

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Вишневский Дмитрий Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 30.04.2025 11:55:50  
Уникальный программный идентификатор:  
03474917c4d012283e5ad996a48a5e70bf8da057

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет горно-металлургической промышленности и строительства  
Кафедра металлургических технологий

УТВЕРЖДАЮ  
И.о. проректора по учебной  
работе  
  
Д.В. Мулов

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Физико-химические процессы в химических агрегатах  
(наименование дисциплины)

18.03.01 Химическая технология  
(код, наименование направления)

Химическая технология природных энергоносителей и углеродных  
материалов  
(профиль подготовки)

Квалификация бакалавр  
(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, заочная  
(очная, очно-заочная, заочная)

Алчевск, 2024

## **1 Цели и задачи дисциплины**

*Цели и задачи изучения дисциплины «Физико-химические процессы в химических агрегатах»:* формирование базовой системы знаний в области коксохимического производства.

*Дисциплина направлена на формирование общепрофессиональной компетенции (ОПК-2) выпускника.*

## **2 Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Логико-структурный анализ дисциплины – курс входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» подготовки студентов по направлению 18.03.01 «Химическая технология», профиль «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов».

Дисциплина реализуется кафедрой металлургических технологий.

Входные знания студента базируются на изученных дисциплинах: «Математика», «Физика», «Общая, неорганическая, органическая, аналитическая, физическая и коллоидная химия», «Химия и технология органических веществ», «История химии и химической технологии».

Является основой для изучения следующих дисциплин: «Кинетика гетерогенных процессов», «Теоретические основы химической технологии природных энергоносителей и углеродных материалов», «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», «Высокотемпературные процессы химической технологии».

Общая трудоемкость освоения дисциплины для очной формы обучения составляет 4 зачетные единицы, 144 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (36 ак.ч.), практические (36 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (72 ак.ч.).

Общая трудоемкость освоения дисциплины для заочной формы обучения составляет 4 зачетные единицы, 144 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (6 ак.ч.), практические занятия (6 ак.ч.), и самостоятельная работа студента (132 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

### 3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Физико-химические процессы в химических агрегатах» направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-2	ОПК-2.1. Знает основы математики, физики, химии. ОПК-2.2. Умеет применять знания основ физических явлений и химических процессов, основные законы физики, химии, механики в профессиональной деятельности. ОПК-2.3. Владеет методами математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов прикладных программ.

#### 4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётные единицы, 144 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, текущему контролю, самостоятельное изучение материала и подготовку к экзамену.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак.ч.	Ак.ч. по семестрам
	144	5
Аудиторная работа, в том числе:	90	90
Лекции (Л)	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	–	–
Курсовая работа/курсовой проект	–	–
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	72	72
Подготовка к лекциям	18	18
Подготовка к лабораторным работам	–	–
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	18	18
Реферат (индивидуальное задание)	–	–
Домашнее задание	–	–
Подготовка к контрольной работе	–	–
Аналитический информационный поиск	10	10
Работа в библиотеке	10	10
Подготовка к экзамену	16	10
Промежуточная аттестация – экзамен(Э)		
ак.ч.	144	144
з.е.	4	4

## 5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенций, приведенных в п.3 дисциплина разбита на 4 темы:

- тема 1 (Физико-химические процессы при подготовке угольной шихты к коксованию);
- тема 2 (Физико-химические процессы при подготовке коксового газа для отопления коксовых батарей);
- тема 3 (Физико-химические процессы при получении кокса);
- тема 4 (Физико-химические процессы при переработке химических продуктов коксования).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной формы приведены в таблице 3 и 4 соответственно.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Физико-химические процессы при подготовке угольной шихты к коксованию	Виды физико-химических процессов в химических агрегатах: Гидромеханические. Тепловые. Массообменные. Химические. Испарение влаги и выделение продуктов разложения. Выделение лёгкой смолы и пирогенетической влаги. Размягчение угля.	8	Физические и физико-химические процессы: нагревание, охлаждение, разделение смесей.	8	–	–
2	Физико-химические процессы при подготовке коксового газа для отопления коксовых батарей	Термическое разложение молекул угля. Выделение продуктов разложения. Процессы подготовки коксового газа для отопления коксовых печей. Очистка и подогрев газа. Пропускание газа через выходящий из коксовых печей раскаленный кокс с целью повышения эффективности способа.	8	Влияние на качество кокса условий подготовки угольной шихты: гранулометрического состава, насыпной плотности, влажности	8	–	–
3	Физико-химические процессы при получении кокса	Процессы термической деструкции высокомолекулярных соединений сырья. Полимеризация и поликонденсация промежуточных и исходных веществ. Спекание тяжёлых углеродистых остатков разложения угля, образование полукочка. Получение кокса. Пиролиз первичных продуктов разложения.	10	Изучение процессов сушки угля, нагрева, размягчения и плавления.	10	–	–

Продолжение таблицы 3							
4	Физико-химические процессы при переработке химических продуктов коксования	Дистилляция. Деструкция. Гидрирование. Каталитическая переработка. Каменноугольная смола. Фенолы и пиридиновые основания. Бензол. Аммиак.	10	Изучение процессов затвердевания расплава и образование полукокса, кокса. Физико-химические свойства кокса.	10	-	-
Всего аудиторных часов за семестр			36		36		

Таблица 4 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Физико-химические процессы при получении кокса.	Процессы термической деструкции высокомолекулярных соединений сырья. Полимеризация и поликонденсация промежуточных и исходных веществ. Спекание тяжёлых углеродистых остатков разложения угля, образование полукокса. Получение кокса. Пиролиз первичных продуктов разложения.	4	Влияние на качество кокса условий подготовки угольной шихты: гранулометрического состава, насыпной плотности, влажности. Изучение процессов сушки угля, нагрева, размягчения и плавления.	4	–	–
2	Физико-химические процессы при переработке химических продуктов коксования.	Физико-химические свойства кокса. Процессы при переработке химических продуктов коксования. Дистилляция. Деструкция. Гидрирование. Каталитическая переработка. Каменноугольная смола. Фенолы и пиридиновые основания. Бензол. Аммиак.	2	Изучение процессов сушки угля, нагрева, размягчения и плавления. Затвердевание расплава и образование полукокса. <sup>о</sup> Получение кокса.	2	–	–
	Всего аудиторных часов за семестр		6		6	–	–

## **6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **6.1 Критерии оценивания**

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» ([https://www.dstu.education/images/structure/license\\_certificate/polog\\_kred\\_modul.pdf](https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf)) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ОПК-2	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

- текущий контроль – всего 40 баллов,
- практические работы – всего 60 баллов.

Экзамен проставляется автоматически, если студент набрал в течение семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Экзамен по дисциплине «Физико-химические процессы в химических агрегатах» проводится по результатам работы в семестре. Экзамен проводится в устной форме. Билет включает три вопроса из приводимого ниже перечня. Экзаменационные билеты составляются таким образом, чтобы каждый вопрос относился к различному модулю. Ответ на каждый вопрос оценивается из 33,3 баллов. Студент на экзамене может набрать до 100 баллов.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6

Таблица 6 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

## 6.2 Домашнее задание

Домашнее задание не предусмотрено

## 6.3 Темы для рефератов (презентаций) – индивидуальное задание

Рефераты не предусмотрены.

## 6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

*Тема 1 Физико-химические процессы при подготовке угольной шихты к коксованию*

- 1) Испарение влаги и выделение продуктов разложения.
- 2) Выделение лёгкой смолы и пирогенетической влаги.
- 3) При какой температуре происходит переход угля в пластичное состояние?
- 4) Какие первичные продукты выделяются при размягчении угля?
- 5) Как влияют на качество кокса условия подготовки угольной шихты: гранулометрический состав, насыпная плотность, влажность?
- 6) Испарение влаги и выделение продуктов разложения.
- 7) Выделение лёгкой смолы и пирогенетической влаги.
- 8) Спекание тяжёлых углеродистых остатков разложения угля.
- 9) Превращение полукокса в кокс.
- 10) При какой температуре полукокс превращается в кокс?

*Тема 2 Физико-химические процессы при подготовке коксового газа для отопления коксовых батарей*

- 1) Какие существуют способы подготовки коксового газа для отопления коксовых печей?
- 2) Для чего очищают и подогревают коксовый газ?
- 3) Для чего коксовый газ пропускают через выходящий из коксовых печей раскаленный кокс?
- 3) Вычислите  $\Delta H^0$ ,  $\Delta G^0$  в стандартных условиях для реакции  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O}_{(г)} \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ . Укажите, экзо- или эндотермической является реакция, в каком направлении она будет идти самопроизвольно.
- 4) Напишите термодимическое уравнение реакции

$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{CO} + 2\text{H}_2$ . Рассчитайте изменение энергии Гиббса. Укажите направление самопроизвольного протекания реакции.

*Тема 3 Физико-химические процессы при получении кокса*

- 1) Какие термофизические процессы происходят при коксовании?
- 2) Основные понятия фазовых равновесий (фаза, компонент, число независимых компонентов).
- 3) В системе существует два компонента и две фазы. Вычислите число степеней свободы, используя математическое выражение правила фаз Гиббса ( $n=2$ ). 46. Укажите пропущенное слово «Относительное понижение давления пара растворителя над раствором численно равно ..... растворённого вещества» а) мольной доле; б) объемной доле; в) равной доле; г) массовой доле; д) общей доле
- 4) Дайте определение термину «каталитическая реакция». Примеры каталитических реакций.
- 5) Вставьте пропущенное слово: Термодинамическое равновесие – это состояние системы, которое характеризуется ..... значением всех параметров в любой части системы. а) большим б) одинаковым в) малым г) равным нулю д) отрицательным.
- б) Чем обменивается с окружающей средой открытая термодинамическая система? а) работой б) объемом в) теплотой г) энергией д) массой.

*Тема 4 Физико-химические процессы при переработке химических продуктов коксования*

- 1) Какие полезные химические продукты образуются в результате очистки коксового газа?
- 2) Получение сырого кокса, бензина, дизельного топлива процессом разделения коксовых химикатов, т.е. смеси жидкостей и газов. (Дать название процессу).
- 3) Как называется процесс разложения органических соединений при высоких температурах без доступа воздуха?
- 4) Какова характеристика метода получения бензола, толуола гидрогенизацией твёрдого топлива?
- 5) Каталитическая переработка.

### **6.5 Вопросы для подготовки к экзамену**

- 1) Какие физико-химические процессы происходят при подготовке угольной шихты к коксованию?
- 2) Как характеризуются основные тепловые процессы в химической технологии: нагревание и охлаждение жидкостей и газов, конденсация паров?
- 3) Способы выражения состава фаз. Как определяются равновесные условия и направление переноса вещества из фазы в фазу?
- 4) Классификация и характеристика массообменных процессов. Что такое массопередача и массоотдача?
- 5) Какова роль поверхностных явлений при образовании твердых тел и дисперсных структур?

- 6) Каковы физико-химические основы адсорбционных процессов?
- 7) Каковы термодинамические основы процесса сжатия газов?
- 8) Как классифицируют компрессоры по характеру изменения давления, по величине развиваемого напора (давления), по производительности, по принципу действия?
- 9) При какой температуре происходит спекание тяжёлых углеродистых остатков разложения угля, образование полукокса?
- 10) Каковы физико-химические свойства кокса?
- 11) Приведите основное уравнение теплопередачи. Каковы принципы составления тепловых балансов?
- 12) Каковы общие сведения о процессе абсорбции? Каково ее промышленное применение?
- 13) Как характеризуется фазовое равновесие в системе газ-жидкость?
- 14) Гидромеханические, тепловые, массообменные и химические процессы. Каковы общие сведения о них?
- 15) Что означает отстаивание (осаждение) как способ разделения неоднородных систем?
- 16) Каковы общие сведения о процессе перемешивания в жидких средах? Какие существуют способы перемешивания?
- 17) Общая характеристика тепловых процессов. Что такое коэффициент теплопередачи?
- 18) Что означает перенос теплоты теплопроводностью?
- 19) Как происходит передача теплоты конвекцией и излучением?
- 20) Схемы движения теплоносителей. Интенсификация переноса теплоты. Как характеризуется движущая сила тепловых процессов?
- 21) Каковы общие сведения процесса подвода теплоты?
- 22) Как происходит нагревание водяным паром?
- 23) Как происходит нагревание парами высокотемпературных теплоносителей?
- 24) Нагревание горячими жидкостями. Что такое перегретая вода?
- 25) Как происходит нагревание высокотемпературными жидкими теплоносителями?
- 26) Типы электропечей. Как происходит нагревание топочными газами?
- 27) Какова общая характеристика процесса отвода теплоты?
- 28) В чем состоит сущность и принципы ректификации?
- 29) Каковы принципы расчета материального и теплового баланса сушки?
- 30) Конвективные сушилки. Какова их область применения?

## **6.6 Примерная тематика курсовых работ**

Курсовые работы не предусмотрены.

## 7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Рекомендованная литература

#### *Основная литература*

1) Баранов, Д. А. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / Д. А. Баранов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 408 с. — ISBN 978-5-8114-4984-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130186> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### [ЭБС Лань](#)

2) Процессы и аппараты химической технологии: Учебное пособие. Часть

первая. Гидромеханические процессы и аппараты / Благовещенск: Амурский

гос. ун-т, 2019. – 96 с.

[https://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/11318.pdf](https://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/11318.pdf)

3) Зуев, А. Ю. Химическая термодинамика : учебник / А. Ю. Зуев, Д. С. Цветков ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский федеральный университет. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2020. – 183 с. – Библиогр.: с. 182. – 150 экз. – ISBN 978-5-7996-3029-4. – Текст : непосредственный. ISBN 978-5-7996-3029-4

[https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/93300/1/978-5-7996-3029-4\\_2020.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/93300/1/978-5-7996-3029-4_2020.pdf)

#### *Дополнительная литература*

1) Верховлюк А.М. Физическая химия — основа металлургических процессов : учебное пособие / Верховлюк А.М., Верховлюк Г.А.. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 216 с. — ISBN 978-5-9729-0568-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART

<https://www.iprbookshop.ru/115194.html>

2) Процессы и аппараты химической технологии. Гидромеханические процессы : учеб. пособие для студентов учреждений высшего образования по направлению «Химическая промышленность» / И. В. Войтов [и др.] ; под ред. И. В. Войтова. – Минск : БГТУ, 2018. – 352 с.

[processy\\_i\\_apparaty\\_himicheskoy\\_tehnologii\\_2018.pdf](#)

#### *Учебно-методическое обеспечение*

### 7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ: официальный сайт.— Алчевск. — URL: [library.dstu.education](http://library.dstu.education).— Текст: электронный.

2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>. — Текст: электронный.
3. Консультант студента: электронно-библиотечная система. — Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. — Текст: электронный.
4. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система. — URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red). — Текст: электронный.
5. IPR BOOKS: электронно-библиотечная система. — Красногорск. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. — Текст: электронный.
6. ЭБС Издательства "Университетская библиотека онлайн" <http://e.lanbook.com/>
7. ЭБС Издательства "ЛАНЬ": [сайт]. — <https://e.lanbook.com/>
8. Цифровая библиотека IPR SMART: [сайт]. — <https://www.iprbookshop.ru/>
9. Национальная электронная библиотека: [сайт]. — <https://rusneb.ru/>
10. Российская Государственная Библиотека: [сайт]. — <https://diss.rsl.ru/>
11. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: [сайт]. — <https://cyberleninka.ru/>
12. Научная электронная библиотека eLIBRARY: [сайт]. — <https://elibrary.ru/defaultx.asp?/>
13. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» — <https://biblio.asu.edu.ru>
14. ЭБС «Университетская Библиотека Онлайн» <https://biblioclub.ru>
15. Информационно-библиотечный комплекс «Политех» <https://library.spbstu.ru>

## 8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
<p>Вытяжной шкаф; Прибор КФК; Спектрофотометр; Термостат; Муфельная печь; Аппарат для встряхивания жидкости; Универсальный иономер ЭВ-74; Калориметр ОХ-12; Весы аналитические WA21; Весы технические, разновесы; Весы электронные торговые СAAZ; Фотоколориметр KF -77; Вакуумный насос; Магнитная мешалка; Холодильник «Ярна»; Плитка электрическая; Доска аудиторная; Таблица элементов Д.И.Менделеева; Наглядные пособия; Набор химических реактивов.</p> <p>Численность посадочных мест- 15 человек</p>	<p>306 главный корпус Лаборатория физической химии и аналитического контроля</p>
<p>Интерактивная доска, компьютеры, планшеты, раздаточный материал для лабораторных работ, вытяжной шкаф, лабораторный стол преподавателя, лабораторные столы для студентов, учебный стенд, оборудование для лабораторных работ.</p> <p>Численность посадочных мест- 22 человека</p>	<p>406 главный корпус Лаборатория общей химии</p>

Лист согласования РПД

Разработал  
старший преподаватель кафедры  
металлургических технологий  
(должность)

  
(подпись)

Е.С. Божанова  
(Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_

(должность)

\_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_

(Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой  
металлургических технологий

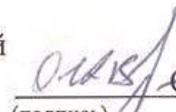
  
(подпись)

Н.Г. Митичкина  
(Ф.И.О.)

Протокол №1 заседания кафедры  
металлургических технологий

от 30.08.2024г.

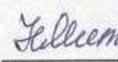
И.о. декана факультета горно-металлургической  
промышленности и строительства

  
(подпись)

О.В. Князьков  
(Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической  
комиссии по направлению подготовки  
18.03.01 «Химическая технология»  
Профиль «Химическая технология природных  
энергоносителей и углеродных материалов

  
(подпись)

Н.Г. Митичкина  
(Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра

  
(подпись)

О.А. Коваленко  
(Ф.И.О.)

## Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	