорьянц Р.Е. Химическое закрепление пылящих поверхностей хвостохранилища Джезказганского горно-металлургического комбината. - Труды науч.-исслед. и проект, ин-та по обогащению руд цветных металлов «Казмеханобр», 1975, сб. 14, с. 156-161.
2. Григорьянц Р.Е., Горяев М.И. Новый способ закрепления пылящих поверхностей хвостохранилищ с применением алкилсиликонатов натрия - Труды науч.-исслед. и проект, ин-та по обогащению руд цветных металлов «Казмеханобр», 1974, сб. 13, с. 79-82.
3. Долгилевич М.И. и др. Система лесных полос и ветровая эрозия / М.И. Долгилевич, Ю.И. Васильев, А.Н. Сажин М. Лесная промышленность, 1981,- 160 с.
4. Долгилевич М.И. Научные основы комплексных мероприятий по защите почв от ветровой эрозии /Сер. «Земледелие, мелиорация и химизация». Обзорная информация/ - М. 1982. - 62 с.
5. Долгилевич М.И. Пыльные бури и агромелиоративные мероприятия / Научные труды ВАСХНИЛ - М. Колос 1978. - 159 с.
6. Долгилевич М.И., Васильев Ю.И. Механизм отрыва эрозионной частицы от поверхности почвы // Бюл. Всес. науч.-исслед. ин-та агролесомелиорации 1973, Вып. 12 - 66 с.
7. Дубов А.С, Быкова Л.П., Марунич С.В. Турбулентность в растительном покрове. Л. Гидрометеоиздат, 1978. - 183 с.
8. Дульнев Г.Н., Парфенов В.Г., Сигалов А.В. Применение ЭВМ для решения задач теплообмена: Учебное пособие для теплофизических и теплоэнергетичесих специальностей вузов. - М.: Высшая школа, 1990. - 207
9. Дюнин А.К. Механика метелей. - Новосибирск, Изд-во Сиб. отделения АН СССР, 1963. - 378 с.
10. Жиленков В.Н. Новые эффективные средства пылеподавления на отвалах промышленных отходов // Экология промышленного производства
11. -№3 с. 23-29.
12. Золошлаковые материалы и золоотвалы. Пантелеев В.Г., Добкин

Э.Л., Гольдина Т.М. и др. Под ред. В.А. Мелентьева. - М. Энергия. 1978. - 295 с.

1. Кальянов К.С. Динамика процессов ветровой эрозии почв. М. Наука, 1976.- 155 с.
2. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел. - М.: Наука, 1964.-487 с.
3. Комонов С. В. Пылеобразование и пылеподавление на золоотвалах Сибирских ТЭС // Сборник научных трудов международной научно-практической конференции «Город: прошлое, настоящее, будущее. Проблемы развития и управления», Иркутск, ИрГТУ, 2004. с. 54-58.
4. Комонов С.В. Влияние кольматации основания и выемки золошлаков на фильтрацию из золоотвала Назаровской ГРЭС-1. // Материалы Всероссийского совещания по подземным водам Востока России. - Иркутск: изд-во ИрГТУ. 2003. с. 208-210
5. Комонов С.В. Криогенная технология пылеподавления.// 4й Международный конгресс по управлению отходами ВэйстТэк-2005, Москва, 2005. с. 247.
6. Комонов С.В. Обоснование экологической безопасности шламохранилища // Материалы Всероссийского совещания по подземным водам Востока России. Иркутск: изд-во ИрГТУ. 2003. с. 203-205
7. Комонов С.В. Обоснование экологической безопасности шламохранилища Ачинского глиноземного комбината// 4" Международный конгресс по управлению отходами ВэйстТэк-2005, Москва, 2005. с. 251-252.
8. Комонов С.В. Проблемы и задачи защиты населения и окружающей среды при эксплуатации золоотвалов Средней Сибири //

Современные методы математического моделирования природных и антропогенных катастроф. Проблемы защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера Т.2.: Тр. Научных конференций, - Красноярск: ИВМ СО РАН, 2003. с. 163-170.

1. Комонов С.В. Комплексное обоснование экологической безопасности шламохранилища // Сб. материалов международной научно- практической конференции «Биосфера и человек: проблемы взаимодействия». - Пенза, 2003. с. 82-85.
2. Комонов С.В. Криогенная технология пылеподавления на золоотвалах ТЭС // Сб. материалов международной научно-практической конференции «Экология и безопасность жизнедеятельности». - Пенза, 2002, с. 120-123.
3. Корытова И.В. Исследование физических и теплофизических свойств мерзлого золошлакового материала печорского угля // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. Т. 188.-Л.: Изд. ВНИИГ, 1986.-е. 58-65.
4. Кроник Я.А. Термомеханические модели мерзлых грунтов и криогенных процессов // Реология грунтов и инженерное мерзлотоведение. - М.: Наука, 1982.-е. 200-212.
5. Кузнецов Г.И. Криогенные процессы и устойчивость хвостохранилшц на многолетнемерзлых основаниях // Проблемы инженерного мерзлотоведения в гидротехническом строительстве / АН СССР, Научный Совет по криологии Земли. - М.: Наука, 1986. - с. 67-75.
6. Кузнецов Г.И. Оценка фильтрационной устойчивости золоотвала ИТЭЦ-10./ Кузнецов Г.И., Ворошилов О.А., Никифорова Н.В. // Достижения науки и техники - развитию сибирских регионов. - Часть 2, Красноярск, КГТУ, 1999. с. 75
7. Кузнецов Г.И. Эффективные технические решения накопителей промышленных отходов в криолитозоне // Известия вузов. Строительство. 1999.-№2-3. с. 85-94.
8. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия почв. - М. Изд-во МГУ 1985.-91 с.
9. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П., Зорина Е.Ф. Физические основы эрозии почв. - М. Изд-во МГУ им. В.Ломоносова, 1992. - 94 с.
10. Кузнецов М.С., Халимов М.С., Иванюта Л.Я., Гендугов В.М. Новый подход к оценке эродирующего действия потока на почву // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение 1997. -№ 2. с. 10-14
11. Курочкин М.И., Лунев В.Д. Удельная поверхность дисперсных материалов: Теория и расчет- Л., Изд-во Ленингр. Ун-та, 1980. - 140 с.
12. Лыков А.В. Теория теплопроводности. - М. Высшая школа, 1967. -599 с.
13. Лыков А.В. Тепломассообмен. / Справочник - М. Энергия, 1978. -

479 с.

1. Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория тепло и массопереноса. - М - Л. Госэнергоиздат, 1963. - 535 с.
2. Мерзлотные исследования в осваиваемых районах СССР. - Новосибирск: Наука, 1980. - 184 с.
3. Методика расчетной оценки ветровой эрозии и пыления золоотвала ТЭС. РД 153-34.0-02.106-98 // «УралОРГЭС», Екатеринбург, 1998.-28 с.
4. Михайлов В.А., Бересневич П.В. Пылеподавление при выемочно­погрузочных работах на рудных карьерах //-М., Недра, 1976. - 119 с.
5. Михайлов В.А., Борисов В.Г. Расчет пленок из битумной эмульсии на ветровую нагрузку. - Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 1975. — №1. с. 51-57.
6. Неганова Л.Б., Пасынкова М. Использование водорослей для индикации окультуривания золоотвалов. Растения и промышленная среда. - Свердловск, 1976, сб. 4, с. 152-158.
7. Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред // М.: Наука, 1978.-336 с.
8. Огарков А.А. Теплофизические характеристики золошлаковых материалов // Электрические станции, 1986. - №4. с. 39-41.
9. Олейников А.Г., Поплавский В.Г. Физико-химическое закрепление хвостохранилищ. - М. / Центр, науч.-исслед. ин-т информации и техн.-эконом. исследования цветной металлургии: Обзорная информация / 1976.-26 с.
10. Павлов А.В. Расчет и регулирование мерзлотного режима почвы. - Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1980. - 240 с.
11. Пат. 2084636 РФ. Способ закрепления пылящих поверхностей / Жиленков В.Н., Билев А.Е. Бюл. «Изобретения» 1997. -№20 с. 295.
12. Певзнер М.Е., Беленький П.Г., Валерьянова Л.И. Укрепление песчано-глинистых пород с применением постоянного электрического поля. - Труды науч.-исслед. ин-та горнохимического сырья. М., 1974, вып. 28 с. 134-160.
13. Пехович А.И. Основы гидроледотермики / - Л.:

«Энергоатомиздат». Ленингр. Отд. 1983. - 200 с.

1. Пехович А.И., Жидких В. М. Расчеты теплового режима твердых тел. - Л.: «Энергия», 1976. - 352 с.
2. Пикалова Г.М., Серая Г.П., Никулина М.В. Структура и

производительность растительных сообществ на золоотвалах Центральной части Восточно-Европейской равнины. - Растения и промышленная среда. - Свердловск, 1976, сб. 4, с. 31-46.

1. Порхаев Г.В., Щелоков В.К. Прогнозирование температурного режима вечномерзлых грунтов на застраиваемых территориях. - Л. Стройиздат. 1980. - 112 с.
2. Протасов В. Ф., Молчанов К. С. Экология, здоровье и природопользование в России / Под ред. В.Ф. Протасова / - М.: Финансы и статистика 1995. - 524 с.