



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

«СОГЛАСОВАНО».
Руководитель ОП
Водоснабжение, канализация, строительные системы
охраны водных ресурсов
(название образовательной программы)

 Н.В. Земляная
(подпись) (Ф.И.О.)
«20»_декабря_2014 г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий (ая) кафедрой
инженерных систем зданий и сооружений
(название кафедры)

 А.В. Кобзарь
(подпись) (Ф.И.О.)
«20»_декабря_2014 г.

ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

по образовательной программе высшего образования – программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре
по специальной дисциплине
Направление подготовки – 08.06.01, Техника и технологии строительства
Профиль - Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов
Форма подготовки очная

Инженерная школа
Кафедра инженерных систем зданий и сооружений

Программа кандидатского экзамена составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. № 873

Программа кандидатского экзамена обсуждена на заседании кафедры инженерных систем зданий и сооружений, протокол № 4 от «19» декабря 2014 г.

Заведующий (ая) кафедрой А.В. Кобзарь
Составитель (ли): доктор техн., наук, доцент, профессор кафедры инженерных систем зданий и сооружений Н.В. Земляная, старший преподаватель кафедры инженерных систем зданий и сооружений С.А. Безбородов.

I. Программа кандидатского экзамена пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Программа кандидатского экзамена пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине Моделирование физико-химических процессов систем и сооружений водоснабжения и водоотведения предназначена для обучающихся по образовательной программе высшего образования - программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 08.06.01 Техника и технологии строительства, типовой программы кандидатского экзамена по профилю Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов.

Программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 08.06.01 Техника и технологии строительства, типовой программы кандидатского экзамена по профилю Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов, утвержденной приказом Минобрнауки России от 8 октября 2007 г. № 274 и рабочей программы учебной дисциплины Моделирование физико-химических процессов систем и сооружений водоснабжения и водоотведения образовательной программы аспирантуры по направлению 08.06.01 Техника и технологии строительства, профилю Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов, разработанной в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет».

Кандидатский экзамен проводится в форме устного экзамена.

Программа кандидатского экзамена включает в себя:

- аннотацию;
- содержание кандидатского экзамена;
- вопросы к экзамену;
- список рекомендуемой литературы и источников.

I. СОДЕРЖАНИЕ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

Модуль 1. Инновационные технологии транспортировки воды, водоподготовки и очистки сточных вод

Раздел I. Перекачка воды и сточной жидкости

Тема 1. Перекачка воды и сточной жидкости

Насосное оборудование. Оборудование для измерения расходов воды и сточных вод. Регулирование работы насосов. Применение методов частотного регулирования работы насосов.

Модуль 2. Водоподготовка

Раздел I. Природные воды

Тема 1. Классификация природных вод Классификация С.А. Щукарева. Классификация Л.А. Кульского. Классификация фирмы Rohm & Haas (США). Классификация О.А. Алёкина. Классификация А.И. Перельмана.

Тема 2. Физико-химические показатели качества природных вод

Гидробиологический показатель качества воды – индекс сапробности. Гидрохимический индекс загрязнения воды. Окислительно-восстановительный потенциал (Редокс-потенциал).

Тема 3. Нормативы качества воды

Нормативы качества воды для систем хозяйственно-питьевого, коммунально-бытового и промышленного водоснабжения и воды водоемов и водотоков. Основы водного законодательства. Термины. Перечень документов. Сопоставление норм качества питьевой воды России, Европейского Союза (ЕС), Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), национальных норм США и некоторых европейских стран.

Раздел II. Методы водоподготовки

Тема 1. Осветление воды фильтрованием через слои зернистого насыпного материала

Технология фильтрования. Скорость фильтрования. Условия применения.

Тема 2. Баромембранные методы водоподготовки

Обратный осмос. Ультрафильтрация. Мембраны. Мембранные аппараты и установки. Концентрационная поляризация. Причины изменения характеристик мембран в процессе их эксплуатации. Физико-механическое воздействие на мембраны. Химическая и биологическая деструкция мембран. Загрязнение мембран при их эксплуатации. Природа и химический состав загрязнений. Влияние гидродинамических условий в обратноосмотических аппаратах на загрязнение поверхности мембран. Способы предотвращения загрязнения мембран. Восстановление характеристик мембран.

Тема 3. Озонирование воды

Принцип получения озона. Обеззараживающее действие озона. Обесцвечивание воды. Удаление из воды железа и марганца. Устранение привкусов и запахов воды. Особенности озонирования. Побочные продукты озонирования.

Тема 4. Ультрафиолетовое обеззараживание воды

Технология проведения. Условия применения метода. Положительные и отрицательные качества метода. Источник бактерицидного излучения. Сравнение основных методов обеззараживания воды: хлорирование, озонирование, ультрафиолетовое облучение.

Тема 5. Электрохимические методы обработки воды

Электрофлотация. Электродиализ. Электрохимическое обеззараживание воды. Магнитная обработка. Электромагнитное воздействие на воду с переменной частотой.

Тема 6. Химическое окисление примесей

Методы химической деструкции загрязняющих веществ. Гидроксид - радикал. Реакция Фентона. Окисление перманганатом калия.

Тема 7. Стабилизационная обработка воды

Основные проблемы, возникающие при эксплуатации водопроводных систем. Индексы стабильности воды. Влияние некоторых показателей качества воды на ее стабильность.

Раздел II. Биологическая очистка сточных вод

Тема 1. Основные процессы биологической очистки сточных вод

Биология в биологической очистке сточных вод. Организмы и их селекция. Процессы конверсии на станциях биологической очистки стоков. Биологический рост. Гидролиз. Распад биомассы. Накопление запасных веществ. Аэробная гетеротрофная конверсия органических веществ. Реакции аэробной конверсии. Коэффициент прироста ила при аэробной гетеротрофной конверсии. Макроэлементы для аэробной гетеротрофной конверсии. Кинетические аспекты аэробной гетеротрофной конверсии. Гетеротрофные микроорганизмы в аэробной конверсии. Влияние окружающей среды на аэробную гетеротрофную конверсию.

Тема 2. Нитрификация

Реакции нитрификации. Кинетические аспекты нитрификации. Влияние окружающей среды на нитрификацию.

Тема 3. Денитрификация

Реакции денитрификации. Коэффициент прироста ила при денитрификации. Макроэлементы, необходимые для денитрификации. Щелочность. Кинетика денитрификации. Влияние окружающей среды на денитрификацию.

Тема 3. Биологическое удаление фосфора

Микроорганизмы. Реакции биологического удаления фосфора. Коэффициент прироста биомассы в процессе биологического удаления фосфора. Щелочность. Кинетика биологического удаления фосфора. Влияние окружающей среды на биологическое удаление фосфора.

Тема 4. Анаэробные процессы

Реакции при анаэробном брожении. Рост биомассы и коэффициенты ее прироста при анаэробном брожении. Макроэлементы, необходимые для

анаэробного брожения. Щелочность при анаэробном брожении. Кинетика анаэробного брожения. Образование газообразных продуктов. Влияние окружающей среды на анаэробное брожение.

Раздел III. Сооружения для очистки сточных вод

Тема 5. Системы очистки стоков с активным илом

Массовый баланс в системе с активным илом. Понятия и определения, используемые для описания процессов, происходящих в системах с активным илом. Типы систем с активным илом. Системы с рециркуляцией активного ила. Системы с совмещенным аэротенком и отстойником. Системы с контактной стабилизацией ила. Системы с биосорбцией взвешенного вещества. Проектирование систем очистки с использованием активного ила. Проектирование на основе объемной нагрузки. Проектирование на основе нагрузки на ил или возраста ила.

Тема 6. Биофильтры

Кинетика процессов, происходящих в биопленках. Кинетические параметры процессов, происходящих в биопленках. Диффузия в гидравлической пленке. Двухкомпонентная диффузия. Кинетика процессов, происходящих на фильтрах. Массовые балансы для биофильтров. Биофильтры без рециркуляции. Биофильтры с рециркуляцией. Понятия и определения. Типы реакторов. Капельные фильтры. Погружные фильтры. Реакторы с вращающимися дисками. Проектирование биофильтров. Проектирование капельных фильтров. Проектирование реакторов с вращающимися дисками. Проектирования фильтров других типов. Проектирование биофильтров, предназначенных для удаления растворенных органических веществ. Технические условия работы биофильтров. Аэрация в биофильтрах. Рост и удаление биомассы. Удаление взвешенных органических веществ. Детальное моделирование.

Тема 7. Системы очистки с нитрификацией

Массовый баланс при нитрификации. Обособленные системы нитрификации. Совместное удаление органического вещества и аммония.

Типы систем нитрификации. Системы, содержащие только нитрифицирующий ил. Одноиловые системы нитрификации. Нитрификация в двухстадийной системе. Фильтры, содержащие только нитрифицирующий ил. Двухстадийные системы нитрификации на фильтрах. Двухстадийные системы нитрификации, состоящие из биофильтра и реактора с активным илом. Проектирование систем нитрификации. Системы нитрификации с активным илом. Оптимизация работы систем нитрификации. Проектирование биофильтров для нитрификации.

Тема 8. Системы денитрификации

Уравнения массового баланса при денитрификации. Обособленные системы денитрификации. Комбинированный процесс нитрификации /денитрификации. Типы систем денитрификации. Системы денитрификации с денитрифицирующим илом. Денитрификация в одноиловой системе. Биофильтры для денитрификации. Проектирование систем денитрификации. Отношение C/N. Кислород/перемешивание. Одновременная нитрификация/денитрификация. Газообразный азот в отстойниках и на биофильтрах. Потребление кислорода. Щелочность. Проектирование систем денитрификации с активным илом. Проектирование на основе моделирования. Проектирование биофильтров для денитрификации. Редокс-зоны в биомассе.

Тема 9. Системы биологического удаления фосфора

Уравнения массового баланса при биологическом удалении фосфора в системах с активным илом. Типы систем для биологического удаления фосфора. Биологическое удаление фосфора в сочетании с нитрификацией/денитрификацией при использовании внутреннего источника углерода. Биологическое удаление фосфора в сочетании с нитрификацией/денитрификацией с дополнительным источником углерода. Биологическое удаление фосфора с использованием легко разлагаемого органического вещества, образующегося внутри системы. Биологическое удаление фосфора без нитрификации/денитрификации. Проектирование

систем биологического удаления фосфора. Легко разлагаемое органическое вещество. Проектирование реакторов для биологического удаления фосфора. Оптимизация процесса биологического удаления фосфора.

Тема 10. Гидролиз/ферментация и анаэробная очистка сточных вод

Гидролиз/ферментация. Анаэробная обработка сточных вод. Уравнения массового баланса при анаэробной обработке. Типы систем анаэробной очистки. Предварительная обработка стоков при анаэробной очистке. Системы со взвешенным илом. Анаэробная очистка на фильтрах. Проектирование систем анаэробной очистки. Проектирование систем со взвешенной биомассой. Проектирование анаэробных фильтров. Образование газообразных соединений в анаэробном процессе. Оптимизация анаэробной очистки. Запуск анаэробных реакторов. Нарушения в работе анаэробных реакторов.

Раздел IV. Физико-химические методы очистки сточных вод

Тема 1. Небиологические системы для удаления фосфора из сточных вод

Уравнения массового баланса для процессов удаления фосфора. Механизмы физико-химического удаления фосфора. Связывание фосфора в почве. Небиологические системы удаления фосфора. Осаждающие вещества. Проектирование установок для удаления фосфора. Химическое осаждение. Работа установок для удаления фосфора.

Модуль 2. Моделирование физико-химических процессов систем и сооружений водоснабжения и водоотведения

Тема 1. Моделирование фильтров.

Технологическое моделирование процессов фильтрования. Историческая справка. Теоретические основы очистки воды фильтрованием. Дифференциальные уравнения процесса осветления воды. Прирост потери напора. Обобщенные представления. Многоцелевая экспериментальная установка. Обработка результатов опытов и расчет параметров

фильтрации. Расчет фильтров по результатам технологического моделирования. Фильтрующие материалы.

Тема 2. Моделирование водозаборов подземных вод.

Математические модели. Электродинамическая аналогия. Физическое моделирование. Особенности моделирования водозаборов подземных вод.

Тема 3. Моделирование макрокинетических процессов

Формальная кинетика и макрокинетика. Потоки в аппаратуре и их влияние на ход процесса. Модели структуры потоков в аппаратах. Идеальные аппараты. Неидеальные аппараты. Эффективность различных реакторов.

Тема 4. Моделирование флотации

Теоретические основы процесса. Математические модели. Аппараты, условия, критерии моделирования.

Тема 5. Моделирование адсорбции.

Перенос вещества в двухфазной среде. Динамика сорбции. Постановка задачи. Линейный случай. Нелинейный случай.

Тема 6. Мембранные технологии. Моделирование.

Теоретические основы. Математические модели. Физическое моделирование. Модель Кедем - Качальского. Модель “растворение – диффузия”. Модель тонких пор.

Тема 7. Основы моделирования биологической очистки сточных вод.

Особенности моделей, их калибровка и применение. Структура моделей, переменные, параметры и движущие силы. Применение моделей. Анализ процессов на действующих станциях. Проектирование новых станций. Контроль работы станций в реальном времени. Модели как инструменты исследования. Калибровка модели и оценка параметров. Структура модели. Калибровка, верификация и оценка параметров. Моделирование систем с биопленкой. Интегральное моделирование.

Тема 8. Моделирование диффузионных процессов.

Математические модели уравнения турбулентной диффузии.
Имитационные методы. Физическое моделирование.

II. ВОПРОСЫ К КАНДИДАТСКОМУ ЭКЗАМЕНУ

1. Классификация природных вод
2. Физико-химические показатели качества природных вод
3. Нормативы качества воды для систем хозяйственно-питьевого, коммунально-бытового и промышленного водоснабжения и воды водоемов и водотоков. Основы водного законодательства.
4. Технология фильтрования.
5. Обратный осмос.
6. Ультрафильтрация.
7. Мембранные аппараты и установки.
8. Концентрационная поляризация.
9. Причины изменения характеристик мембран в процессе их эксплуатации. Способы предотвращения загрязнения мембран. Восстановление характеристик мембран.
10. Обеззараживающее действие озона.
11. Удаление из воды железа и марганца.
12. Особенности озонирования. Побочные продукты озонирования.
13. Сравнение основных методов обеззараживания воды: хлорирование, озонирование, ультрафиолетовое облучение.
14. Электрофлотация.
15. Электродиализ.
16. Электрохимическое обеззараживание воды.
17. Гидроксид - радикал.
18. Реакция Фэнтона.
19. Окисление загрязняющих веществ перманганатом калия.

20. Индексы стабильности воды. Влияние некоторых показателей качества воды на ее стабильность.
21. Биология в биологической очистке сточных вод. Организмы и их селекция.
22. Процессы конверсии на станциях биологической очистки стоков. Биологический рост. Гидролиз. Распад биомассы. Накопление запасных веществ.
23. Аэробная гетеротрофная конверсия органических веществ. Реакции аэробной конверсии. Коэффициент прироста μ при аэробной гетеротрофной конверсии.
24. Макроэлементы для аэробной гетеротрофной конверсии. Кинетические аспекты аэробной гетеротрофной конверсии. Гетеротрофные микроорганизмы в аэробной конверсии. Влияние окружающей среды на аэробную гетеротрофную конверсию.
25. Реакции нитрификации. Кинетические аспекты нитрификации. Влияние окружающей среды на нитрификацию.
26. Реакции денитрификации. Коэффициент прироста μ при денитрификации. Макроэлементы, необходимые для денитрификации. Кинетика денитрификации. Влияние окружающей среды на денитрификацию.
27. Реакции биологического удаления фосфора. Коэффициент прироста биомассы в процессе биологического удаления фосфора. Кинетика биологического удаления фосфора. Влияние окружающей среды на биологическое удаление фосфора.
28. Реакции при анаэробном брожении. Рост биомассы и коэффициенты ее прироста при анаэробном брожении. Макроэлементы, необходимые для анаэробного брожения. Кинетика анаэробного брожения. Образование газообразных продуктов. Влияние окружающей среды на анаэробное брожение.

29. Массовый баланс в системе с активным илом. Понятия и определения, используемые для описания процессов, происходящих в системах с активным илом.
30. Типы систем с активным илом.
31. Кинетика процессов, происходящих в биопленках. Кинетические параметры процессов, происходящих в биопленках. Диффузия в гидравлической пленке. Двухкомпонентная диффузия. Кинетика процессов, происходящих на фильтрах. Массовые балансы для биофильтров.
32. Биофильтры без рециркуляции.
33. Биофильтры с рециркуляцией.
34. Типы реакторов. Капельные фильтры. Погружные фильтры. Реакторы с вращающимися дисками.
35. Технические условия работы биофильтров. Аэрация в биофильтрах. Рост и удаление биомассы. Удаление взвешенных органических веществ.
36. Массовый баланс при нитрификации. Обособленные системы нитрификации.
37. Совместное удаление органического вещества и аммония.
38. Типы систем нитрификации.
39. Системы, содержащие только нитрифицирующий ил.
40. Фильтры, содержащие только нитрифицирующий ил.
41. Двухстадийные системы нитрификации на фильтрах. Двухстадийные системы нитрификации, состоящие из биофильтра и реактора с активным илом.
42. Проектирование систем нитрификации.
43. Системы нитрификации с активным илом. Оптимизация работы систем нитрификации.
44. Уравнения массового баланса при денитрификации.
45. Обособленные системы денитрификации.

46. Комбинированный процесс нитрификации/денитрификации.
47. Типы систем денитрификации. Системы денитрификации с денитрифицирующим илом. Денитрификация в одноиловой системе. Биофильтры для денитрификации.
48. Проектирование систем денитрификации. Отношение C/N. Кислород/перемешивание.
49. Одновременная нитрификация/денитрификация.
50. Газообразный азот в отстойниках и на биофильтрах. Потребление кислорода. Редокс-зоны в биомассе.
51. Уравнения массового баланса при биологическом удалении фосфора в системах с активным илом.
52. Типы систем для биологического удаления фосфора.
53. Биологическое удаление фосфора в сочетании с нитрификацией/денитрификацией при использовании внутреннего источника углерода.
54. Биологическое удаление фосфора в сочетании с нитрификацией/денитрификацией с дополнительным источником углерода.
55. Биологическое удаление фосфора с использованием легко разлагаемого органического вещества, образующегося внутри системы.
56. Биологическое удаление фосфора без нитрификации/денитрификации.
57. Оптимизация процесса биологического удаления фосфора.
58. Гидролиз/ферментация.
59. Анаэробная обработка сточных вод. Уравнения массового баланса при анаэробной обработке.
60. Типы систем анаэробной очистки.
61. Предварительная обработка стоков при анаэробной очистке. Системы со взвешенным илом.
62. Анаэробная очистка на фильтрах.

63. Образование газообразных соединений в анаэробном процессе. Оптимизация анаэробной очистки.
64. Запуск анаэробных реакторов. Нарушения в работе анаэробных реакторов.
65. Механизмы физико-химического удаления фосфора.
66. Технологическое моделирование процессов фильтрования.
67. Теоретические основы очистки воды фильтрованием.
68. Дифференциальные уравнения процесса осветления воды.
69. Многоцелевая экспериментальная установка.
70. Обработка результатов опытов и расчет параметров фильтрования.
71. Расчет фильтров по результатам технологического моделирования.
72. Математические модели водозаборов подземных вод.
73. Электродинамическая аналогия.
74. Физическое моделирование.
75. Особенности моделирования водозаборов подземных вод.
76. Формальная кинетика и макрокинетика.
77. Потoki в аппаратуре и их влияние на ход процесса.
78. Модели структуры потоков в аппаратах.
79. Идеальные аппараты. Неидеальные аппараты.
80. Эффективность различных реакторов при моделировании макрокинетических процессов.
81. Теоретические основы процесса флотации.
82. Математические модели флотации.
83. Аппараты, условия, критерии моделирования флотации.
84. Перенос вещества в двухфазной среде.
85. Динамика сорбции. Постановка задачи. Линейный случай. Нелинейный случай.
86. Теоретические основы баромембранной фильтрации.
87. Математические модели баромембранной фильтрации.
88. Физическое моделирование баромембранной фильтрации.

89. Модель Кедем - Качальского.
90. Модель “растворение – диффузия”.
91. Модель тонких пор.
92. Особенности моделей биологической очистки сточных вод, их калибровка и применение.
93. Структура моделей, биологической очистки сточных вод переменные, параметры и движущие силы.
94. Модели биологической очистки сточных вод как инструменты исследования.
95. Калибровка модели биологической очистки сточных вод и оценка параметров. Структура модели.
96. Калибровка, верификация и оценка параметров моделей биологической очистки сточных вод.
97. Моделирование систем с биопленкой.
98. Интегральное моделирование биологической очистки сточных вод.
99. Математические модели уравнения турбулентной диффузии для прогноза качества воды в водоемах и водотоках.
100. Имитационные методы прогноза качества воды в водоемах
101. Физическое моделирование.

III. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ

Основная литература

1. Алексеев, Е.В. Основы технологии очистки сточных вод флотацией Е. В. Алексеев. - М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов 2009. – 135с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:667505&theme=FEFU>
2. Беликов, С.Е. Водоподготовка : справочник [под ред. С. Е. Беликова]. –М.: Изд-во Аква-Терм 2007. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:358899&theme=FEFU>

3. Григорьева, Л.С. Физико-химическая оценка качества и водоподготовка природных вод : учебное пособие для вузов / Л. С. Григорьева.- М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2011. – 144с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:667821&theme=FEFU>
4. Рячиков, Б.Е. Современная водоподготовка / Б. Е. Рячиков. –М.: Изд-во ДеЛи плюс 2013. - 679с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:731966&theme=FEFU>
5. Сомов, М.А. Водоснабжение : учебник / М. А. Сомов, [М. Г. Журба]. - М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2010. – 261с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:667917&theme=FEFU>
6. Хенце, М. Очистка сточных вод биологические и химические процессы / М. Хенце, П. Армоэс, Й. Ля-Кур-Янсен, Э. Арван; пер. с англ. Т.П.Мосоловой; под ред. С.В.Калюжного. –М.: Изд-во Мир, 2006.- 480с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:381297&theme=FEFU>
7. Шестаков, В.М. Гидрогеодинамика : учебник для вузов / В.М. Шестаков. – М. : Изд-во «КДУ», 2009. – 335 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:246323&theme=FEFU>

Дополнительная литература

1. Абрамов, А.А. Флотационные методы обогащения : учебник для вузов / А. А. Абрамов. – М. : Изд-во Московского горного университета, Горная книга, 2008. – 707с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:415640&theme=FEFU>
2. Белов, В.Ф. Функциональное моделирование в системе компьютерной математики MATLAB : учебное пособие / В. Ф. Белов, Д. В. Логинов, А. Н. Мадонов. – Саранск: Изд-во Мордовского университета, 2006. - 168с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:268323&theme=FEFU>
3. Воронов, В.Ю. Водоотведение и очистка сточных вод : учебник для вузов / Ю. В. Воронов; под ред. Ю. В. Воронова. – М.: Изд-во

Ассоциации строительных вузов, 2009. – 760с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:358279&theme=FEFU>

4. Генцлер, Г.Л. Развитие теории конструирования водоочистных флотационных аппаратов Г. Л. Генцлер ; [науч. ред. В. В. Дегтярев] ; - Новосибирск: Изд-во Сибпроект. Наука, 2004. – 317с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:706864&theme=FEFU>

5. Журба, М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений : учебное пособие для вузов / М. Г. Журба, Л. И. Соколов, Ж. М. Говорова ; науч.-метод. рук. и общ. ред. М. Г. Журбы. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2010. –407с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:667789&theme=FEFU>

6. Кичигин, В.И. Моделирование процессов очистки воды : учебное пособие / В. И. Кичигин. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 229с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:384271&theme=FEFU>

7. Корс, Ю.Ф. Применение методов математического моделирования в химии и химической технологии : учебно-практическое пособие / Л. Г. Корс, Ю. Ф. Болтнев, Н. В. Корс ; - Калининград: Российский государственный университет: Изд-во Российского университета, 2006. – 134с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:246323&theme=FEFU>

8. Лехов, А.В. Физико-химическая гидрогеодинамика : учебник / А. В. Лехов – М.: Изд-во «Университет», 2010. –499с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:417772&theme=FEFU>

9. Никифорова, Л.М. Влияние тяжелых металлов на процессы биохимического окисления органических веществ : [теория и практика] [монография] / Л. О. Никифорова, Л. М. Белопольский. – М.: Изд-во БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 78с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:277582&theme=FEFU>

10. Серпокрьлов, Н.С. Экология очистки сточных вод физико-химическими методами / Н. С. Серпокрьлов, Е. В. Вильсон, С. В. Гетманцев

[и др.]. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2009. -261с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:667858&theme=FEFU>

11. Тарко, А.М. Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов. Математическое моделирование / А. М. Тарко. – М.: Изд-во Физматлит, 2005. – 232с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:252496&theme=FEFU>