



ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(СПбГУ)

П Р И К А З

28.11.2023

№ 15148/1

О методическом обеспечении государственной итоговой аттестации в 2024 году (МК.3063.*)

В соответствии с Правилами обучения по программам высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, программам ординатуры реализуемыми в Санкт-Петербургском государственном университете, утвержденными приказом от 30.08.2018 № 8577/1 (с последующими изменениями и дополнениями), приказом от 03.07.2018 № 6616/1 «Об утверждении форм программ государственной итоговой аттестации» (с последующими изменениями и дополнениями) и в целях методического обеспечения государственной итоговой аттестации по основным образовательным программам в 2024 году

ПРИКАЗЫВАЮ:

1. Утвердить программу государственной итоговой аттестации в форме государственного экзамена по основной образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре МК.3063.* «Моделирование и мониторинг геосфер» по направлению подготовки 05.06.01 «Науки о Земле» (Приложение № 1).

2. Утвердить программу государственной итоговой аттестации в форме выпускной квалификационной работы по основной образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре МК.3063.* «Моделирование и мониторинг геосфер» по направлению подготовки 05.06.01 «Науки о Земле» (Приложение № 2).

3. Начальнику Управления маркетинга и медиакоммуникаций Шишмакову Д. Э. обеспечить размещение настоящего приказа на сайте СПбГУ в разделе «Методическое обеспечение государственной итоговой аттестации в 2024 году» (<https://edu.spbu.ru/gia/16-normativnye-akty/414-metodicheskoe-obespechenie-gosudarstvennoj-itogovoj-attestatsii-v-2024-godu.html>) не позднее одного рабочего дня с даты издания настоящего приказа.

4. За разъяснением содержания настоящего приказа обращаться посредством сервиса «Виртуальная приемная» на портале СПбГУ к проректору по учебно-методической работе.

5. Предложения по изменению и/или дополнению настоящего приказа направлять на адрес электронной почты org@spbu.ru.

6. Контроль за исполнением настоящего приказа оставляю за собой.
Основание: протокол заседания учебно-методической комиссии по УГСН 05.00.00
Науки о Земле от 27.09.2023 № 05/2.1/05-03-8.

И.о. проректора по
учебно-методической работе



М. А. Соловьева
28.11.2023

Приложение № 1

УТВЕРЖДЕНА

приказом от 28.11.2023 № 15148/1

**Программа государственной итоговой аттестации
в форме государственного экзамена
по направлению подготовки 05.06.01 «Науки о Земле»
образовательная программа МК.3063.* «Моделирование и мониторинг геосфер»
уровень образования подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре**

1. Общие положения:

1.1. Государственный экзамен в соответствии с требованиями действующего образовательного стандарта проводится для проверки выполнения государственных требований к уровню и содержанию подготовки выпускников и уровня их подготовленности к решению как теоретических, так и практических профессиональных задач.

1.2. Целью государственного экзамена является определение уровня подготовленности выпускников и проверка сформированности компетенций, предусмотренных учебным планом основной образовательной программы в соответствии с требованиями действующего образовательного стандарта.

1.3. Объем государственной итоговой аттестации, учебный период и сроки государственной итоговой аттестации указаны в актуальном учебном плане и календарном учебном графике.

1.4. Язык проведения государственного экзамена: русский.

**2. Перечень примерных вопросов, выносимых на государственный экзамен,
оценочные средства (виды и примеры контрольных заданий)**

2.1. Перечень примерных вопросов, выносимых на государственный экзамен: Экзамен сдается на выбор одной из перечисленных выше специальностей.

Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

I. Общая часть

Предмет геофизики

1. Предмет геофизики, ее разделы.
2. Методы геофизики.
3. Место геофизики в своде наук о Земле.
4. Геофизические службы.
5. Практическое значение геофизики.
6. Земля в солнечной системе.
7. Происхождение Земли и планет.
8. Основные оболочки Земли, сопоставление с другими планетами.
9. Взаимодействие геофизики с науками о космосе.

Сейсмология

10. Сейсмология, ее методы, задачи и предмет исследования.
11. Землетрясения как разрыв сплошности, теория Рейда.
12. Энергия и магнитуда землетрясений.
13. Сейсмический режим, параметры сейсмического режима.
14. Шкалы интенсивности, сейсмическая сотрясаемость.

15. Пространственно-временное распределение землетрясений.
16. Предвестники землетрясений, проблема прогноза.
17. Механизм очага.
18. Сейсмический момент, методы его определения.
19. Уравнение движения упругой среды, объемные сейсмические волны.
20. Отражение и преломление волн на границах.
21. Отражение волн от свободной поверхности.
22. Поверхностные сейсмические волны.
23. Строение земной коры, методы его определения, основные типы строения коры.
24. Уравнение сейсмического луча и годографа.
25. Метод Герглоца-Вихерта.
26. Строение мантии Земли.
27. Строение земного ядра.
28. Реологические модели, поглощение волн.
29. Методы определения добротности, распределение добротности с глубиной в мантии Земли.
30. Уравнение Адамса-Вильямсона.
31. Распределение плотности в Земле, модели Буллена А и Б.
32. Сейсмологические доказательства тектоники плит.
33. Цунами.
34. Сейсмические приборы.
35. Принципы сейсмической разведки.
36. Метод ОГТ.
37. Метод вибрационного просвечивания.

Гравитационное поле Земли

38. Фигура Земли и методы ее изучения.
39. Гравитация и ее задачи, гравитационное поле Земли.
40. Гравитационный потенциал, потенциал силы тяжести, понятие геоида.
41. Гравитационные модели Земли (Ньютона, Гюйгенса, по Ляпунову - фигуры равновесия).
42. Идеальная Земля, нормальное поле, теорема Клеро.
43. Обратная задача теории потенциала и фигура Земли.
44. Масса и момент инерции Земли.
45. Методы регуляризации Земли.
46. Теория лунных приливов.
47. Изучение фигуры Земли по наблюдениям за искусственными спутниками Земли.
48. Принципы гравиметрической разведки.

Магнитное поле Земли

49. Магнитное поле Земли, его структура, способы представления, нормальное поле.
50. Аналитические представления геомагнитного поля.
51. Аномальное магнитное поле океанов.
52. Происхождение главного магнитного поля Земли.
53. Источники аномального поля континентов и океанов.
54. Геомагнитные вариации, вековые вариации, западный дрейф, их природа.
55. Магнитная разведка.
56. Палеомагнетизм, магнетизм горных пород и основные ферромагнитные минералы.
57. Строение ионосферы. Строение магнитосферы.

Электрическое поле Земли

58. Электропроводность Земли.

59. Закономерности в поведении электропроводности горных пород в зависимости от пористости, влажности, температуры и давления.
60. Исследования электропроводности Земли, основанные на применении источников постоянного и переменного тока (вертикальное электрическое зондирование, частотное зондирование, метод становления поля, метод вызванной поляризации): теория, методика проведения, интерпретация.
61. Применение естественного электромагнитного поля (магнитотеллурический метод) для изучения электропроводности Земли: теория, методика проведения, интерпретация.
62. Глобальные магнитовариационные исследования электропроводности Земли на основе анализа пространственных гармоник солнечно суточных вариаций (S_q), поля мировых бурь (Dst) и др.
63. Глобальная магнитовариационная кривая зондирований и ее связь с магнитотеллурической кривой.
64. Распределение удельного сопротивления в Земле по результатам совместной интерпретации магнитотеллурических и магнитовариационных данных.

Тепловое поле Земли

65. Основные источники тепла внутри Земли.
66. Виды переноса тепла.
67. Тепловой поток: измерения и закономерности в его распределении.
68. Оценка распределения температуры в коре и верхней мантии по величине теплового потока и радиоактивности горных пород.
69. Оценка верхней и нижней границ температуры в мантии.
70. Оценка температуры в ядре.

Геофизические методы поисков полезных ископаемых

71. Сейсморазведка.
72. Гравиметрическая разведка.
73. Магнитная разведка.
74. Электроразведка.
75. Радиометрические и геохимические методы разведки.
76. Геофизические исследования в скважинах.

II. Вопрос по теме научно-исследовательской работы обучающегося.

Физика атмосферы и гидросферы

I. Общая часть

1. Структурные параметры атмосферы

1. Структурные параметры атмосферы (давление, плотность, температура, молекулярный вес, концентрация частиц) и их единицы.
2. Определение давления и температуры из кинетической теории газов. Уравнение состояния идеального газа.
3. Силы, действующие в атмосфере. Уравнение гидростатики и его обоснование. Ускорение силы тяжести.
4. Поле давления. Вертикальное распределение давления и плотности атмосферы. Высота однородной атмосферы.
5. Модели атмосферы и их назначение. Горизонтальное распределение давления.
6. Понятие циклона и антициклона. Первопричина возникновения барических неоднородностей, образование циркуляционной ячейки.
7. Локальное термодинамическое равновесие для поступательных степеней свободы. Уравнение релаксации. Время релаксации для кинетического движения молекул.

8. Отклонения от максвелловского распределения и нарушение уравнения гидростатики в верхней атмосфере.
9. Поле температуры. Вертикальное распределение температуры и его объяснение. Разбиение атмосферы на слои на основании вертикального хода температуры (тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера).
10. Суточные, широтные, сезонные и нерегулярные вариации температуры. Электронная и ионная температуры и отличие их от нейтральной составляющей.
11. Методы определения структурных параметров атмосферы.

2. Состав атмосферы

1. Гомосфера и гетеросфера. Состав гомосферы: основные и второстепенные газы. Особенности распределения водяного пара.
2. Состав атмосфер других планет (Меркурий, Венера, Марс, внешние планеты) и трудности его исследования.
3. Солнечное излучение. Солнечная постоянная. Распределение энергии по спектру.
4. Строение Солнца (фотосфера, хромосфера, корона) и объяснение особенностей солнечного спектра. Поглощение ультрафиолетового излучения в земной атмосфере.
5. Нейтральный состав атмосферы. Общее уравнение, определяющее распределение любой компоненты атмосферы. Диффузионное или гравитационное распределение газов.
6. Распределение N_2 . Распределение O_2 и O в рамках фотохимической теории и с учетом молекулярной и турбулентной диффузии.
7. Понятие о фотохимическом времени жизни компоненты и времени перемешивания. Озон в атмосфере.
8. Понятие о верхней границе атмосферы по эффекту диссипации газов. Экзосфера.
9. Диссипация газов из атмосферы Земли. Гипотеза о происхождении планет и атмосферы Земли.
10. Ионосфера. Особенности вертикального распределения электронов. Теория образования ионосферных слоев. Чепменовский слой (закон).
11. Особенности поведения и теории слоев D, E, F1, F2. Вертикальное распределение ионов и их суточные вариации.
12. Аэрозоль. Распределение частиц по размерам. Источники аэрозоля.
13. Распределение аэрозоля по высоте. Серебристые облака. Методы исследования состава атмосферы.

3. Излучение в атмосфере

3.1. Общие понятия

1. Основные понятия: интенсивность, плотность, поток и полный поток излучения, и приток лучистой энергии. Закон Ламберта.
2. Интегральные характеристики поля излучения. Уравнение переноса излучения в общем виде. Коэффициенты ослабления и излучения.
3. Функция источника, вероятность выживания кванта, индикатриса рассеяния. Понятия изотропной и анизотропной сред для переноса излучения.
4. Вектор-параметр Стокса. Закон Бугера-Ламберта. Решение уравнения переноса излучения.
5. Понятия длины оптического пути, оптической толщины, пропускания и поглощения излучения. Эффект Форбса.
6. Физический смысл притока лучистой энергии. Понятия монохроматического и лучистого равновесия.

7. Спектры атмосферных газов. Контур и ширина линий. Уширение в результате столкновений и доплер-эффекта.
8. Структура вращательных и колебательно-вращательных спектров. Вращательные, колебательно-вращательные и электронно-колебательно-вращательные полосы и континуумы атмосферных газов.
9. Атмосферные окна прозрачности. Функции поглощения атмосферных газов.
10. Рассеяние и поглощение света частицами и молекулами. Общая постановка задачи рассеяния и поглощения частицами.
11. Оптические свойства частиц (показатели преломления и поглощения) и зависимость их от размера частицы и частоты излучения. Показатель преломления для радиоволн в ионосфере.
12. Поглощение малыми частицами, зависимость поглощенной энергии от длины волны и объема частицы. Релеевское рассеяние, индикатриса рассеяния, поляризация рассеянного света.
13. Зависимость количества рассеянной энергии от длины волны и объема частицы.
14. Молекулярное рассеяние, отклонения молекулярного рассеяния от релеевского (фактор деполяризации). Определение факторов эффективности ослабления рассеяния и поглощения.
15. Аномальная дифракция, объяснение этого явления на примере больших «мягких» частиц.
16. Индикатриса рассеяния для больших частиц. Оптические явления на каплях и ледяных кристаллах (ореол, дифракционные венцы, гало, радуга, gloria).
17. Аэрозольное и молекулярное ослабление света в реальной атмосфере, зависимость коэффициента ослабления от длины волны, закон Ангстрема.
18. Цвет неба. Индикатриса рассеяния реальной атмосферы.
19. Радиолокационная метеорология.

3.2. Перенос солнечного излучения

1. Альbedo подстилающей поверхности (вода, суша), облаков и Земли как планеты. Прямое солнечное излучение.
2. Астрономические определения, связанные с движением Солнца по небесному своду. Долгота дня. Сумерки и зори (гражданские и астрономические сумерки).
3. Освещенность и суточная сумма прихода солнечного излучения на поверхность Земли в случае отсутствия атмосферы. Ослабление прямого солнечного излучения в атмосфере.
4. Понятия прозрачности и массы атмосферы. Фактор мутности. Метод бугеровских прямых для определения внеземного солнечного излучения и составляющих ослабления прямой радиации.
5. Рассеянное солнечное излучение. Понятие диффузии фотона. Особенности задачи теоретического исследования поля рассеянного излучения.
6. Однократное и многократное рассеяние. Приближенное решение уравнения переноса для двучленной вытянутой индикатрисы с использованием приближения Эддингтона.
7. Освещенность земной поверхности, вклад в нее прямого и рассеянного излучения, зависимость освещенности от альbedo, вытянутости индикатрисы рассеяния, оптической толщины и зенитного угла Солнца.
8. Яркость неба в предельных случаях оптически тонкой и толстой атмосфер и ее зависимость от вытянутости индикатрисы, альbedo положения Солнца, направления визирования.

9. Методы исследования атмосферы, основанные на наблюдении рассеянного излучения (определение индикатрисы по яркости неба, сумеречный, прожекторный и лазерный методы). Поляризация рассеянного света.
10. Атмосферная рефракция. Уравнение траектории луча. Эффекты астрономической и земной рефракции. Миражи. Сплюснутость небесного свода.

3.3. Перенос собственного излучения атмосферы и земной поверхности

1. Полосы поглощения, ответственные за перенос собственного излучения. Уравнение переноса собственного излучения, смысл коэффициентов поглощения и излучения, и функции источника, интенсивность линии и полосы.
2. Кинетическое уравнение заселённости состояния молекулы. Локальное термодинамическое равновесие для вращательных и колебательных состояний молекулы. Понятие о временах вращательной и колебательной релаксации.
3. Уравнение переноса излучения при условии выполнения локального термодинамического равновесия.
4. Характеристики поля собственного излучения: восходящее к нисходящее излучение, уходящее излучение и противоизлучение атмосферы, полный или эффективный поток, эффективная температура излучения, поглощательная способность излучающей поверхности, понятие излучающего слоя.
5. Зависимость эффективной температуры восходящего и нисходящего излучения от коэффициента поглощения, распределения концентрации поглощающего газа, угла наклона луча. Влияние трансформации контура линии на формирование восходящего и нисходящего излучения.
6. Определение распределения температуры и поглощающих субстанций по измерению собственного излучения атмосферы.
7. Перенос собственного излучения в облаках.
8. Обратные задачи теплового излучения планетных атмосфер.
9. Поток теплового излучения, функции E, приближённый учёт диффузности.
10. Лучистый приток энергии за счёт переноса собственного излучения.
11. Роль отдельных линий и полос в тепловом режиме планетных атмосфер.
12. Лучистый приток энергии в предельном случае оптически толстой атмосферы.
13. Диффузионный поток лучистой энергии.
14. Приближённый метод Шварцшильда-Шустера для расчёта потока и притока лучистой энергии. Парниковый эффект.

4. Динамика, энергетика и тепловой режим атмосферы

4.1. Основные уравнения динамики и термодинамики атмосферы

1. Кинетическое уравнение Больцмана, получение из него общего вида уравнения переноса.
2. Уравнение непрерывности.
3. Уравнение движения (формы записи Эйлера и Рейнольдса).
4. Объёмные и поверхностные силы, действующие в атмосфере.
5. Вывод выражений для сил центробежной и Кориолиса.
6. Тензор вязких напряжений и силы молекулярной вязкости. «Сила инерции».
7. Уравнение сохранения энергии и его представление в виде уравнения притока тепла.
8. Уравнение баланса кинетической энергии.
9. Диссипация кинетической энергии.
10. Сухо и влажно-адиабатические процессы и соответствующие им градиенты температуры.

11. Потенциальная температура. Термодинамический критерий устойчивости атмосферы по методу частицы.

4.2. Атмосферная турбулентность

1. Полуэмпирическая теория Прандтля, физическая и математическая модели турбулентного переноса субстанции, путь смешения, коэффициент турбулентности.
2. Пределы применимости теории Прандтля. Условие консервативности и пассивности субстанции.
3. Пульсации скорости, температуры, плотности и давления в атмосфере.
4. Уравнение непрерывности в турбулизованной среде. Уравнение диффузии в турбулизованной среде, турбулентный поток примеси.
5. Турбулентный поток и приток тепла. Равновесный градиент температуры.
6. Сила турбулентного трения в уравнениях движения. Тензор турбулентных напряжений.
7. Переход кинетической энергии осреднённого движения в турбулентную энергию.
8. Уравнение баланса кинетической энергии осреднённого движения.
9. Уравнение баланса турбулентной энергии в общем виде, используемое в атмосферных задачах. Работа сил плавучести
10. Критерии возникновения и развития турбулентных пульсаций. Понятие подобных течений и критерии подобия.
11. Число Рейнольдса в качестве критерия устойчивости. Число Ричардсона в качестве критерия устойчивости сжимаемой среды.
12. Влияние лучистого теплообмена на устойчивость атмосферы.
13. Статистическое описание турбулентности. Моменты. Лагранжевы и Эйлеровы коэффициенты корреляции.
14. Автокорреляция и взаимные корреляционные функции. Структурные функции. Макро и микромасштабы времени и длины.
15. Гипотеза «замороженной» турбулентности. Методы измерения пульсаций метеорологических полей.
16. Метод Лагранжа в турбулентной диффузии, связь среднеквадратичного отклонения частицы с коэффициентом корреляции, зависимость среднеквадратичного отклонения от времени в предельных случаях.
17. Связь дисперсии с коэффициентом диффузии.
18. Спектр турбулентности. Спектральная функция. Определение максимального и минимального размера турбулентных вихрей на основе критических чисел Рейнольдса и Ричардсона.
19. Классификация турбулентных неоднородностей в несжимаемой и сжимаемой средах. Закон Колмогорова-Обухова и закон пяти третых Колмогорова.
20. Характерные масштаб и скорость вихрей области диссипации. Пространственное распределение поля турбулентности.
21. Турбопауза. Вертикальный ход коэффициента турбулентности. Струйные течения. Болтанка самолетов.

4.3. Упорядоченные движения в атмосфере

1. Классификация атмосферных движений по методу теории подобия. Условие стационарности движений. Определения планетарного пограничного слоя, приземного подслоя и свободной атмосферы. Условие горизонтальной однородности.
2. Ветры в свободной атмосфере. Геоострофический ветер и его изменение с высотой, понятие термического ветра. Зональная циркуляция и её сезонно-высотный ход. Циклострофический ветер.

3. Модель сил, действующих на частицу воздуха, и движение воздушных масс и циклонах и антициклонах. Агеострофическое отклонение ветра.
4. Пограничный слой. Вертикальный профиль ветра в пограничном слое, спираль Экмана. Высота пограничного слоя.
5. Метод Лайхтмана для определения коэффициента турбулентности в пограничном слое. Взаимосвязь между характерными параметрами пограничного слоя. Замыкание системы уравнений для пограничного слоя.
6. Теории подобия для пограничного слоя и приземного подслоя. Профиль ветра в приземном подслое. Шероховатость земной поверхности.
7. Свободная конвекция в атмосфере. Свободная конвекция, обусловленная горизонтальным градиентом температуры: местные ветра (бризы и горно-долинные ветра), муссонная циркуляция, пассаты — антипассаты.
8. Термическая конвекция. Упрощённая теория термической конвекции. Критерии подобия ячеистой конвекции.
9. Критическое число Релея. Влияние лучистого теплообмена на ячеистую конвекцию.
10. Представление поля крупномасштабных движений атмосферы как турбулентного. Использование этого представления для оценки характеристик циркуляции атмосфер внутренних планет.

4.4. Тепловой режим атмосферы

1. Радиационный и тепловой баланс систем подстилающей поверхности атмосферы и системы Земля- атмосфера. Радиационный и тепловой балансы, средние для Земли.
2. Изменения климата всей земной поверхности и его возможные причины. Методы влияния человека на энергетику атмосферы.
3. Факторы теплового режима атмосферы. Лучистые притоки энергии (поглощение солнечного излучения, перенос собственного излучения атмосферы, приближение лучистого равновесия).
4. Притоки тепла, обусловленные горизонтальными (адвекция) и вертикальными упорядоченными движениями в атмосфере; адиабатическое приближение в тепловом режиме атмосферы.
5. Притоки энергии за счет фотохимических процессов. Тепловой эффект фазовых переходов воды.
6. Приток тепла за счет диссипации кинетической энергии турбулентных движений. Приток тепла за счёт молекулярной и турбулентной теплопроводности (теория теплового режима термосферы и мезопаузы; вентильный эффект, метод определения равновесного градиента температуры).
7. Макротурбулентный теплообмен в горизонтальной плоскости.
8. Модели вертикального распределения температуры в нижних слоях атмосферы. Приближение лучистого равновесия. Модели лучисто-конвективной атмосферы.
9. Регулярные вариации температуры. Простейшая модель суточного хода температуры в свободной атмосфере.
10. Регулярные вариации температуры в пограничном слое, водоёмах и почве. Заморозки и методы их предотвращения.

5. Физика облаков и аэрозолей

1. Условия равновесия двухфазной и трехфазной однокомпонентной термодинамической системы. Стабильные и нестабильные состояния.
2. Поверхностное натяжение и свободная энергия «поверхностной фазы». Условия равновесия системы газ- заряженная капля. Уравнение Дж. Томсона.

3. Образование и рост зародышевой капли в чистой газообразной фазе. Капли критического размера и вероятность их образования.
4. Уравнение Клайпейрона-Клаузиуса. Упругость пара над растворами. Ядра конденсации, сублимации и кристаллизации и роль в образовании жидкой и твёрдой фаз воды.
5. Изменение размера капель и кристаллов путем молекулярной диффузии водяного пара. Типы коагуляции капель.
6. Коэффициенты соударения, слияния и захвата или коагуляции. Эффект дробления капель.
7. Кинетическое уравнение для распределения капель по размерам. Уравнение водности. Микрофизические характеристики облаков и туманов.
8. Процессы образования облаков и туманов и классификация их по генетическому признаку. Понятия воздушной массы и фронтальной поверхности.
9. Общая постановка задачи возникновения и развития облаков. Системы уравнений для слоистого и кучевого облаков.
10. Механизм образования осадков из водяных и смешанных облаков. Искусственные воздействия на облака и туманы.
11. Физические механизмы воздействия и их практическая реализация. Способы стимулирования термической конвекции.
12. Грозовое электричество. Заряды облачных капель и осадков. Пространственное распределение зарядов в грозовом облаке. Грозовые разряды, молния и механизмы её развития.
13. Атмосферные аэрозоли. Источники образования. Распределение частиц по размерам. Химический состав аэрозолей.
14. Свободная энергия Гиббса. Химический потенциал. Условие химического равновесия. Химический потенциал идеального газа и водного раствора. Закон Рауля. Неидеальные растворы. Активность воды.
15. Равновесие пара над искривлённой поверхностью. Эффект Кельвина. Свободная энергия Гиббса раствора капли. Уравнение Келера. Гигроскопические свойства аэрозолей. Фазовые переходы на стадии растворения частиц и кристаллизации капли.
16. Аэрозоли как облачные ядра конденсации. Критический радиус зародышеобразования. Зависимость критического размера капли от степени пересыщения.

6. Физика верхней атмосферы

1. Вариации магнитного поля Земли (вековые и короткопериодические). Главное магнитное поле Земли и других планет.
2. Электропроводность ионосферы, проводимости Холла и Педерсена. Регулярные вариации магнитного поля и их причины. Экваториальная электроструя. Дрейфы электрических зарядов в F- слое.
3. Корпускулярное излучение Солнца и его классификация. Галактические космические лучи, эффект Форбуша. Методы измерения потоков корпускулярного излучения. Динамическая теория солнечного ветра.
4. Уравнения магнитной гидродинамики. Электродинамические эффекты. Вмороженное магнитное поле. Магнитная сила. Магнитосфера Земли. Модель Чепмена-Ферраро, структура магнитосферы, токовая система на магнитопаузе, ударная волны.
5. Движение заряда в неоднородных магнитных полях (градиентный и центробежный дрейфы). Сохранение магнитного момента заряжённой частицы при малых пространственных и временных изменениях магнитного поля.

6. Магнитные пробки. Радиационные пояса Земли: классификация движений зарядов, адиабатические инварианты, результаты наблюдений, механизмы генерации и потерь частиц.
7. Магнитные возмущения, их токовые системы и причины их появления (мировые магнитные бури, бухтообразные вариации или полярные суббури, пульсации).
8. Полярные сияния: формы сияния, причины, зоны полярных сияний (мгновенная, Фритца и внутренняя).
9. Комплекс явлений, обусловленных солнечной активностью и коррелирующих с полярными сияниями и магнитными бурями, источники энергии этих явлений. УВЧ, УНЧ. Нагревание верхней атмосферы.
10. Рентгеновское излучение. Дополнительная ионизация (радиосияние, мерцание радиозвезд, поглощение радиоволн, спорадический слой E).
11. Эмиссионные свечения верхней атмосферы. Полярные сияния, свечения ночного неба, дневное и сумеречное свечение. Их спектры, механизмы, высоты и критерии различия
12. Динамика верхних слоев атмосферы. Наблюдения движений нейтральной составляющей атмосферы. Внутренние гравитационные волны. Акустические волны. Приливные колебания. Турбулентность, магнитогидродинамические эффекты.
13. Проблема Солнце-тропосфера. Наблюдения взаимосвязи процессов на Солнце и процессов в тропосфере. Циклы солнечной активности. Возможное влияние атмосферы на тектонические процессы.

II. Вопрос по теме научно-исследовательской работы аспиранта.

1. Регуляризационные алгоритмы решения обратных задач оптики атмосферы.
2. Некорректные обратные задачи дистанционного зондирования атмосферы. Определение, методы решения.
3. Комплексные (многопараметрические) обратные задачи дистанционного зондирования.
4. Перенос микроволнового излучения в атмосфере Земли. Приближение Рэлея-Джинса. Основные поглощающие атмосферные компоненты.
5. Пассивные и активные микроволновые методы мониторинга параметров атмосферы и поверхности.
6. Лимбовые микроволновые методы измерений параметров атмосферы
7. Дистанционное определение вертикальных профилей температуры и влажности по микроволновым измерениям.
8. Современная наземная и спутниковая аппаратура для микроволнового зондирования атмосферы.
9. Дистанционное определение водности облаков по микроволновым измерениям.
10. Оптические и микрофизические характеристики атмосферного аэрозоля.
11. Пространственно-временные вариации аэрозольной оптической толщины
12. Международная наблюдательная сеть «АЭРОНЕТ»
13. Естественные и антропогенные источники аэрозолей
14. Спутниковые методы мониторинга атмосферного аэрозоля.
15. Нелинейные взаимодействия крупномасштабных динамических
16. процессов.
17. Спектроскопический метод определения газового состава атмосферы по измерениям ИК прямого солнечного излучения.
18. Атмосферная Фурье-спектроскопия в задачах исследования газового состава атмосферы.
19. Физические методы локального мониторинга загрязнений атмосферы.

20. Аэрозоли как облачные ядра конденсации. Критический радиус зародышеобразования.

21. Гигроскопические свойства атмосферных аэрозолей. Уравнение Келера.

2.2. Контрольные задания государственного экзамена представляют собой письменные задания в рамках тем, изложенных в п.2.1. Билет состоит из четырех вопросов. На каждый из четырех вопросов обучающимся должны быть даны развернутые письменные ответы.

3. Рекомендации обучающимся по подготовке к государственному экзамену, перечень литературы для подготовки к государственному экзамену

3.1. Рекомендации обучающимся по подготовке к государственному экзамену:

- Обучающийся самостоятельно готовится к экзамену, используя для подготовки материалы, приведенные в списке литературы.

- Взаимодействие между научным руководителем и аспирантом осуществляется в форме консультаций.

3.2. Перечень литературы и электронных библиотечно-информационных ресурсов для подготовки к государственному экзамену.

Экзамен сдается по выбору одной из перечисленных выше специальностей. Далее приводится перечень литературы для каждой из них.

Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

1. Яновская Т.Б. Основы сейсмологии. Изд-во СПбГУ, 2007. 259 с.
2. Ковтун А.А., Успенский Н.И. Геоэлектрика. Естественное поле. Изд-во СПбГУ, 2009.
3. Яновский Б.М. Земной магнетизм, Л.: изд. ЛГУ. 1978.
4. Троян В.Н., Киселев Ю.В. Анализ и обработка данных. Издательство СПбГУ, 2010, 580 с.
5. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка Тверь, АИС 2006 744 с.
6. Жданов М.С. Теория обратных задач и регуляризации в геофизике. М., Научный мир, 2007.
7. Крылов С.С. Геоэлектрика. Поля искусственных источников. Изд-во СПбГУ, 2004.
8. Петрашень Г.И. Распространение волновых полей сигнального типа в упругих сейсмических средах. Изд-во СПбГУ, 2000, 356 с.
9. Яновская Т.Б. Порохова Л.Н. Обратные задачи геофизики Изд-во СПбГУ 2004.
10. Ботт М. Внутреннее строение Земли. М: Мир. 1974, 376 с.
11. Бурсиан В.Р. Теория электромагнитных полей, применяемых в электроразведке. Изд. 2-е, испр. и доп. - Л.: Недра, 1972. - 368 с.
12. Грушинский Н.П. Теория фигуры Земли. М.: Наука. 1976.
13. Джеффрис Г. Земля ее происхождение, история и строение. М.: ИЛ., 1960.
14. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. М.: Наука. 1978.
15. Жарков В.Н., Трубицын В.П. Физика планетных недр. М.: Наука. 1980, 448 с.
16. Магницкий В.А. Внутреннее строение и физика Земли. М.: Недра. 1965? 2006.
17. Николаевский В.Н. Геомеханика и флюидодинамика. М.: Недра. 1996, 447 с.
18. Рикитакэ Т. Предсказание землетрясений. М.: Мир. 1979, 390 с.
19. Саваренский Е.Ф., Кирнос Д.П. Элементы сейсмологии и сейсмометрии. М.: Гостехиздат. 1955. 543с.
20. Семенов А.С. Электроразведка методом естественного электрического поля. Л.:

Недра. 1980. 446с.

21. Соболев Г.А. Основы прогноза землетрясений. М.: Наука. 1993, 314 с.
22. Стейси Ф.Д. Физика Земли. М.: Мир. 1972, 344 с.
23. Федынский В.В. Разведочная геофизика. М.: Недра. 1967, 672 с.
24. Якубовский Ю.В., Ляхов Л.Л. Электроразведка. М.: Недра. 1973/1982. 376 с.
25. Сейсмические опасности (отв. ред. Соболев Г.А.). // В кн.: Природные опасности России в 6-ти томах. М.: КРУК. 2000, т.2, 296 с.
26. Калинин Д.Ф. Информационно-статистический прогноз полезных ископаемых. Геологоразведка, Санкт-Петербург. 2011, 164 с.29.

Физика атмосферы и гидросферы

1. Тимофеев Ю.М. Васильев А.В. Теоретические основы атмосферной оптики. СПб.: Наука, 2003. 474 с.
2. Тимофеев Ю.М., Поляков А.В. Математические аспекты решения обратных задач атмосферной оптики. Учебное пособие. // Издательство С.-Петербургского университета, 2001, СПб, 188С.
3. Васильев А.В., Огибалов В.П., Тимофеев Ю.М. Численные методы теории переноса излучения. Учебно-методическое пособие. СПбГУ, Санкт-Петербург, с. 305, 2017.
4. Тимофеев Ю.М. Исследования атмосферы Земли методом прозрачности. Наука, СПб, 2016, 367 с.
5. Переведенцев Ю.П. Теория климата: учебное пособие. Казань: Казан. гос. ун-т, 2009. 504 с.
6. Швед Г.М. Макромасштабные движения атмосферы: Учебно-методическое пособие. СПб: ВВМ, 2012. 104 с.
7. Швед Г.М. Избранные главы динамики атмосферы (Учебное пособие). СПб: Санкт-Петербургский университет, 2007. 108 с.
8. Чемберлен Дж. Физика полярных сияний и излучения атмосферы. ИЛ. 1963.
9. Митра С.К. Верхняя атмосфера. ИИЛ. 1955.
10. Солнечная активность и изменения климата. Гидрометеиздат. 1966.
11. Солнечно-земная физика. Мир. 1968.
12. Атмосфера (справочные данные, модели). Справочник. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 509 с.
13. Брасье Г., Соломон С. Аэрономия средней атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 413 с.
14. Кароль И.Л., Розанов В.В., Тимофеев Ю.М. Газовые примеси в атмосфере. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 192 с.
15. Чемберлен Дж. Теория планетных атмосфер. Введение в их физику и химию. М.: Мир, 1985. 278 с.
16. Чемберлен Дж. Физика полярных сияний и излучения атмосферы. ИИЛ. 1963.
17. Перов С.П., Хргиан А.Х. Современные проблемы атмосферного озона. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 287 с.
18. Гуди Р.М. Атмосферная радиация Основы теории. Мир 1966.
19. Борен К., Хафман Д. Поглощение и рассеяние света малыми частицами. М.: Мир, 1986. 660с.
20. Борн М. Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1973. 719 с.
21. Ван де Хюлст. Рассеяние света малыми частицами. М.: Изд-во ИЛ, 1961. 536 с.
22. Ку-Нан Лиоу. Основы радиационных процессов в атмосфере. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 376 с.
23. Мак-Картни Э. Оптика атмосферы. М.: Мир, 1979. 421 с.
24. Минин И.Н. Теория переноса излучения в атмосферах планет. М.: Наука, 1988.

264 с.

25. Шифрин К.С. Рассеяние света в мутной среде. Гостехиздат. 1951.
26. Гандин Л.С. и др. Основы динамической метеорологии. Гидрометеоиздат. 1955.
27. Коган М.Н. Динамика разреженного газа. Наука. М., 1967.
28. Лайхтман Д.Л. Физика пограничного слоя атмосферы. Гипрометеоиздат. Л, 1961.
29. Ламли Дж., Пановский Г. Структура атмосферной турбулентности. Мир. М., 1966.

4. Методика и критерии оценки государственного экзамена

4.1. Форма проведения государственного экзамена:

- Устная Письменная Устно-письменная С применением компьютера

4.2. Продолжительность государственного экзамена:

На подготовку ответа аспиранту дается не более 2 часов (астрономических).

4.3. Методика и критерии оценки государственного экзамена:

Критерии оценивания экзамена:

- знание определений, математических понятий, формулировок и доказательств утверждений
- знание фактического материала
- владение необходимым математическим аппаратом
- умение применять имеющиеся теоретические знания при решении задач
- критическое и самостоятельное изложение материала
- способность отвечать на дополнительные вопросы по программе экзамена.

Система оценивания государственного экзамена:

Оценка «отлично» выставляется в том случае, если:

- дан исчерпывающий ответ на поставленные вопросы билета
- даны ответы на дополнительные вопросы
- продемонстрировано наличие глубоких знаний в рамках программы экзамена
- безошибочно использован математический аппарат
- решены поставленные задачи.

Оценка «хорошо»:

- дан достаточно полный ответ на поставленные вопросы билета
- даны ответы на большую часть дополнительных вопросов
- продемонстрировано наличие полных знаний в рамках программы экзамена
- в целом верно использован математический аппарат
- поставленные задачи решены частично.

Оценка «удовлетворительно»:

- дан ответ на поставленные вопросы билета
- даны ответы на отдельные дополнительные вопросы
- продемонстрировано наличие знаний в рамках программы экзамена
- использование математического аппарата содержит неточности
- поставленные задачи решены лишь в целом.

Оценка «неудовлетворительно»:

- не дан ответ на поставленные вопросы билета
- не даны ответы ни на один дополнительный вопрос
- продемонстрирована недостаточность знаний в рамках программы экзамена
- использование математического аппарата содержит грубые ошибки
- поставленные задачи не решены.

Общая оценка за экзамен выставляется по следующим правилам. Оценка «отлично» выставляется в случае, если ответы на все вопросы оценены на отлично, либо один вопрос оценен на «хорошо». Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если имеется хотя бы одна оценка «неудовлетворительно» за ответ на один из вопросов. Оценка «удовлетворительно» выставляется, если имеется более двух оценок удовлетворительно. В остальных случаях выставляется оценка «хорошо».

5. Процедура проведения государственного экзамена

5.1. Государственная итоговая аттестация для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья проводится с учетом особенностей их психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

5.2. Проведение государственного экзамена осуществляется в соответствии с Правилами обучения по программам высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, программам ординатуры, реализуемым в Санкт-Петербургском государственном университете, утвержденными приказом от 30.08.2018 № 8577/1 (с последующими изменениями и дополнениями).

5.3. В ситуации крайней необходимости в целях защиты жизни и здоровья обучающихся, научно-педагогических работников и сотрудников, обеспечивающих проведение государственной итоговой аттестации, по решению уполномоченного должностного лица государственная итоговая аттестация может быть проведена исключительно с применением дистанционных технологий.

Приложение № 2

УТВЕРЖДЕНА

приказом от 28.11 № 15148/1
2023

**Программа государственной итоговой аттестации
в форме защиты выпускной квалификационной работы
по направлению подготовки 05.06.01 «Науки о Земле»
основной образовательной программы
МК.3063.* «Моделирование и мониторинг геосфер»
уровень образования: подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре**

1. Общие положения

1.1. Выпускная квалификационная работа (далее – ВКР) представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний, либо в которой изложены научно-обоснованные технические, технологические или иные решения и разработки, имеющие существенное значение.

1.2. ВКР является самостоятельным исследованием обучающегося, выполненным под руководством назначенного ему научного руководителя, в соответствии с установленными требованиями. ВКР может быть представлена в виде научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации).

1.3. Требования к научному докладу, порядок его подготовки и представления и критерии его оценки определяются программой государственной итоговой аттестации с учетом «ГОСТ Р 7.0.11-2011. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления» (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 13.12.2011 № 811-ст).

1.4. Объем государственной итоговой аттестации, учебный период и сроки государственной итоговой аттестации указаны в актуальном учебном плане и календарном учебном графике.

1.5. Язык подготовки и защиты: язык реализации образовательной программы.

2. Требования к структуре и содержанию ВКР

2.1. Выпускная квалификационная работа должна соответствовать требованиям, содержащимся в Правилах обучения в аспирантуре и ординатуре СПбГУ, утвержденных приказом от 30.08.2018 №8577/1 «Об утверждении Правил обучения по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, программам ординатуры, реализуемым в Санкт-Петербургском государственном университете».

2.2. При подготовке ВКР аспирантом могут быть привлечены материалы выполненных им ранее работ, исследований, осуществленных за время обучения в рамках научно-исследовательской работы, а также материалы, собранные, экспериментально апробированные и систематизированные во время педагогических и учебных практик в образовательных и профильных учреждениях.

2.3. ВКР может быть связана с разработкой конкретных теоретических или экспериментальных вопросов, являющихся частью научно-исследовательских, учебно-методических, экспериментальных и других работ. В этом случае в работе обязательно должен быть отражен личный вклад автора в работу научного коллектива.

2.4. ВКР должна свидетельствовать:

- 2.4.1. Об умении выпускника применять полученные профессиональные знания, умения и навыки в практической деятельности;
- 2.4.2. О степени овладения им специальной литературой;
- 2.4.3. О способности анализировать профессиональный материал и результаты его применения;
- 2.4.4. О возможности решать конкретные задачи профессиональной деятельности;
- 2.4.5. О навыках формулировать свою позицию по дискуссионным проблемам и отстаивать ее, разрабатывать рекомендации по совершенствованию профессиональной деятельности;
- 2.4.6. Об индивидуальности авторского подхода к научному освещению проблемы, оценкам существующих мнений и оформлению результатов проведенного исследования.

2.5. Последовательность подготовки ВКР:

- 2.5.1. Выбор темы, ее обсуждение с руководителем научной работы;
- 2.5.2. Сбор материала по избранной проблеме, его анализ;
- 2.5.3. Составление плана (содержания) работы, согласование его с научным руководителем;
- 2.5.4. Осуществление опытно-экспериментальных мероприятий;
- 2.5.5. Написание текста;
- 2.5.6. Ознакомление научного руководителя с содержанием работы, доработка ее согласно высказанным замечаниям;
- 2.5.7. Оформление текста в соответствии с требованиями, предъявляемыми к выпускным квалификационным работам;
- 2.5.8. Передача работы на отзыв научному руководителю;
- 2.5.9. Представление работы на рецензирование;
- 2.5.10. Защита выпускной квалификационной работы перед Государственной экзаменационной комиссией (ГЭК).

2.6. Содержание выпускной квалификационной работы должно соответствовать направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

2.7. Изложение материала должно быть ясным и логически последовательным, формулировки – точными и конкретными, выводы – обоснованными, аргументация – убедительной.

2.8. Структура работы должна дать возможность любому специалисту из любой смежной области понять содержание данной работы и оценить уровень её выполнения по различным признакам, в том числе и косвенным. В связи с этим рекомендуется включение в работу следующих разделов:

2.8.1. Введение, где автор описывает место данной предметной области в общей научной картине мира, обосновывает актуальность рассматриваемой темы, степень ее разработанности, характеризует объект и предмет исследования, раскрывает цель и задачи работы, теоретическую и практическую значимость работы, описывает решаемую задачу на языке, понятном специалисту из любой смежной области. Здесь же могут быть введены понятия и результаты, необходимые для понимания основной части текста.

2.8.2. Постановка задачи. Здесь решаемая задача должна быть четко сформулирована в терминах данной предметной области. Должны быть описаны требования к ожидаемому решению и методы его верификации.

2.8.3. Обзор литературы. В этом разделе автор работы должен продемонстрировать широту и глубину своих знаний публикаций, релевантных решаемой задаче. Желательно, чтобы список литературы охватывал важнейшие публикации в данной области, как классические, так и современные, как на

русском, так и на английском языке. Автор должен иметь в виду, что как рецензент, так и член ГЭК могут задать вопросы, связанные с характеристикой, данной в ВКР любой работе, упомянутой в списке литературы. Важный момент заключается в том, что обзор литературы должен носить аналитический характер. Автор должен высказывать свое мнение относительно упомянутых работ, степень использования каждой работы при подготовке собственной ВКР.

2.8.4. Основная часть. Содержание и структура основной части во многом зависят от типа работы, и будут более подробно описаны в разделе «Типы ВКР».

2.8.5. Выводы. Здесь автор должен перечислить полученные результаты и критически их охарактеризовать, отмечая, насколько полно была решена поставленная задача. В случае, если задача была решена не полностью, автор должен указать причины и предполагаемые способы решения выявленных проблем в будущем.

2.8.6. Заключение. Дается краткое описание полученных результатов, понятное любому специалисту из смежных областей, и рекомендации по использованию результатов исследования в практической деятельности.

2.9. В случае если работа была выполнена с использованием Ресурсных Центров СПбГУ, эти центры должны быть перечислены в конце основного текста ВКР перед списком использованной литературы.

2.10. В случае использования заимствованного материала без ссылки на автора и источник заимствования ВКР снимается с рассмотрения вне зависимости от стадии ее рассмотрения без права повторной защиты.

3. Требования к порядку выполнения и оформления ВКР

3.1. Требованием при подготовке ВКР в соответствии с общепринятыми этическими и правовыми нормами является добросовестное цитирование. Выполнение данного требования отражается в отзыве научного руководителя ВКР на основании результатов проверки ВКР на объем заимствования, в т.ч. содержательного выявления неправомерных заимствований.

3.2. Титульный лист ВКР оформляется в соответствии с формой титульного листа утвержденной приказом проректора по учебно-методической работе от 03.07.2018 №6616/1 «Об утверждении формы программы государственной итоговой аттестации».

3.3. Содержание ВКР должно быть оформлено по следующему образцу:

Содержание

Введение	
Постановка задачи	
Обзор литературы	
Глава 1. Название главы	
1.1. Название параграфа	
1.2. Название параграфа	
1.3. Название параграфа	
Глава 2. Название главы	
2.1. Название параграфа	
2.2. Название параграфа	
2.3. Название параграфа	
Глава 3. Название главы	
3.1. Название параграфа	
3.2. Название параграфа	
3.3. Название параграфа	

Выводы	
Заключение	
Список литературы	
Приложение	

3.4. Текст ВКР должен быть оформлен в соответствии со следующими требованиями:

- 3.4.1. Формат бумаги: А4.
- 3.4.2. Поля: верхнее – 2 см, нижнее – 2 см, левое – 3 см, правое – 1.5 см.
- 3.4.3. Нумерация страниц должна быть сквозной и включать титульный лист и приложения. Страницы нумеруются арабскими цифрами, на титульном листе номер страницы не указывается.
- 3.4.4. Межстрочный интервал: 1.5 строки.
- 3.4.5. Абзацный отступ. Первая строка каждого абзаца должна иметь абзацный отступ 1.25 см.
- 3.4.6. Выравнивание основного текста по ширине поля.
- 3.4.7. Гарнитура шрифта. Основной текст ВКР оформляется одним шрифтом, например «Times New Roman». Названия заголовков могут оформляться другим шрифтом. Возможно оформление другим шрифтом вставок программных кодов, цитат и др.
- 3.4.8. Кегль: основной текст – 14 пт, названия параграфов – 16 пт, названия глав – 18 пт, текст в таблице, подписи к рисункам, таблицам – 12 пт.
- 3.4.9. При подготовке текста, иллюстраций и таблиц необходимо обеспечивать равномерную контрастность и четкость их изображения независимо от способа выполнения. Допускаются только четкие рисунки (черно-белые или цветные), выполненные средствами компьютерной графики или сканированные. Ширина рисунка не должна быть больше полосы набора текста. Обозначения на рисунках должны четко читаться. Все рисунки должны быть пронумерованы сквозной нумерацией или привязаны к главам (Рис. 1.1 или Рис. 1) и иметь подрисуночные подписи. Ссылки на рисунки в тексте обязательны.
- 3.4.10. Оформление формул. Одиночные формулы располагаются по центру строки. Номера формул выровнены по правому краю. Нумерация формул только тех, на которые есть ссылка в тексте.
- 3.4.11. Список цитируемой литературы. Литературу в списке следует расположить в алфавитно-хронологическом порядке (если есть ссылка на работы одного автора, то первой будет та, которая вышла раньше) или в порядке упоминания в тексте. В список литературы включаются только издания, на которые есть ссылки в тексте. Ссылки в тексте на источник – в квадратных скобках в строгом соответствии с библиографическим списком. Сведения об источниках приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1–2003, ГОСТ 7.0.5-2008, ГОСТ 7.82 - 2001.

4. Методика и критерии оценки ВКР

4.1. Типы ВКР. Выпускная работа может относиться к любому из следующих типов или их комбинации:

- 4.1.1. Теоретическая работа. Основным содержанием данной работы может быть:
 - 4.1.1.1. Формулировка и доказательство новых теоретических результатов;
 - 4.1.1.2. Построение новых моделей и оценка точности моделирования;
 - 4.1.1.3. Разработка новых или модификация известных вычислительных

алгоритмов и оценка их эффективности;

4.1.1.4. Разработка новых или модификация известных методов анализа данных и демонстрация их эффективности релевантным способом на реальных данных.

4.1.2. Прикладная работа. Решение задачи известными методами в новой постановке. Автор должен продемонстрировать владение технологией и методикой вычислительного и/или натурального эксперимента, включая необходимую предварительную обработку данных, эффективную организацию вычислительного процесса, верификацию полученных результатов. Важным моментом является проведение экспериментов при различных наборах параметров, оформление результатов в виде таблиц, графиков. Желательно проведение статистического или иного релевантного обоснования сделанных выводов.

4.1.3. Важнейшим требованием к данному типу работы является внедрение продукта в реальную практику. Работа должна содержать описание требований к продукту, его отличия и преимущества по отношению к известным аналогам, описание его архитектуры, технологии разработки и тестирования, демонстрацию продукта, желательно предоставление актов о внедрении.

4.2. Продолжительность защиты ВКР: 10 минут.

4.3. Методика и критерии оценки ВКР / научного доклада:

4.3.1. Критерии, которым должна отвечать выпускная квалификационная работа:

4.3.1.1. ВКР должна быть научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, либо изложены новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны;

4.3.1.2. ВКР должна быть написана автором самостоятельно, обладать внутренним единством, содержать новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствовать о личном вкладе автора в науку;

4.3.1.3. Предложенные автором ВКР решения должны быть аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями;

4.3.1.4. Автор ВКР обязан ссылаться на автора и (или) источник заимствования материалов или отдельных результатов. При использовании в ВКР результатов научных работ, выполненных лично и (или) в соавторстве, автор обязан отметить в ВКР это обстоятельство;

4.3.1.5. Обзор литературы охватывает важнейшие публикации в данной предметной области, как классические, так и современные, как на русском, так и на английском языке. Обзор литературы носит аналитический характер. Автор высказывает свое мнение относительно всех цитируемых работ, указывая степень их использования при подготовке ВКР;

4.3.1.6. Формулировки и доказательства теоретических утверждений проведены со всей возможной строгостью и полнотой, с использованием общепринятых обозначений;

4.3.1.7. Модели и алгоритмы описаны с использованием языка, принятого в научных публикациях по данной тематике. Уровень детализации описания должен быть достаточен для воспроизведения всех результатов, полученных в ВКР, любым специалистом в смежных областях;

4.3.1.8. Разработка новой модели, вычислительного алгоритма сопровождаются оценкой точности моделирования, эффективности алгоритма;

4.3.1.9. Вычислительные эксперименты проведены в соответствии с практикой, стандартами и тенденциями, используемыми в современных научных работах данной области науки. Уровень сложности эксперимента должен соответствовать уровню экспериментов, представленных в современных научных публикациях в рецензируемых журналах;

4.3.1.10. Результаты вычислительных экспериментов оформлены в виде таблиц и/или графиков. Проведено обоснование выводов, сделанных на основе экспериментов;

4.3.1.11. Процесс разработки программного продукта и сам продукт описаны с достаточной степенью подробности. Указаны отличия и преимущества по отношению к известным аналогам. Приведены обоснования по решениям, принятым на всех этапах проектирования и разработки продукта. Описана методика тестирования продукта и приведены результаты тестирования. Желательно предъявление акта о внедрении;

4.3.1.12. Результаты, полученные в работе, соответствуют постановке задачи.

4.3.2. Результаты защиты ВКР определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно» в соответствии со степенью реализации в ВКР следующих критериев:

4.3.2.1. На основании выполненной ВКР:

4.3.2.1.1. Разработана научная концепция; новая научная идея, обогащающая научную концепцию, новая экспериментальная методика, позволившая выявить качественно новые закономерности исследуемого явления, повысить точность измерений с расширением границ применимости полученных результатов и т.п.;

4.3.2.1.2. Предложены оригинальная научная гипотеза, оригинальные суждения по заявленной тематике; нетрадиционный подход и т.п.;

4.3.2.1.3. Доказана перспективность использования новых идей в науке, в практике, наличие закономерностей, неизвестных связей, зависимостей и т. п.;

4.3.2.1.4. Введены новые понятия, измененные трактовки старых понятий, новые термины и т.д.

4.3.2.2. Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что доказаны теоремы, леммы, положения, методики, вносящие вклад в расширение представлений об изучаемом явлении, расширяющие границы применимости полученных результатов и т.п.

4.3.2.3. Применительно к проблематике ВКР результативно (эффективно, т.е. с получением обладающих новизной результатов):

4.3.2.3.1. Использован комплекс существующих методов исследования, в т. ч. численных методов, экспериментальных методов и т. п.;

4.3.2.3.2. Изложены положения, идеи, аргументы, доказательства, элементы теории, аксиомы, гипотезы, факты, этапы, тенденции, стадии, факторы, условия и т.п.;

4.3.2.3.3. Раскрыты существенные проявления теории: противоречия, несоответствия;

4.3.2.3.4. Выявлены новые проблемы и т.п.;

- 4.3.2.3.5. Изучены связи данного явления с другими, генезис процесса, внутренние и внешние противоречия, факторы, причинно-следственные связи и т.п.;
 - 4.3.2.3.6. Проведена модернизация существующих математических моделей, алгоритмов и/или численных методов, обеспечивающих получение новых результатов по теме диссертации и т.п.
 - 4.3.2.4. Значение полученных результатов ВКР для практики подтверждается тем, что:
 - 4.3.2.4.1. Разработаны и внедрены технологии, новые универсальные методики измерений, образовательные технологии, ГОСТы и т.п.;
 - 4.3.2.4.2. Создана модель эффективного применения знаний, система практических рекомендаций и т.п.;
 - 4.3.2.4.3. Представлены методические рекомендации, рекомендации для более высокого уровня организации деятельности, предложения по дальнейшему совершенствованию и т.п.
 - 4.3.2.5. Оценка достоверности результатов исследования выявила:
 - 4.3.2.5.1. Для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании, обоснованы калибровки, показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях и т.п.;
 - 4.3.2.5.2. Теория построена на известных, проверяемых данных, фактах, в т.ч. для предельных случаев, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме ВКР или по смежным отраслям и т.п.;
 - 4.3.2.5.3. Идея базируется на анализе практики, обобщения передового опыта и т.п.;
 - 4.3.2.5.4. Использовано сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;
 - 4.3.2.5.5. Установлено качественное и/или количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, в тех случаях, когда такое сравнение является обоснованным;
 - 4.3.2.5.6. Использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, представительные выборочные совокупности с обоснованием подбора объектов (единиц) наблюдения и измерения и т.п.
 - 4.3.2.6. Личный вклад выпускника состоит в следующем:
 - 4.3.2.6.1. Включенное участие на всех этапах процесса;
 - 4.3.2.6.2. Непосредственное участие автора в получении исходных данных и научных экспериментах;
 - 4.3.2.6.3. Личное участие в апробации результатов исследования;
 - 4.3.2.6.4. Разработка экспериментальных стендов и установок (ключевых элементов экспериментальных установок), выполненных лично автором или при участии автора;
 - 4.3.2.6.5. Обработка и интерпретация экспериментальных данных, выполненных лично автором или при участии автора;
 - 4.3.2.6.6. Подготовка основных публикаций по выполненной работе и т.п.
 - 4.3.2.7. ВКР охватывает основные вопросы поставленной научной задачи (проблемы) и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, непротиворечивой методологической платформы, основной идейной линии, концептуальности и взаимосвязи выводов.
- 4.3.3. Правила выставления оценок:

4.3.3.1. Оценка «отлично» выставляется в том случае, если ВКР выполняется в соответствии с критериями 4.3.1.1-4.3.1.12, а в каждом из критериев 4.3.2.1-4.3.2.7. выполнен хотя бы один пункт;

4.3.3.2. Оценка «хорошо» выставляется в том случае, если ВКР выполняется в соответствии с критериями 4.3.1.1-4.3.1.12 и в каждом из критериев 4.3.2.1, 4.3.2.2., 4.3.2.6., 4.3.2.7. выполнен хотя бы один пункт, а в одном из критериев 4.3.2.4. или 4.3.2.5. хотя бы один пункт выполняется в основном;

4.3.3.3. Оценка «неудовлетворительно» выставляется в следующих случаях:

4.3.3.3.1. В выпускной квалификационной работе обнаружен плагиат;

4.3.3.3.2. Объем работы, степень детализации изложения недостаточны для того, чтобы составить объективное мнение о знаниях, навыках и умениях автора работы;

4.3.3.3.3. Задача, сформулированная в разделе «Постановка задачи», не решена;

4.3.3.4. Оценка «удовлетворительно» выставляется во всех остальных случаях.

5. Процедура защиты ВКР

5.1 ВКР / научный доклад подлежит размещению обучающимся в системе информационной поддержки образовательного процесса в порядке, предусмотренном соответствующим регламентом, в соответствии с Правилами обучения по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, программам ординатуры, реализуемым в Санкт-Петербургском государственном университете, утвержденными приказом от 30.08.2018 № 8577/1 (с последующими изменениями и дополнениями).

5.2 Государственная итоговая аттестация для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья проводится с учетом особенностей их психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

5.3 Защита ВКР осуществляется в соответствии с Правилами обучения по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, программам ординатуры, реализуемым в Санкт-Петербургском государственном университете, утвержденными приказом от 30.08.2018 № 8577/1 (с последующими изменениями и дополнениями).

5.4 В ситуации крайней необходимости в целях защиты жизни и здоровья обучающихся, научно-педагогических работников и сотрудников, обеспечивающих проведение государственной итоговой аттестации, по решению уполномоченного должностного лица государственная итоговая аттестация может быть проведена исключительно с применением дистанционных технологий.