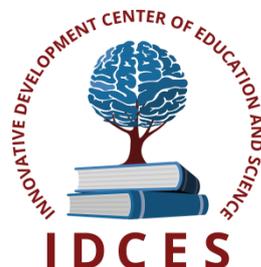


ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE



**Актуальные вопросы современных математических
и естественных наук**

Выпуск V

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(11 марта 2018 г.)**

г. Екатеринбург

2018 г.

**Издатель Инновационный центр развития образования и науки
(ИЦРОН), г. Нижний Новгород**

ISSN: 2587-7895

УДК 50(06)

ББК 2я43

Актуальные вопросы современных математических и естественных наук./
Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции.
№ 5. г. Екатеринбург, 2018 г. 33 с.

Редакционная коллегия:

кандидат биологических наук Благодатнова Анастасия Геннадьевна (г. Новосибирск), кандидат биологических наук Войтка Дмитрий Владимирович (аг. Прилуки), кандидат физико-математических наук, доцент Казьмин Игорь Александрович (г. Ростов-на-Дону), кандидат физико-математических наук, доцент Кайракбаев Аят Крымович (г. Актобе), доктор физико-математических наук, профессор Каленский Александр Васильевич, кандидат биологических наук, доцент Корж Александр Павлович (г. Запорожье), кандидат физико-математических наук Лапушкин Георгий Иванович (г. Долгопрудный), доктор биологических наук Ларионов Максим Викторович (г. Балашов), доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАН Лебедев Владимир Ильич (г. Кызыл), доктор биологических наук, профессор Лесовская Марина Игоревна (г. Красноярск), кандидат физико-математических наук, доцент Ловягин Юрий Никитич (г. Санкт-Петербург), кандидат физико-математических наук, член-корреспондент Американского института Аэронавтики и Астронавтики (AIAA) Лукин Александр Николаевич (г. Туапсе), кандидат биологических наук Малыгина Наталья Владимировна (г. Екатеринбург), кандидат физико-математических наук Матвеева Юлия Васильевна (г. Саратов), кандидат биологических наук Мошкина Светлана Владимировна (г. Орел), доктор химических наук, профессор Назарбекова Сауле Полатовна (г. Шымкент), доктор биологических наук, профессор Нурбаев Серик Долдашевич (г. Алматы), доктор биологических наук, профессор Околелова Алла Ароновна (г. Волгоград), кандидат физико-математических наук, доцент Седова Наталия Викторовна (г. Тамбов), кандидат биологических наук, профессор РАН Соловьева Анна Геннадьевна (г. Нижний Новгород), кандидат химических наук Туманов Владимир Евгеньевич (г. Черноголовка), кандидат физико-математических наук, доцент Чочиев Тимофей Захарович (г. Владикавказ), кандидат химических наук, профессор Шпейзер Григорий Моисеевич (г. Иркутск).

В сборнике научных трудов по итогам V Международной научно-практической конференции **«Актуальные вопросы современных математических и естественных наук», г. Екатеринбург** представлены научные статьи, тезисы, сообщения аспирантов, соискателей ученых степеней, научных сотрудников, докторантов, преподавателей ВУЗов, студентов, практикующих специалистов в области естественных и математических наук Российской Федерации, а также коллег из стран ближнего и дальнего зарубежья.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных, не подлежащих открытой публикации. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с мнением авторов. Материалы размещены в сборнике в авторской правке.

Статьи, принятые к публикации, размещаются в полнотекстовом формате на сайте eLIBRARY.RU.

© ИЦРОН, 2018 г.

© Коллектив авторов

Оглавление

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.00.00)	9
МАТЕМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.00)	9
СЕКЦИЯ №1. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ, КОМПЛЕКСНЫЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.01)	9
СЕКЦИЯ №2. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ, ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.02)	9
СЕКЦИЯ №3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.03)	9
СЕКЦИЯ №4. ГЕОМЕТРИЯ И ТОПОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.04)	9
ДИАГРАММЫ УЗЛОВ, ДЕФОРМИРУЕМЫЕ В “ДИАГРАММЫ-ПЛЕТЕНИЯ” Козлов В.А., Левандовский Е.В.	9
СЕКЦИЯ №5. ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.05)	12
СЕКЦИЯ №6. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА, АЛГЕБРА И ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.06)	12
СЕКЦИЯ №7. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.07)	12
СЕКЦИЯ №8. ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.09)	13
МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.00)	13
СЕКЦИЯ №9. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.01)	13
СЕКЦИЯ №10. МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.04)	13
СЕКЦИЯ №11. МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.05)	13
СЕКЦИЯ №12. ДИНАМИКА, ПРОЧНОСТЬ МАШИН, ПРИБОРОВ И АППАРАТУРЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.06)	13
СЕКЦИЯ №13. БИОМЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.08)	13
АСТРОНОМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.00)	13
СЕКЦИЯ №14. АСТРОМЕТРИЯ И НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.01)	13

СЕКЦИЯ №15. АСТРОФИЗИКА И ЗВЕЗДНАЯ АСТРОНОМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.02)	13
СЕКЦИЯ №16. ФИЗИКА СОЛНЦА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.03)	13
СЕКЦИЯ №17. ПЛАНЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.04)	13
ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.00)	13
СЕКЦИЯ №18. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.01)	14
СЕКЦИЯ №19. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.02)	14
СЕКЦИЯ №20. РАДИОФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.03)	14
СЕКЦИЯ №21. ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.04)	14
СЕКЦИЯ №22. ОПТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.05)	14
СЕКЦИЯ №23. АКУСТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.06)	14
СЕКЦИЯ №24. ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.07)	14
СЕКЦИЯ №25. ФИЗИКА ПЛАЗМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.08)	14
СЕКЦИЯ №26. ФИЗИКА НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.09)	14
СЕКЦИЯ №27. ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.10)	14
СЕКЦИЯ №28. ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.11)	14
СЕКЦИЯ №29. ЭЛЕКТРОФИЗИКА, ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.13)	14
СЕКЦИЯ №30. ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.14)	14
СЕКЦИЯ №31. ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ НАНОСТРУКТУР, АТОМНАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.15)	15
СЕКЦИЯ №32. ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.16)	15

СЕКЦИЯ №33. ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, ГОРЕНИЕ И ВЗРЫВ, ФИЗИКА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.17)	15
СЕКЦИЯ №34. КРИСТАЛЛОГРАФИЯ, ФИЗИКА КРИСТАЛЛОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.18)	15
СЕКЦИЯ №35. ФИЗИКА ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ И УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.20)	15
СЕКЦИЯ №36. ЛАЗЕРНАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.21)	15
СЕКЦИЯ №37. ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.23)	15
ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.00)	15
СЕКЦИЯ №38. НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.01)	15
СЕКЦИЯ №39. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.02)	15
СЕКЦИЯ №40. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.03)	15
СЕКЦИЯ №41. ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.04)	15
СЕКЦИЯ №42. ЭЛЕКТРОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.05)	15
СЕКЦИЯ №43. ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.06)	15
ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ: МЕТАНОЛ Константинов Н.Ю.	16
СЕКЦИЯ №44. ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.08)	18
СЕКЦИЯ №45. ХИМИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.09)	18
СЕКЦИЯ №46. БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.10)	18
СЕКЦИЯ №47. КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.11)	18
СЕКЦИЯ №48. БИОНЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.12)	18
СЕКЦИЯ №49. НЕФТЕХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.13)	18
СЕКЦИЯ №50. РАДИОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.14)	18
СЕКЦИЯ №51. КИНЕТИКА И КАТАЛИЗ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.15)	19

СЕКЦИЯ №52.	
МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.16)	19
СЕКЦИЯ №53.	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ И КВАНТОВАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.17)	19
СЕКЦИЯ №54.	
ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.21)	19
БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.00.00)	19
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.00)	19
СЕКЦИЯ №55.	
РАДИОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.01)	19
СЕКЦИЯ №56.	
БИОФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.02)	19
СЕКЦИЯ №57.	
МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.03)	19
СЕКЦИЯ №58.	
БИОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.04)	19
СЕКЦИЯ №59.	
ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.05)	19
СЕКЦИЯ №60.	
БИОТЕХНОЛОГИЯ (В ТОМ ЧИСЛЕ БИОНАНОТЕХНОЛОГИИ) (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.06)	19
КОЛЛАГЕНОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРОМИЦЕТОВ ИЗ БИОКОЛЛЕКЦИИ ФГБНУ ВИЛАР Никитина З.К., Гордонова И.К.	19
СЕКЦИЯ №61.	
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.07)	22
СЕКЦИЯ №62.	
БИОИНЖЕНЕРИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.08)	22
СЕКЦИЯ №63.	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ, БИОИНФОРМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.09)	22
ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.00)	22
СЕКЦИЯ № 64	
БОТАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.01)	22
СОСТАВ И СТРУКТУРА ФИТОЦЕНОЗОВ С <i>CYPRIPEDIUM CALCEOLUS</i> L. В ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ Дьячкова Т.Ю.	22
СЕКЦИЯ №65.	
ВИРУСОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.02)	24
СЕКЦИЯ №66.	
МИКРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.03)	24
СЕКЦИЯ №67.	
ЗООЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.04)	24

СЕКЦИЯ №68. ЭНТОМОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.05)	24
СЕКЦИЯ №69. ИХТИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.06)	24
СЕКЦИЯ №70. ГЕНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.07)	24
СЕКЦИЯ №71. ЭКОЛОГИЯ (ПО ОТРАСЛЯМ) (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.08)	24
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ МАЛЫХ ГОРОДОВ (НА ПРИМЕРЕ Г. ОБНИНСКА) Павлова Н.Н.....	25
СЕКЦИЯ №72. БИОГЕОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.09)	26
СЕКЦИЯ №73. ГИДРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.10)	26
СЕКЦИЯ №74. ПАРАЗИТОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.11)	26
СЕКЦИЯ №75. МИКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.12)	26
СЕКЦИЯ №76. ПОЧВОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.13)	26
СЕКЦИЯ №77. БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.14)	26
ФИЗИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.00)	26
СЕКЦИЯ №78. ФИЗИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.01)	26
СЕКЦИЯ №79. АНТРОПОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.02)	26
СЕКЦИЯ №80. ИММУНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.03)	26
СЕКЦИЯ №81. КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ, ЦИТОЛОГИЯ, ГИСТОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.04)	26
СЕКЦИЯ №82. БИОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ, ЭМБРИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.05)	27
СЕКЦИЯ №83. НЕЙРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.06)	27
ГЕОГРАФИЯ	27
СЕКЦИЯ №84. ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.23)	27
СЕКЦИЯ №85. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.24)	27

СЕКЦИЯ №86.	
ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.25)	27
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	27
СЕКЦИЯ №87.	
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ	27
БЫСТРЫЕ АЛГОРИТМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЗАМКНУТЫХ	
ПОВЕРХНОСТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СМЕШИВАЮЩИХ ФУНКЦИЙ	
ОРТОГОНАЛЬНОГО БАЗИСА	
Косников Ю.Н.	27
ГЕОЛОГИЯ	30
СЕКЦИЯ №88.	
РАЗВИТИЕ ГЕОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ	30
ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2018 ГОД	31

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.00.00)

МАТЕМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.00)

СЕКЦИЯ №1.

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ, КОМПЛЕКСНЫЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.01)

СЕКЦИЯ №2.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ, ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.02)

СЕКЦИЯ №3.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.03)

СЕКЦИЯ №4.

ГЕОМЕТРИЯ И ТОПОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.04)

ДИАГРАММЫ УЗЛОВ, ДЕФОРМИРУЕМЫЕ В “ДИАГРАММЫ-ПЛЕТЕНИЯ”

Козлов В.А., Левандовский Е.В.

ФГБОУ ВО Армавирский государственный педагогический университет, г. Армавир

1. В начале приведём необходимые определения.

Под узлом понимается гладкое вложение окружности S^1 в ориентированное пространство R^3 , узлом также называют образ этого отображения [2]. То есть под узлом можно понимать любую простую замкнутую линию в R^3 . Узлы K_1 и K_2 считаются эквивалентными, если существует гомеоморфизм пространства R^3 на себя, отображающий K_1 на K_2 [1]. Если при этом гомеоморфизм является диффеоморфизмом, то узлы называют изотопными.

Очевидно, что отношение эквивалентности узлов является отношением эквивалентности в обычном смысле. Эквивалентные узлы называют узлами одного и того же типа, а класс эквивалентности узлов – типом узла. Узлы эквивалентные незаузленной окружности $x^2 + y^2 = 1, z=0$, называется тривиальными и образуют тривиальный тип (рис.1).

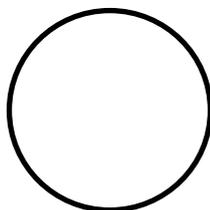


Рис.1. Тривиальный узел.

Деформируя пространство, в котором находится узел, мы деформируем сам узел. Деформируя узел (вместе с пространством) с помощью диффеоморфизма, мы можем перевести его в отличный от данного, но изотопный исходному (рис. 2).

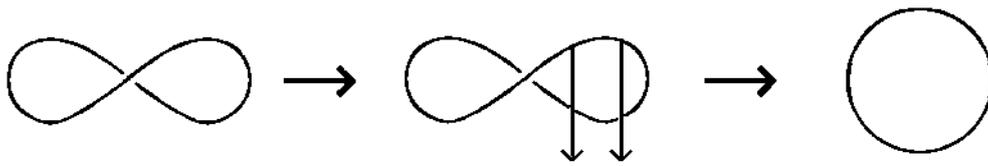


Рис.2. Деформация узла в тривиальный узел.

Любые деформации частей узла сводятся к трём движениям, называемыми движениями Рейдемейстера [2] и обозначаемые через Ω_1 , Ω_2 , Ω_3 , которые, изменяя расположение перекрестков, не меняют изотопического типа узла.

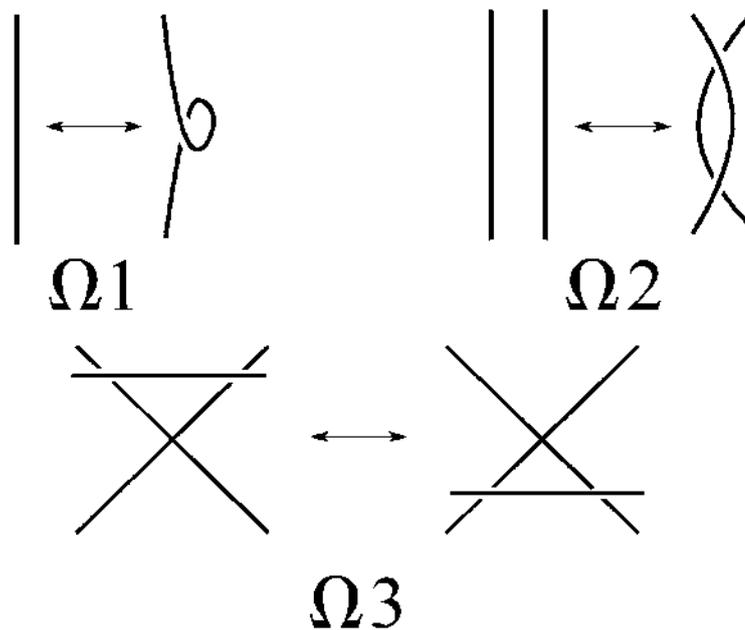


Рис.3. Движения Рейдемейстера

Часть узла принято называть его ветвью. В результате деформации узла ветви его диаграммы могут наложиться одна на другую. Такой участок узла называется перекрёстком (рис. 3). Ветвь, проходящая сверху, образует переход, а ветвь, проходящая снизу, – проход.

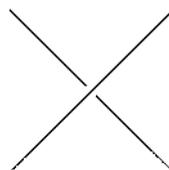


Рис.4. Перекрёсток

Диаграмма L узла называется восходящей [2] (начиная с точки A, не являющейся перекрёстком), если при прохождении диаграммы L начиная с точки A согласно ориентации узла каждый перекрёсток сначала проходится снизу, а затем – сверху. Аналогично определяется нисходящая диаграмма.

Существуют узлы, которые невозможно перевести в тривиальный узел с помощью деформации. Узлы классифицируются по степени их заузленности – количеству перекрестков. Первым нетривиальным узлом является “трилистник” (рис. 3).

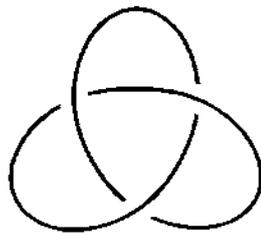


Рис. 5. Трилистник.

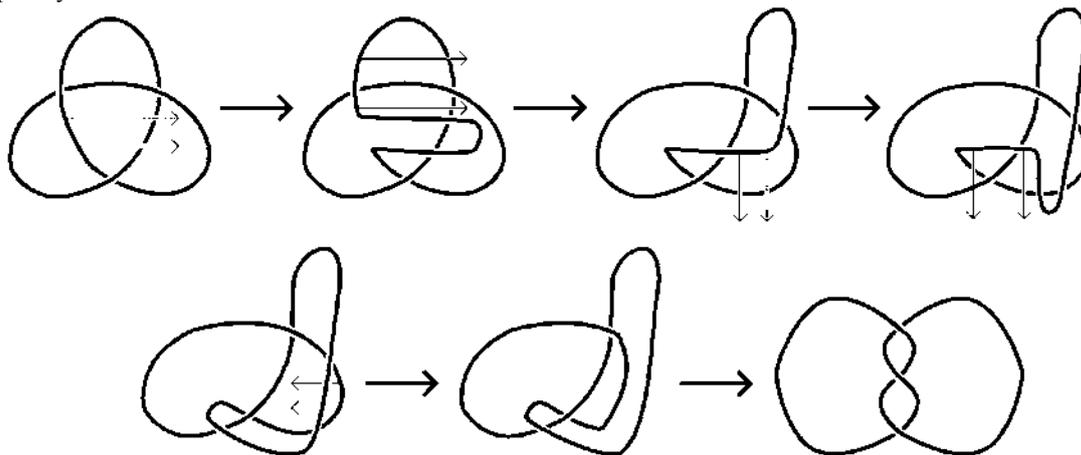
2. Диаграммы некоторых узлов могут быть одновременно восходящими и нисходящими относительно выбранной фиксированной ориентации. Если при этом все перекрестки расположены на одной прямой, то условимся называть такие диаграммы – “диаграммы-плетение”.

“Диаграммами-плетениями” будем называть и те, которые могут быть получены после деформации. Обратимся к таблице классификации узлов [2].

3. Лемма. Диаграммы узлов 3_1 – трилистник и 5_1 из таблицы классификации [2] изотопны «диаграммам-плетениям».

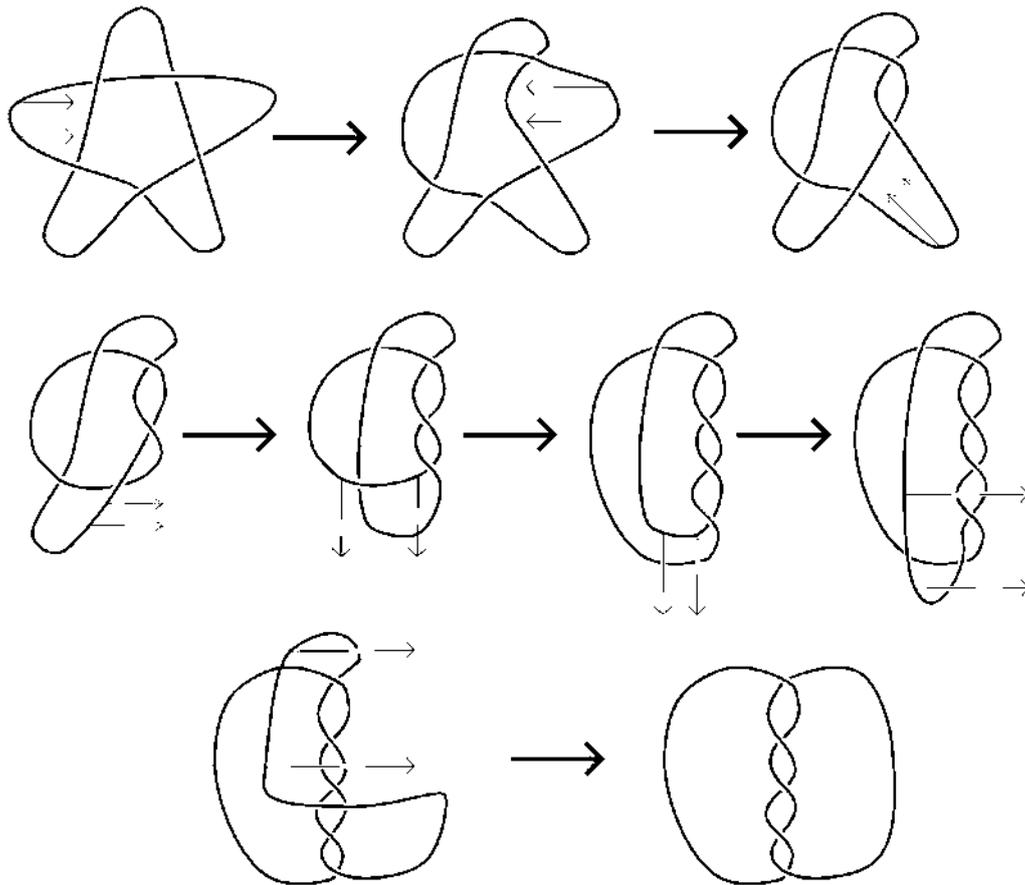
Доказательство.

Рассмотрим узел 3_1 – трилистник. Ниже показаны преобразования диаграммы трилистника в “диаграмму – плетение”.



Перейдем к узлу 5_1 .

Ниже приведены преобразования, которые доказывают, что диаграмма узла 5_1 , изотопна “диаграмме-плетение”.



Доказательство завершено.

Проведённые наблюдения позволяют предположить, что интересующие нас диаграммы имеют нечётное число перекрёстков.

Список литературы

1. Р. Кроуэлл, Р. Фокс, Введение в теорию узлов. – М.: Изд-во “Мир”, 1967. – 348 стр.
2. Мантуров В.О., Теория узлов. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005. – 512 стр.

СЕКЦИЯ №5.

**ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.05)**

СЕКЦИЯ №6.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА, АЛГЕБРА И ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.06)**

СЕКЦИЯ №7.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.07)

**СЕКЦИЯ №8.
ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.09)**

МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.00)

**СЕКЦИЯ №9.
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.01)**

**СЕКЦИЯ №10.
МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.04)**

**СЕКЦИЯ №11.
МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.05)**

**СЕКЦИЯ №12.
ДИНАМИКА, ПРОЧНОСТЬ МАШИН, ПРИБОРОВ И АППАРАТУРЫ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.06)**

**СЕКЦИЯ №13.
БИОМЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.08)**

АСТРОНОМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.00)

**СЕКЦИЯ №14.
АСТРОМЕТРИЯ И НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.01)**

**СЕКЦИЯ №15.
АСТРОФИЗИКА И ЗВЕЗДНАЯ АСТРОНОМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.02)**

**СЕКЦИЯ №16.
ФИЗИКА СОЛНЦА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.03)**

**СЕКЦИЯ №17.
ПЛАНЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.04)**

ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.00)

**СЕКЦИЯ №18.
ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.01)**

**СЕКЦИЯ №19.
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.02)**

**СЕКЦИЯ №20.
РАДИОФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.03)**

**СЕКЦИЯ №21.
ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.04)**

**СЕКЦИЯ №22.
ОПТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.05)**

**СЕКЦИЯ №23.
АКУСТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.06)**

**СЕКЦИЯ №24.
ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.07)**

**СЕКЦИЯ №25.
ФИЗИКА ПЛАЗМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.08)**

**СЕКЦИЯ №26.
ФИЗИКА НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.09)**

**СЕКЦИЯ №27.
ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.10)**

**СЕКЦИЯ №28.
ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.11)**

**СЕКЦИЯ №29.
ЭЛЕКТРОФИЗИКА, ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.13)**

**СЕКЦИЯ №30.
ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.14)**

**СЕКЦИЯ №31.
ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ НАНОСТРУКТУР,
АТОМНАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.15)**

**СЕКЦИЯ №32.
ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.16)**

**СЕКЦИЯ №33.
ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, ГОРЕНИЕ И ВЗРЫВ, ФИЗИКА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ
СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.17)**

**СЕКЦИЯ №34.
КРИСТАЛЛОГРАФИЯ, ФИЗИКА КРИСТАЛЛОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.18)**

**СЕКЦИЯ №35.
ФИЗИКА ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ И УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.20)**

**СЕКЦИЯ №36.
ЛАЗЕРНАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.21)**

**СЕКЦИЯ №37.
ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.23)**

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.00)

**СЕКЦИЯ №38.
НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.01)**

**СЕКЦИЯ №39.
АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.02)**

**СЕКЦИЯ №40.
ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.03)**

**СЕКЦИЯ №41.
ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.04)**

**СЕКЦИЯ №42.
ЭЛЕКТРОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.05)**

**СЕКЦИЯ №43.
ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.06)**

ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ: МЕТАНОЛ

Константинов Н.Ю.

ФАНО РОССИИ, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки, Институт физической химии им. А. Н. Фрумкина Российской академии наук (ИФХЭ РАН), г. Москва

Метанол – одно из самых простых органических веществ, способных к образованию водородных связей и может рассматриваться в качестве модельной системы для поиска закономерностей, определяющих температурные области фазовых переходов в соединениях с Ван-дер-Ваальсовым взаимодействием.

Метанол может существовать в аморфном (стеклообразном) состоянии при температурах ниже температуры стеклования $T_g=103$ К [1]. Выше этой температуры наблюдается формирование α -фазы (пространственная группа $P2_12_12_1$, $a=4.8728$ Å, $b=4.6411$ Å, $c=8.8671$ Å, $\alpha=\beta=\gamma=90$) существующей в температурной области до 160 К [2,3]. При этих значениях температуры наблюдается фазовый переход в частично разупорядоченную β -фазу (пространственная группа $Cmc2_1$, $a=6.43$ Å, $b=7.24$ Å, $c=4.67$ Å, $\alpha=\beta=\gamma=90$), которая стабильна вплоть до температуры плавления 175 К [2,3]. Температура кипения метанола при нормальных условиях 337,8 К. В Таб.1 приводятся соответствующие значения температур фазовых переходов (ст. 10) и тип наблюдаемого фазового перехода (ст. 11).

Оптические свойства метанола в различных агрегатных состояниях стали предметом ряда исследований [4-6], их результаты сведены в Таб.1, где приведены значения ν (cm^{-1}) - волнового числа в максимумах полос поглощения метанола в кристаллическом и аморфном состоянии.

Как и следовало ожидать, для аморфной фазы характерны широкие ($\text{FWHM}\sim 50$ cm^{-1}) со слабо выявленной структурой полосы поглощения. В кристаллической α -фазе наблюдаются хорошо разрешенные оптические переходы ($\text{FWHM}\sim 10$ cm^{-1}). В таблице приняты следующие обозначения: sh –плечо, br-широкая, w-слабая, vw очень слабая, m–средняя, s-сильная, vs-очень сильная, n/m - в этой спектральной области измерения не проводились, n –поглощение не зарегистрировано.

Таб.1. Положение максимумов поглощения ν (cm^{-1}) метанола в различных агрегатных состояниях и температуры фазовых переходов (ст. 10) по данным [4-6].

CRYSTALLINE					AMORPHOUS				PHASE, TRANSITIONS	
[4]		[5]		[6]	[4]		[5]		[4-6]	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ν cm^{-1}		ν cm^{-1}		ν cm^{-1}	ν cm^{-1}		ν cm^{-1}		T°K	State,
n		n/m		n/m	37	vw				glass
n		n/m		n/m	58	vw				glass
70	s	n/m		n/m	66,5	vw	n/m		103	Tg(glass- α-phase)
86	s	n/m		n/m	78	vw	n/m			α -phase
100	sh	n/m		100,5	95	br	n/m			α -phase
113	s	113	s						160	α - β transition
126	sh	125	sh	121,5					176	β -phase melting
147	s	148	s	146,5			148	s		liquid
179	vs	175	vs							liquid

207	w			216	210	s,br				liquid
227	w			231					337,8	boiling

Из сопоставления данных приведенных в таблице, можно сделать важное заключение: фазовые переходы I и II рода можно наблюдать только в пределах контура линии ИК поглощения обычно вблизи максимума соответствующей полосы поглощения. Вероятно, это условие является необходимым для реализации температурно-индуцированных структурных трансформаций матриц. На рис.1 представлена зависимость температур фазовых переходов в метаноле от положения максимумов поглощения метанола в ИК области

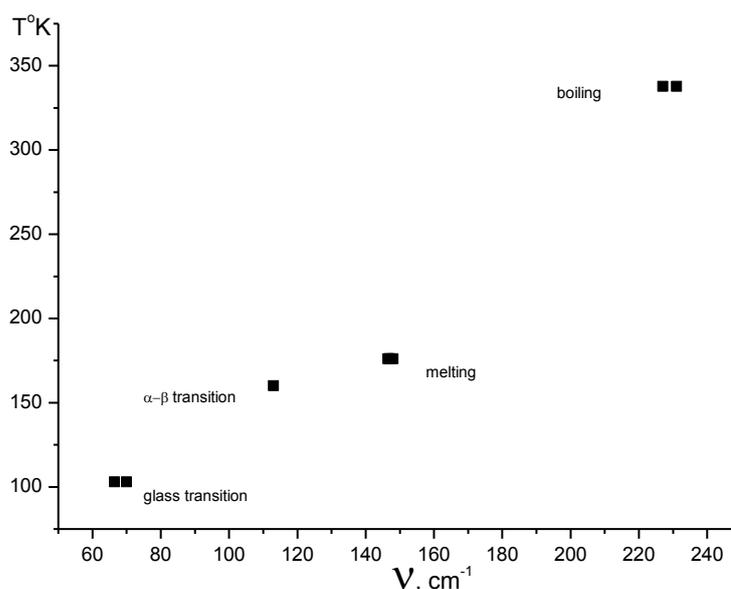


Рис 1. Зависимость температуры экспериментально наблюдаемых фазовых переходов в метаноле (T°K) от положения полос поглощения в ИК области спектра $-\nu(\text{cm}^{-1})$.

Как следует из данных, представленных на Рис.1, наблюдается убедительная линейная корреляция ($R=0,99544$) между положением пиков в спектрах оптического ИК-поглощения и температурой фазовых переходов в кристаллическом метаноле (α -phase) в рассматриваемой температурной области в виде

$$T^{\circ}\text{K}=1,38(0,05)\nu(\text{cm}^{-1}).$$

Однако, возникает естественный вопрос, требующий обсуждения. В частности, почему положение температуры плавления β -фазы и кипения жидкого метанола определяются спектром поглощения в кристаллической α -фазе? Эта нетривиальная ситуация находит объяснение, если принять во внимание данные [6], указывающие на существование протяженных цепей из молекул метанола, как в кристаллических, так и в жидкой (и стеклообразной) фазах. Малые значения энтропии, полученные для фазовых переходов в метаноле [6] $\Delta S_{\alpha-\beta}=0.966 \text{ cal mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ и $\Delta S_{\text{melt}}=4.377 \text{ cal mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, свидетельствуют о высокой структурированности системы (существовании цепочечных структур) в широком диапазоне температур.

Данные ИК спектроскопии [7] позволяют заключить, что даже при температуре 300°K доля неассоциированных молекул не превосходит единиц процента от общего числа молекул метанола в системе. Вероятно, переход из упорядоченной α -фазы метанола в частично разупорядоченную β -фазу [8] (своеобразное частичное “плавление” α -фазы, предшествующее действительному плавлению кристаллической фазы), не оказывает существенного влияния как на длину цепочек метанола, так и, как следствие, на энергетический спектр кристалла в обсуждаемой спектральной области. Это предположение

представляется достаточно реалистичным, однако требует экспериментального подтверждения - сопоставления спектров α - и β - фаз метанола в рассматриваемой спектральной области.

Закключение

Результаты исследования позволяют заключить, что данные ИК спектроскопии могут быть основой для прогнозирования температур фазовых переходов в Ван-дер-Ваальсовых системах.

Список литературы

1. Arnold V. Lesikar, On the Self-association of the Normal Alcohols and the Glass Transition in Alcohol-Alcohol Solutions, Journal of Solution Chemistry, Vol. 6, No. 2, 1977, pp 81-93.
2. M. T. Kirchner, D. Das and R. Boese, [Cocrystallization with Acetylene: Molecular Complex with Methanol](#), Cryst. Growth Des., 2008, 8, 3, pp. 763–765.
3. Tzu-Jen Lin, Cheng-Rong Hsing, Ching-Ming Wei, Jer-Lai Kuo, Structure prediction of the solid forms of methanol: an ab initio random structure searching approach, Phys. Chem. Chem. Phys, 18, 2016, pp. 2736-2746.
4. S. Ioppolo, B. A. McGuire, M. A. Allodi and G. A. Blake, THz and mid-IR spectroscopy of interstellar ice analogs: methyl and carboxylic acid groups. Faraday Discuss., 2014, 168, pp 461-484.
5. Reggie L. Hudson, Marla H. Moore, Far-IR spectral changes accompanying proton irradiation of solids of astrochemical interest, [Radiation Physics and Chemistry, Vol.45, Iss. 5](#), 1995, pp 779-789
6. Carlson, H.G.; Westrum, E.F., Jr., Methanol: heat capacity, enthalpies of transition and melting, and thermodynamic properties from 5-300K, J. Chem. Phys., 1971, 54, pp.1464-1471
7. [Werner A. P. Luck](#), Spectroscopic studies concerning the structure and the thermodynamic behaviour of H₂O, CH₃OH and C₂H₅OH, Discuss. Faraday Soc., 1967, 43, pp. 115-127
8. A. Anderson, B. Andrews, E. M. Meiring and B. H. Torrie, Raman and Far-Infrared Study of the Lattice Vibrations of Methanol JOURNAL OF RAMAN SPECTROSCOPY, VOL. 19, 1988, pp. 85-89.

СЕКЦИЯ №44.

ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.08)

СЕКЦИЯ №45.

ХИМИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.09)

СЕКЦИЯ №46.

БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.10)

СЕКЦИЯ №47.

КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.11)

СЕКЦИЯ №48.

БИОНЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.12)

СЕКЦИЯ №49.

НЕФТЕХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.13)

СЕКЦИЯ №50.

РАДИОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.14)

**СЕКЦИЯ №51.
КИНЕТИКА И КАТАЛИЗ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.15)**

**СЕКЦИЯ №52.
МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.16)**

**СЕКЦИЯ №53.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ И КВАНТОВАЯ ХИМИЯ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.17)**

**СЕКЦИЯ №54.
ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.21)**

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.00.00)

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.00)

**СЕКЦИЯ №55.
РАДИОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.01)**

**СЕКЦИЯ №56.
БИОФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.02)**

**СЕКЦИЯ №57.
МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.03)**

**СЕКЦИЯ №58.
БИОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.04)**

**СЕКЦИЯ №59.
ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.05)**

**СЕКЦИЯ №60.
БИОТЕХНОЛОГИЯ (В ТОМ ЧИСЛЕ БИОНАНОТЕХНОЛОГИИ)
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.06)**

**КОЛЛАГЕНОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРОМИЦЕТОВ ИЗ БИОКОЛЛЕКЦИИ
ФГБНУ ВИЛАР**

Никитина З.К., Гордонова И.К.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений
(ВИЛАР), г. Москва

Среди протеолитических ферментов особое внимание привлекает коллагеназа – эндопептидаза, расщепляющая тройную спираль молекулы нерастворимого природного белка коллагена [1]. Коллагеназа

может найти широкое применение во многих областях медицины [2-6]: в хирургии (изъязвления, некрозы, варикозные язвы, хронический остеомиелит, посттравматические деформации), терапии (системные заболевания соединительной ткани, воспаления и тромбозы, ларингиты, бронхиты, абсцессы), гинекологии (аднекситы, маститы, эрозии), стоматологии, а также в косметологии (антивозрастные косметические средства). Ранее нами было показано, что ряд микромицетов из биоколлекции ФГБНУ ВИЛАР секретируют в культуральную жидкость протеиназы с различной субстратной специфичностью, которые были выделены и охарактеризованы [7-9]. В то же время поиск новых продуцентов остается в настоящее время достаточно актуальной задачей. Для решения подобных задач широко используются различные скрининг-методы [10, 11]. В связи с этим целью настоящего исследования являлось изучение коллагенолитической активности микромицетов из биоколлекции ФГБНУ ВИЛАР.

Материалы и методы

В работе использовали следующие коллекционные штаммы: *Aspergillus sydowii* (F-25), *A. terreus* (F-59), *Penicillium casei* (F-19) и *P. purpureescens* (F-18). Культуры микромицетов выращивали на скошенной поверхности агаризованной среды Чапека следующего состава (%): NaNO₃ – 0,2; KH₂PO₄ – 0,1; MgSO₄ × 7H₂O – 0,05; KCl – 0,05; FeSO₄ × 7H₂O – 0,001; CaCO₃ – 0,3; сахароза – 2; агар – 2, (рН 6,8) в течение 7-ми суток при 26⁰С. Для проведения поверхностного культивирования использовали агаризованные среды, содержащие солевой фон среды Чапека с заменой сахарозы на 2% нативного коллагена. Протеолитическую активность микроорганизма оценивали по диаметру колоний после посева микромицета на агаризованную среду. Периодически осуществляли замер диаметра колоний и зон лизиса в двух перпендикулярных направлениях. Активность биосинтеза ферментов оценивали по индексу лизиса субстратов, определяемому соотношением площади лизиса к площади колонии по следующей формуле: $I_{\text{лиз}} = R_{\text{лиз}}^2 / R_{\text{кол}}^2$, где R_{лиз} – радиус зоны лизиса, R_{кол} – радиус колонии.

Результаты и обсуждение

Известно, что рост микроорганизмов на субстратах, содержащих белки в качестве единственного источника углерода, позволяет судить об их потенциальной протеолитической активности. Появление зон лизиса белков вокруг колоний является показателем секреции ферментов в окружающую среду. В связи с этим на первом этапе исследования фиксировались диаметры колоний и диаметры зон лизиса при культивировании микромицетов на средах с заменой сахарозы на коллаген (табл. 1). Можно видеть, что все изученные микромицеты росли на средах с коллагеном и образовывали зоны лизиса. На модифицированной среде ранний рост и появление зон лизиса отмечалось у *A. sydowii* F-25 и *A. terreus* F-59, *P. casei* F-19 и *P. purpureescens* F-18 образовывали видимые колонии позже на 1 и 2 дня соответственно. Последняя культура практически на всех этапах культивирования росла медленнее остальных. Микромицет *A. terreus*, у которого на 3 сутки культивирования отмечалась максимальная скорость роста, затем до 7 суток рос медленно, отставая от *A. sydowii* и *P. casei*. К 10 суткам культивирования наибольший размер колоний наблюдался у *P. casei*.

Таблица 1

Параметры роста микромицетов на средах с заменой сахарозы на коллаген

№ штамма	Время культивирования, сутки											
	3		4		5		6		7		10	
	Дк, мм	Дл, мм	Дк, мм	Дл, мм	Дк, мм	Дл, мм	Дк, мм	Дл, мм	Дк, мм	Дл, мм	Дк, мм	Дл, мм
25	3,8	7,3	11,8	19,0	17,8	28,7	25,0	36,5	26,2	43,2	25,6	50,5
59	5,2	6,5	6,5	8,7	6,8	9,7	7,6	13,3	19,6	27,6	25,7	43,2
19	рн		3,2	12,2	10,8	22,8	30,8	36,2	38,5	44,3	45,0	45,3
18	рн		рн		3,5	4,9	5,5	7,4	9,5	11,6	11,2	12,4

Примечание: Дк — диаметр колоний; Дл – диаметр зон лизиса, рн – роста нет.

Необходимо отметить, что на всех этапах культивирования микромицетов при наличии визуального роста колонии обнаруживались отчетливо видимые зоны лизиса коллагена. При этом, в процессе роста колоний отмечается заметное увеличение диаметров зон лизиса. Исключение составляет *P. casei*, у которого на последних этапах культивирования рост колоний не сопровождается ростом зон лизиса.

Наряду с такими параметрами роста микроорганизмов, как диаметр колоний и зон лизиса, важным показателем является индекс лизиса. Индекс лизиса определяется соотношением площади колонии и площади зоны лизиса и характеризует удельную протеолитическую активность культуры, так как площадь

колонии пропорциональна ее биомассе, а площадь зоны лизиса – активности секретируемых протеиназ. В связи с этим на следующем этапе исследования были рассчитаны индексы лизиса микромицетов при росте на средах, содержащих коллаген (табл. 2).

Можно видеть, что большинство индексов лизиса находится в диапазоне от 1 до 4,5. Исключение составляет индекс лизиса коллагена у *P. casei*, который был равен 14,5 на 4 сутки культивирования, однако затем он значительно снижался, достигая на последних этапах единицы. Следует отметить, что для трех исследованных культур максимальные индексы лизиса фиксировались на первых этапах роста колоний. Средние индексы лизиса, рассчитанные за все время наблюдения, менялись в следующем ряду *P. casei* > *A. sydowii* > *A. terreus* > *P. purpurescens*.

Таблица 2

Индексы лизиса микромицетов на средах с заменой сахарозы на коллаген

№ штамма	Время культивирования, сутки					
	3	4	5	6	7	10
25	3,7	2,6	2,6	2,1	2,7	3,8
59	1,6	2,3	2,0	3,1	2,0	2,8
19		14,5	4,5	1,4	1,3	1
18			1,9	1,8	1,5	1,2

Выводы

1. Все исследованные штаммы микромицетов можно рассматривать в качестве потенциальных продуцентов коллагеназ.
2. Наименьшим коллагенолитическим потенциалом обладает *P. purpurescens*, как по показателю скорости роста, так и по индексу лизиса.
3. Из остальных трех штаммов наибольший интерес представляют *A. sydowii* и *A. terreus*, для которых характерна стабильная коллагенолитическая активность на всех этапах культивирования.

Список литературы

1. Можина Н.В., Руденская Г.Н. Коллагенолитические ферменты патогенных микроорганизмов. // Биомедицинская химия – 2004. – Т. 50, № 6. – С. 539-553
2. Alster N.S., Tansi E.L. Hypertrophic scars and keloids: etiology and management. // Am. J. Clin. Dermatol. – 2004. – V. 4, № 4. – P. 39-42
3. Mutalir S. Treatment of keloids and hypertrophic scars. // Indian J. Dermatol. Venereol. Leprol. – 2005. – V. 71, № 1. – P. 3-8
4. Peled Z.V., Phelbs E.D., Updike D.L. Matrix metalloproteinases and the ontogeny of scarless repair: the other side of the wound healing balance. // Plast. Reconstr. Surg. – 2002. – V. 110, № 3. – P. 808-811
5. Neely A.N., Clendening C.E., Gardner J. Gelatinase activity in reloads and hypertrophic scars. // Wound Repair Regen. – 1999. – V. 7, № 3. – P. 166-171
6. Friedman K., Pollack S.V., Manning T., Pinnell S.R. Degradation of porcine dermal connective tissue by collagenase and hyaluronidase. // Br. J. Dermatol. – 1986. – V. 115, № 4. – P. 403-408
7. Сухосырова Е.А., Яковлева М.Б., Никитина З.К., Быков В.А. Секреция коллагенолитических ферментов некоторыми видами дейтеромицетов. // Технология живых систем - 2007. - Т. 4, № 4. - С. 29-33
8. Никитина З.К., Гордонова И.К. Некоторые свойства кератинолитического фермента, секретируемого *Cladosporium sphaerospermum*. // Вопросы биол., мед. и фарм. химии - 2011. - № 5. - С. 36-40
9. Никитина З.К., Гордонова И.К. Выделение, очистка и биохимические свойства кератинолитического фермента, секретируемого *Penicillium citrinum*. // Вопросы биол., медицинской и фармацевтической химии – 2013. - № 9. - С.36-41
10. Яковлева М.Б., Никитина З.К. Скрининг-методы в биотехнологии (Обзор). Часть 1. Поиск микроорганизмов-продуцентов ферментов. // Вопросы биол., медицинской и фармацевтической химии - 2016. - № 4. - С. 23-32

11. Яковлева М.Б., Никитина З.К. Скрининг-методы в биотехнологии (Обзор). Часть II. Поиск микроорганизмов-продуцентов биологически активных веществ. // Вопросы биол., медицинской и фармацевтической химии - 2016. - № 5. - С. 35-43

СЕКЦИЯ №61.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.07)

СЕКЦИЯ №62.

БИОИНЖЕНЕРИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.08)

СЕКЦИЯ №63.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ, БИОИНФОРМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.09)

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.00)

СЕКЦИЯ № 64

БОТАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.01)

СОСТАВ И СТРУКТУРА ФИТОЦЕНОЗОВ С *CYPRIPEDIUM CALCEOLUS* L. В ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ

Дьячкова Т.Ю.

ФГБОУ ВО Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск

Сохранение биологического разнообразия в том или ином регионе России является первоочередной природоохранной задачей, заслуживающей особого внимания. В данном направлении изучение редких видов на организменном, популяционном или ценогическом уровне представляет очевидную актуальность, о чем свидетельствуют программы по сохранению растений (Global Strategy..., 2003, European Strategy..., 2008 и др.). Важным аспектом является изучение редких видов на региональном уровне, что позволяет получить более полную информацию о состоянии тех или иных видов, которые нуждаются в охране.

В Карелии 300 видов сосудистых растений являются редкими, нуждающимися в охране или биологическом контроле (Красная книга Республики Карелия, 2007). Одним из редких видов флоры региона является *Cypripedium calceolus* L. (венерин башмачок настоящий) из семейства Orchidaceae (Ятрышниковые), имеющий статус охраны 3 (LC). Вид включен в Красную книгу РФ (1988) со статусом 3 (R), а также в списки редких и охраняемых видов растений многих государств и регионов мира. Кроме того, *C. calceolus* является первым охраняемым видом растений в мире.

Это бореальный евразийский вид, короткокорневищный геофит, облигатный кальцефил, относится к I функциональному типу редких видов, к группе фитоценологических пациентов (Заугольнова и др., 1992), для которых характерен выраженный период старения, низкая или средняя семенная продуктивность и правосторонний возрастной спектр.

Целью данной работы было изучение состава и структуры фитоценозов с *C. calceolus* в южной Карелии, в районе Заонежья – на уникальной природной территории республики. В местообитаниях вида были выполнены геоботанические описания растительности по стандартной методике (Полевая геоботаника, 1978), определена общая ценофлора, видовая насыщенность фитоценозов, константность видов (K). Проективное покрытие видов оценивали в процентах, выделение ассоциаций проводили по доминантному признаку.

В республике Карелия *C. calceolus* встречается спорадически во всех флористических районах, произрастает в смешанных, лиственных и реже в хвойных лесах, на эвтрофных и мезоэвтрофных болотах,

болотных лугах. В классификации редких видов болот Карелии отнесен к IV группе (группы видов выделялись по приоритетной причине необходимости охраны видов), объединяющей редкие медленно возобновляющиеся виды (Кузнецов, Дьячкова, 2005). В Карелии *C. calceolus* охраняется на территориях заповедников «Кивач», «Кандалакшский» (участок Кемь-Луды в границах Карелии), в национальном парке «Паанаярви», ряде ландшафтных заказников. В заповеднике «Кивач», например, вид во флоре представлен широко, обнаружено 38 ценопопуляций *C. calceolus* с разной плотностью особей и их жизненным состоянием (Дьячкова и др., 1997).

В Заонежье всего было исследовано 11 фитоценозов с *C. calceolus*. Общая ценофлора включает 147 видов сосудистых растений и 30 видов мхов. Видовая насыщенность сообществ варьирует от 30 до 95 видов сосудистых растений и от 1 до 17 видов мхов. Фитоценозы с *C. calceolus* в районах исследования относятся к 7 ассоциациям, причем более часто вид встречается в разнотравных ельниках логового типа и смешанных лесах. Микрорельеф биотопов обычно кочковато-равнинный, западинно-кочковатый, реже равнинный. Сомкнутость крон в исследованных сообществах от 0,1 до 0,4.

Наиболее богатым видовым составом отличались фитоценозы ассоциации *Picea abies* + *Betula pubescens* – *Myxtoherba* – *Pleurosium schreberi*, флора которых составила 78 видов сосудистых растений и 17 видов мхов. Невысоким видовым обилием отмечены фитоценозы *Betula pubescens* + *Picea abies* – *Salix rosmarinifolia* – *Bistorta major* + *Cypripedium calceolus* – *Sphagnum warnstorffii* (таблица).

Таблица

Характеристика фитоценозов с *Cypripedium calceolus*

№ п/п	Ассоциация	Кол-во описаний	Общее видовое богатство	Число видов сосудистых растений	Число видов мхов
1	<i>Picea abies</i> – <i>Carex diandra</i> + <i>C. cespitosa</i> + <i>Cypripedium calceolus</i> – <i>Mnium</i> sp. + <i>Hylocomium splendens</i>	1	62	53	9
2	<i>Picea abies</i> + <i>Betula pubescens</i> – <i>Myxtoherba</i> – <i>Pleurosium schreberi</i>	4	95	78	17
3	<i>Picea abies</i> + <i>Pinus sylvestris</i> – <i>Phragmites australis</i> – <i>Sphagnum warnstorffii</i>	1	49	45	4
4	<i>Picea abies</i> + <i>Populus tremula</i> – <i>Myxtoherba</i>	2	55	50	5
5	<i>Betula pubescens</i> + <i>Picea abies</i> – <i>Salix rosmarinifolia</i> – <i>Bistorta major</i> + <i>Cypripedium calceolus</i> – <i>Sphagnum warnstorffii</i>	1	30	26	4
6	<i>Betula pubescens</i> – <i>Phragmites australis</i> + <i>Thelypteris palustris</i> + <i>Carex</i> sp. – <i>Sphagnum warnstorffii</i>	1	49	41	8
7	<i>Lonicera xylosteum</i> – <i>Actaea erythrocarpa</i> + <i>Convallaria majalis</i>	1	32	31	1

Анализ встречаемости видов в сообществах показал, что 33 вида являются высококонстантными (K=III–V), из них практически во всех фитоценозах отмечены 6 видов (K=V): *Paris quadrifolia* L., *Pyrola rotundifolia* L., *Rosa acicularis* Lindl., *Rubus saxatilis* L., *Trientalis europaea* L., *Vaccinium vitis-idaea* L.. Константность IV имеют 13 видов (*Convallaria majalis* L., *Dactylorhiza maculata* (L.) Soo, *Picea abies* (L.) Kartst. и др.), константность III – 14 видов (*Betula pubescens* Ehrh., *Equisetum sylvaticum* L., *Listera ovata* (L.) R. Br. и др.).

Если говорить о таксономическом анализе флоры исследованных сообществ с *C. calceolus*, то в составе флоры отмечены представители 40 семейств, лидирующие позиции занимают семейства: Сугерасеае (15 видов), Роасеае (14 видов), Росасеае (12 видов), Орхидасеае и Ранункуласеае (по 9 видов), Эриасеае и Астерасеае (по 8 видов), Эquisетасеае (6 видов), Scrophуларасеае и Salicасеае (по 5 видов). Остальные семейства представлены 1–4 видами.

Изучение редких видов флоры Карелии продолжается и на других территориях, анализ результатов этих работ позволит составить полную фитоценоотку некоторых редких видов Карелии и оценить современное состояние их популяций.

Список литературы

1. Дьячкова Т. Ю., Милевская С. Н., Скороходова С. Б. Распространение и состояние ценопопуляций *Cypripedium calceolus* (Orchidaceae) в заповеднике «Кивач» (Карелия) // Бот. журн., 1997. Т. 82. № 2. С. 90–96.
2. Заугольнова Л. Б., Никитина С. В., Денисова Л. В. Типы функционирования популяций редких видов растений // Бюлл. МОИП. Отд. Биол. 1992. Т. 97. Вып. 3. С. 80–91.
3. Красная книга Республики Карелия. Петрозаводск: Изд-во «Карелия», 2007. 368 с.
4. Красная книга РСФСР. Растения. М., 1988. 592 с.
5. Кузнецов О. Л., Дьячкова Т. Ю. Редкие и охраняемые сосудистые растения болот Карелии // Труды Карельского научного центра РАН. Вып. 8. Петрозаводск, 2005. С. 133–137.
6. Полевая геоботаника (под общ. ред. Е. М. Лавренко и А. А. Корчагина). Т. I. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 444 с.
7. European Strategy for Plant Conservation 2008–2014. [Planta Europa (2008)].
8. Global Plant Conservation Supported through Investing in Nature; a partnership between BGCI, Earthwatch, HSBC and WWF Internet: <http://www.investinginnature.org>.

СЕКЦИЯ №65.

ВИРУСОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.02)

СЕКЦИЯ №66.

МИКРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.03)

СЕКЦИЯ №67.

ЗООЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.04)

СЕКЦИЯ №68.

ЭНТОМОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.05)

СЕКЦИЯ №69.

ИХТИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.06)

СЕКЦИЯ №70.

ГЕНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.07)

СЕКЦИЯ №71.

ЭКОЛОГИЯ (ПО ОТРАСЛЯМ) (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.08)

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ МАЛЫХ ГОРОДОВ (НА ПРИМЕРЕ Г. ОБНИНСКА)

Павлова Н.Н.

Обнинский институт атомной энергетики – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Обнинск

Микробиота почвы чутко реагирует на различные изменения почвенных условий, поэтому можно обоснованно утверждать, что микробиологические показатели в наибольшей степени подходят для ранней диагностики техногенного загрязнения. Чувствительность и высокая индикационная способность микроорганизмов позволяют использовать показатели их функционирования в качестве информативных параметров мониторинга антропогенных изменений в биосфере.

В настоящее время для характеристики биологического состояния почв и его изменений под действием различных антропогенных факторов широко используются методы почвенной микробиологии и биохимии. Из применяемых показателей биологической активности почвы большое значение имеют почвенные ферменты. Биологическая диагностика почв позволяет определить характер и степень антропогенного воздействия на почвенный покров. Биологические индикаторы обладают рядом преимуществ по сравнению с другими. Во-первых, это высокая чувствительность к внешнему воздействию, во-вторых, они позволяют диагностировать негативные процессы на ранних стадиях проявления, в-третьих, по ним можно судить о воздействиях, не подвергающих существенному изменению вещественный состав почв. Анализируя влияние ионизирующего излучения на ферменты, прежде всего, отмечают изменение их каталитической активности, субстратной специфичности, чувствительности к соответствующим активаторам и ингибиторам [1, 2, 3]. Изучение состояния сообщества почвенных микроорганизмов в районах, подвергшихся радиоактивному загрязнению становится все более актуальным в настоящее время.

Целью работы был экологический мониторинг почв на территории г. Обнинска.

Объектами исследования были образцы почв, отобранные в 60-ти точках пробоотбора на территории г. Обнинска. Градообразующее предприятие – Государственный научный центр Российской Федерации Физико-Энергетический Институт (ГНЦ РФ ФЭИ), на территории которого уже более 60 лет действует ряд производств, связанных с обоснованием и разработкой объектов атомной энергетики. Отбор проб почв производили в районе санитарно-защитной зоны ФЭИ, вблизи старого хранилища радиоактивных отходов, вдоль основных улиц города и лесопарковой зоне в поверхностном слое на глубине до 10 см в середине июня стандартным методом конверта.

Содержание тяжелых металлов в почвах определяли атомно-абсорбционным методом, активность ^{137}Cs – γ -спектрометрическим. Ферментативную активность почв определяли газометрическим и фотоколориметрическим методами [4]. Механический состав исследуемых почв оценивали по методу Рутковского, кислотность – потенциометрическим методом. Для определения содержания органического вещества был применен метод прокаливания.

С использованием регрессионного анализа [5] были выявлены закономерности изменения биологической активности почв от комплекса факторов, таких как кислотность, механический состав, содержание органического вещества и тяжелых металлов. Достоверного влияния ^{137}Cs на ферментативную активность исследуемых почв не обнаружено.

Результаты проведенного исследования показали, что содержание органического вещества оказывает стимулирующее влияние на активность всех рассматриваемых ферментов, особенно на щелочных почвах. На кислых почвах эффект ослабевает для дегидрогеназы и становится отрицательным для инвертазы и уреазы (их активность на кислых почвах падает с ростом содержания органики). Выявлено отрицательное влияние частиц крупных фракций на каталазную активность и глинистых фракций на дегидрогеназную. Влияние суммарного содержания ТМ на активность всех рассматриваемых ферментов достоверно отрицательно, кроме каталазной активности.

Список литературы

1. Денисова Т. В., Казеев К. Ш. Восстановление ферментативной активности чернозема после воздействия γ -излучения // Почвоведение. 2006. № 1. С.89-93.
2. Денисова Т. В., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Влияние гамма-излучения на биологические свойства почвы (на примере чернозема обыкновенного) // Почвоведение. 2005. № 7. С.877-881.
3. Денисова Т. В., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Изменение биологических свойств чернозема обыкновенного после воздействия гамма-излучения // Почвоведение. 2007. №9. С.1095-1103.
4. Мелехова О.П., Сарапульцева Е.И., Евсеева Т.И. и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. М.: Академия, 2008. 288 с.
5. Гланц С. Медико-биологическая статистика / Пер. с англ. М.: Практика, 1999. 459 с.

СЕКЦИЯ №72.

БИОГЕОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.09)

СЕКЦИЯ №73.

ГИДРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.10)

СЕКЦИЯ №74.

ПАРАЗИТОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.11)

СЕКЦИЯ №75.

МИКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.12)

СЕКЦИЯ №76.

ПОЧВОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.13)

СЕКЦИЯ №77.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.14)

ФИЗИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.00)

СЕКЦИЯ №78.

ФИЗИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.01)

СЕКЦИЯ №79.

АНТРОПОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.02)

СЕКЦИЯ №80.

ИММУНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.03)

СЕКЦИЯ №81.

КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ, ЦИТОЛОГИЯ, ГИСТОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.04)

**СЕКЦИЯ №82.
БИОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ, ЭМБРИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.05)**

**СЕКЦИЯ №83.
НЕЙРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.06)**

ГЕОГРАФИЯ

**СЕКЦИЯ №84.
ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ
И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.23)**

**СЕКЦИЯ №85.
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ
И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.24)**

**СЕКЦИЯ №86.
ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.25)**

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**СЕКЦИЯ №87.
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ**

**БЫСТРЫЕ АЛГОРИТМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЗАМКНУТЫХ
ПОВЕРХНОСТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СМЕШИВАЮЩИХ ФУНКЦИЙ
ОРТОГОНАЛЬНОГО БАЗИСА**

Косников Ю.Н.

ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет, г. Пенза

Одной из задач отображения в проектировании интерфейсов виртуального окружения является изменение формы объектов с неаналитической поверхностью в режиме реального времени. Сложность задачи заключается в том, что для визуализации неаналитической поверхности применяется высокополигональная модель. Управление положением вершин полигональной модели в реальном времени требует значительных вычислительных затрат. При этом следует учесть, что основные вычислительные ресурсы обычно тратятся не на визуализацию объектов интерфейса, а на операции, характерные для прикладной области системы. Тогда экономия ресурсов вычислительной системы наряду с высокой реалистичностью визуализации является актуальной.

Предлагается строить модель неаналитической поверхности в два этапа. На первом этапе поверхность представляется набором упорядоченных характерных (опорных) точек. Их количество в несколько раз меньше числа вершин высокополигональной модели. Этот этап выполняется предварительно. На втором этапе в реальном времени осуществляется управление положением опорных точек и визуализация. Для каждой фазы отображения с помощью интерполяции определяются промежуточные точки. Они становятся вершинами полигональной модели. Для повышения производительности вычислений применяются конечноразностные формулы.

Пространственные объекты во многих случаях описываются набором опорных точек, расположенных в пространстве декартовых координат x, y, z случайным образом. Для упорядочения опорных точек проводится интерполяция. Хорошие интерполяционные свойства имеют радиальные базисные функции (РБФ). В общем случае поверхность пространственного объекта является замкнутой. Для ее интерполяции в декартовом пространстве часто используется неявная форма записи интерполянта $F(x, y, z) = 0$ [5]. Она является неудобной для визуализации, так как для нахождения промежуточных точек требует применить переборный алгоритм. В то же время, удобная для визуализации явная форма записи $z = f(x, y)$ невозможна, так как интерполянт в декартовом пространстве является многозначной функцией.

Предлагается проводить интерполяцию, используя параметрическую форму записи интерполянта, причем в качестве параметров выбрать сферические координаты:

$$c = f(\varphi, \theta), \quad c = x, y, z,$$

где φ – азимутальный угол (долгота), $\varphi = 0..2\pi$;

θ – полярный угол, $\theta = 0.. \pi$.

Для этого с помощью параллельного переноса и поворота исходная декартова система координат помещается во внутреннее пространство объекта, например, в геометрический центр координат. Далее для каждой опорной точки по известным выражениям находятся сферические координаты φ_i, θ_i :

$$\begin{aligned} \rho_i &= \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2}, \\ \varphi_i &= \arctg\left(\frac{y_i}{x_i}\right), \\ \theta_i &= \arccos\left(\frac{z_i}{\rho_i}\right), \end{aligned}$$

где x_i, y_i, z_i – координаты i -ой опорной точки после геометрических преобразований системы координат;

ρ_i – радиус-вектор i -ой опорной точки.

Для большинства замкнутых пространственных объектов такой переход в параметрическую систему координат (СК) позволяет получить интерполянт в виде однозначной функции. Методика перехода к вспомогательной – смещенной и повернутой – системе координат подробно описана в [1].

Применение РБФ дает интерполянт вида:

$$\begin{aligned} x &= \sum_{i=1}^N \lambda_{xi} \phi(\alpha_i), \\ y &= \sum_{i=1}^N \lambda_{yi} \phi(\alpha_i), \\ z &= \sum_{i=1}^N \lambda_{zi} \phi(\alpha_i), \end{aligned} \quad (1)$$

где α_i – угловое расстояние между текущей точкой и i -ой опорной точкой –

$$\alpha_i = \arccos(\cos \theta \cdot \cos \theta_i + \sin \theta \cdot \sin \theta_i \cdot \cos(\varphi - \varphi_i));$$

$\phi(\alpha_i)$ – РБФ, значение которой зависит от углового расстояния α_i ,

$\lambda_{xi}, \lambda_{yi}, \lambda_{zi}$ – коэффициенты влияния i -ой опорной точки на текущую точку по декартовым координатам;

N – количество опорных точек поверхности объекта.

Для интерполяции можно применять известные виды РБФ в виде функций расстояния α . Замкнутый характер поверхности позволяет уменьшить число слагаемых в выражениях (1): опорные точки, удаленные от текущей точки на расстояние $|\alpha| > \pi/2$ можно отбросить. Тогда выражение для РБФ, например, инверсного мультиквадрика получает вид:

$$\phi(\alpha_i) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{1 + (\varepsilon \alpha_i)^2}} & \text{при } \alpha_i < \frac{\pi}{2}, \\ 0 & \text{при } \alpha_i \geq \frac{\pi}{2}. \end{cases}$$

Нахождение коэффициентов влияния $\lambda_{x,y,z}$ выполняется обычным образом из условия точного прохождения поверхности через опорные точки – раздельно по координатам x, y и z [3]. Для этого на основе каждого из уравнений (1) составляется система из N уравнений. Каждое из этих уравнений является условием прохождения поверхности через определенную (k -ю) опорную точку по своей координате:

$$\begin{aligned} x_k &= \sum_{i=1}^N \lambda_{xi} \phi(\alpha_{ki}), \quad k = 1, \dots, N, \\ y_k &= \sum_{i=1}^N \lambda_{yi} \phi(\alpha_{ki}), \\ z_k &= \sum_{i=1}^N \lambda_{zi} \phi(\alpha_{ki}), \end{aligned}$$

где α_{ki} – угловое расстояние между i -ой и k -ой опорными точками.

В матричной форме первая система уравнений имеет вид

$$\begin{pmatrix} \phi(a_{11}) & \phi(a_{12}) & \dots & \phi(a_{1N}) \\ \phi(a_{21}) & \phi(a_{22}) & \dots & \phi(a_{2N}) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \phi(a_{N1}) & \phi(a_{N2}) & \dots & \phi(a_{NN}) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \lambda_{x1} \\ \lambda_{x2} \\ \vdots \\ \lambda_{xN} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_N \end{pmatrix},$$

или в свернутом виде с очевидными обозначениями – $\Phi \cdot \Lambda X = X$, откуда

$$\Lambda X = \Phi^{-1} \cdot X. \quad (2)$$

Аналогично из второй и третьей систем уравнений находятся остальные весовые коэффициенты. В случае тривиального решения (2) функции (1) дополняются полиномом низкой степени, как это обычно делается при РБФ-интерполяции [4].

Следующим этапом является нахождение нового набора опорных точек, принадлежащих моделируемой поверхности и расставленных на ней с постоянным шагом по аргументам φ, θ . Для этого в уравнениях (1) аргумент α последовательно изменяется с постоянными приращениями $\Delta\varphi, \Delta\theta$ параметров φ, θ .

$$\begin{aligned} \varphi_{i+1} &= \varphi_i + \Delta\varphi, & \Delta\varphi &= \frac{2\pi}{N_\varphi}, \\ \theta_{i+1} &= \theta_i + \Delta\theta, & \Delta\theta &= \frac{2\pi}{N_\theta}, \end{aligned}$$

где N_φ, N_θ – количества опорных точек в направлениях координат φ и θ .

Выбор величин $\Delta\varphi, \Delta\theta$ влияет на погрешность интерполяции.

В результате упорядочения неаналитическая поверхность получает новое описание, в которое для каждой опорной точки входят координаты φ, θ узлов координатной сетки и соответствующие им значения декартовых координат x_i, y_i, z_i и коэффициентов влияния $\lambda_{xi}, \lambda_{yi}, \lambda_{zi}$.

На этапе визуализации необходимо перейти от опорных точек поверхности к ее полигональной модели. Построить полигональную модель на упорядоченных опорных точках алгоритмически несложно. Нужно вычислить с заданным шагом промежуточные точки поверхности и сделать их вершинами полигональной сетки. Для нахождения промежуточных точек можно снова применить РБФ-интерполяцию. Однако известные РБФ не позволяют применять быстрые алгоритмы вычисления. Значение РБФ для каждой опорной точки зависит от расстояния между этой опорной точкой и текущей точкой. При использовании известных РБФ расстояние измеряется по прямой, соединяющей точки, и меняется на каждом шаге обхода поверхности.

Предлагается на этапе визуализации в реальном времени вместо РБФ применить для интерполяции смешивающие функции ортогонального базиса (СФОБ). Их особенность заключается в том, что они зависят не от расстояния между точками, взятого по прямой («радиуса»), а от расстояний, измеренных отдельно по направлениям первого и второго аргументов. Общий вид записи СФОБ для рассматриваемого случая:

$$BF_i = bf(\varphi_i) \cdot bf(\theta_i),$$

где φ_i, θ_i – угловые расстояния между i -ой опорной точкой и текущей точкой поверхности, измеренные для аргументов параметрической системы координат φ, θ ,

$bf(\varphi_i), bf(\theta_i)$ – смешивающие функции по аргументам φ, θ .

При последовательном обходе поверхности на каждом шаге изменяется одно из угловых расстояний φ_i, θ_i . Если выбрать смешивающие функции в виде степенных полиномов, можно вычислять их по конечноразностным формулам.

В качестве примера можно предложить СФОБ следующего вида:

$$BF_i = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{2\varphi_i}{\pi}\right)^2\right) \left(1 - \left(\frac{2\theta_i}{\pi}\right)^2\right) & \text{при } |\varphi_i| < \frac{\pi}{2} \text{ и } |\theta_i| < \frac{\pi}{2}, \\ 0 & \text{при } |\varphi_i| \geq \frac{\pi}{2} \text{ или } |\theta_i| \geq \frac{\pi}{2}. \end{cases}$$

Вторая смешивающая функция выглядит аналогично после замены φ_i на θ_i .

Смешивающие функции вычисляются по приращениям [2]. Конечноразностное представление $bf(\varphi_i)$ в рассматриваемом случае имеет вид

$$\left. \begin{aligned} bf(\varphi_{i+1}) &= bf(\varphi_i) + \Delta\varphi_i^1, & bf(0) &= 1, \\ \Delta\varphi_{(i+1)}^1 &= \Delta\varphi_i^1 + \Delta\varphi_i^2, & \Delta\varphi_0^1 &= -\frac{4}{\pi^2} \delta\varphi^2, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\Delta_{\varphi i}^2 = -\frac{8}{\pi^2} \delta_{\varphi}^2 = const,$$

где $\Delta_{\varphi i}^1, \Delta_{\varphi i}^2$ – первая и вторая конечные разности смешивающей функции;

δ_{φ} – шаг вычислений.

Выражения (3) позволяют вычислить очередное значение смешивающей функции за две операции суммирования.

Предложенный подход тестирован на аналитической поверхности, для которой просто найти погрешность моделирования. Для эксперимента была выбрана поверхность сферы. Программа тестирования написана аспирантом Хоанг Тхай Хо. Визуальный анализ показал хорошие возможности моделирования геометрической формы объекта. Оценка среднеквадратической погрешности интерполяции показала значение 0,026 %, что вполне приемлемо для практического применения.

Список литературы

1. Косников Ю.Н. Методика и технология компьютерного моделирования поверхностей свободных форм с применением радиальных базисных функций / XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Научное периодическое издание. Серия: Технические науки. Информационные технологии. – Пенза: Изд-во ПГТУ, 2014, №03(19). С. 176 – 183
2. Косников Ю.Н. Применение бикубических сплайнов в графических системах реального времени / Вестник Саратовского государственного технического университета, 2005. – №4(9). – С.30–36.
3. Косников Ю.Н. Применение радиальных базисных функций в научной визуализации / Научная визуализация (электронный журнал), 2013. – Том 5. – №1. – С.38–47
4. Carr J.C. and others. Reconstruction and representation of 3d objects with radial basis functions In Computer Graphics // J.C. Carr, T.J. Mitchell, R.K. Beatson, J.B. Cherrie, W.R. Fright, B.C. McCallum, T.R.Evans / Proceedings SIGGRAPH'2001, 2001. – pp. 67–76.
5. Wright G.B. Radial Basis Function Interpolation: Numerical and Analytical developments / G.B. Wright. – University of Colorado, 2003. – 360 p.

ГЕОЛОГИЯ

СЕКЦИЯ №88.

РАЗВИТИЕ ГЕОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2018 ГОД

Январь 2018г.

V Международная научно-практическая конференция «**Актуальные вопросы естественных и математических наук в современных условиях развития страны**», г. Санкт-Петербург

Прием статей для публикации: до 1 января 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 февраля 2018г.

Февраль 2018г.

V Международная научно-практическая конференция «**Актуальные проблемы естественных и математических наук в России и за рубежом**», г. Новосибирск

Прием статей для публикации: до 1 февраля 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 марта 2018г.

Март 2018г.

V Международная научно-практическая конференция «**Актуальные вопросы современных математических и естественных наук**», г. Екатеринбург

Прием статей для публикации: до 1 марта 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 апреля 2018г.

Апрель 2018г.

V Международная научно-практическая конференция «**Актуальные проблемы и достижения в естественных и математических науках**», г. Самара

Прием статей для публикации: до 1 апреля 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 мая 2018г.

Май 2018г.

V Международная научно-практическая конференция «**Актуальные вопросы и перспективы развития математических и естественных наук**», г. Омск

Прием статей для публикации: до 1 мая 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июня 2018г.

Июнь 2018г.

V Международная научно-практическая конференция «**Современные проблемы математических и естественных наук в мире**», г. Казань

Прием статей для публикации: до 1 июня 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июля 2018г.

Июль 2018г.

V Международная научно-практическая конференция «**О вопросах и проблемах современных математических и естественных наук**», г. Челябинск

Прием статей для публикации: до 1 июля 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 августа 2018г.

Август 2018г.

V Международная научно-практическая конференция **«Информационные технологии естественных и математических наук», г. Ростов-на-Дону**

Прием статей для публикации: до 1 августа 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 сентября 2018г.

Сентябрь 2018г.

V Международная научно-практическая конференция **«Естественные и математические науки в современном мире», г. Уфа**

Прием статей для публикации: до 1 сентября 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 октября 2018г.

Октябрь 2018г.

V Международная научно-практическая конференция **«Основные проблемы естественных и математических наук», г. Волгоград**

Прием статей для публикации: до 1 октября 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 ноября 2018г.

Ноябрь 2018г.

V Международная научно-практическая конференция **«Естественные и математические науки: вопросы и тенденции развития», г. Красноярск**

Прием статей для публикации: до 1 ноября 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 декабря 2018г.

Декабрь 2018г.

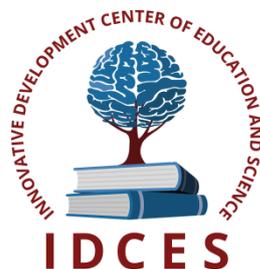
V Международная научно-практическая конференция **«Перспективы развития современных математических и естественных наук», г. Воронеж**

Прием статей для публикации: до 1 декабря 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 января 2019г.

С более подробной информацией о международных научно-практических конференциях можно ознакомиться на официальном сайте Инновационного центра развития образования и науки www.izron.ru (раздел «Естественные и математические науки»).

ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE



**Актуальные вопросы современных математических
и естественных наук**

Выпуск V

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(11 марта 2018 г.)**

г. Екатеринбург

2018 г.

Печатается в авторской редакции
Компьютерная верстка авторская

Издатель Инновационный центр развития образования и науки (ИЦРОН),
603086, г. Нижний Новгород, ул. Мурашкинская, д. 7.

Подписано в печать 10.03.2018.
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 3,1.
Тираж 250 экз. Заказ № 037.

Отпечатано по заказу ИЦРОН в ООО «Ареал»
603000, г. Нижний Новгород, ул. Студеная, д. 58.