

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ**  
**ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР ИМ. АКАДЕМИКА**  
**Н.В. МЕЛЬНИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**  
**(ИПКОН РАН)**



**УТВЕРЖДЕНО**

Приказом № 01-02/18 от «19» февраля 2021 г.

Директор ИПКОН РАН

/В.Н. Захаров/

**ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ  
ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ**

**Вид образования:** Профессиональное образование

**Уровень образования:** Высшее образование - подготовка кадров высшей квалификации

**Квалификация выпускника:** Исследователь. Преподаватель-исследователь

**Направление подготовки:** 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых

**Направленность (профиль) образовательной программы:**

**25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» (технические науки);**

**Тип образовательной программы:** Программа аспирантуры

**Форма обучения:** очная

**Срок освоения образовательной программы:** 4 года

**1. Общие требования к государственной итоговой аттестации**

1.1. Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 21.06.01 ГЕОЛОГИЯ, РАЗВЕДКА И РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденным приказом Минобрнауки России от № «30» июля 2014г. предусмотрена государственная итоговая аттестация обучающихся по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре в форме:

- государственного экзамена,
- научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации).

1.2. Виды профессиональной деятельности выпускников.

Основной профессиональной образовательной программой по направлению подготовки 21.06.01 ГЕОЛОГИЯ, РАЗВЕДКА И РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ предусматриваются следующие виды профессиональной деятельности, к которым готовятся выпускники, освоившие программу аспирантуры:

- научно-исследовательская деятельность в области ГЕОЛОГИИ, РАЗВЕДКЕ И РАЗРАБОТКЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

и

- преподавательская деятельность по образовательным программам высшего образования

1.3. Компетенции, выносимые на государственную итоговую аттестацию:

- способность планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты (ОПК-1);

- способность подготавливать научно-технические отчеты, а также публикации по результатам выполнения исследований (ОПК-2);
- готовность докладывать и аргументировано защищать результаты выполненной научной работы (ОПК-3);
- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-4);
- способность осуществлять исследование структуры, свойств и состояния горных пород в лабораторных и натуральных условиях; проводить исследования и выбирать оптимальные способы вскрытия, системы разработки, методы доступа и подготовки массива горных пород
- при освоении георесурсов; пофакторно изучать горную действительность и решать локальные научные задачи проведения горных выработок, вскрытия месторождений, выбора систем разработки (ПК-1);
- способность исследовать и прогнозировать: горно-геологические и горнотехнические условия освоения месторождений полезных ископаемых; геомеханические условия, условия разрушения горных пород, рудничной аэрогазодинамики и горной теплофизики; научно-обоснованные технологии разработки природных месторождений твердых полезных ископаемых и техногенных георесурсов; для установления на базе факторного анализа области рациональных параметров различных физических и технико-экономических подсистем взаимодействий между подсистемами и элементами технологической системы (шахта, рудник, карьер, выработанное пространство) (ПК-2);
- способность прогнозировать: устойчивость конструктивных элементов систем обогащения полезных ископаемых; устойчивость конструктивных элементов систем разработки и опасные динамические явления в массиве при ведении горных работ и в подземном строительстве; разрабатывать технологические способы управления качеством продукции горного предприятия и исследования с целью оптимизации параметров физико-технических, физико-химических и строительных технологий; владеть современными программами имитационного моделирования и уметь осуществить компьютерное моделирование обоснования рациональной размерности системы и методов оценки точности принимаемых решений (ПК-3);
- готовность осуществлять математическое, физическое, компьютерное моделирование: процессов обогащения полезных ископаемых; геомеханических условий, условий разрушения горных пород, рудничной аэрогазодинамики и горной теплофизики. Разрабатывать теоретические положения и технические решения по использованию выработанных и сооруженных подземных пространств в недрах Земли; анализировать, обосновывать и оценивать структуры горнотехнических систем, определять их свойства - инвариантные характеристики, способы разработки месторождения или его части, обосновывать оптимальные технологии открытого, подземного и комбинированного способов разработки и области их применения на конкретном месторождении (ПК-4);
- владение инструментальными и программными средствами: реализации процессов обогащения полезных ископаемых; исследования геомеханики, разрушений горных пород, рудничной аэрогазодинамики и горной теплофизики; научного обоснования параметров горнотехнических сооружений и процессов взаимодействия инженерных конструкций с породными массивами и устойчивостью горных выработок; изучения и управления техногенными системами и прогнозом локальных изменений с позиции целого - разделение месторождения или его части на шахтные карьерные поля, обоснование производственной мощности горных предприятий (ПК-5);
- способность обосновывать технические решения и критерии их оценки при выборе: методов и средств изучения процессов обогащения полезных ископаемых; методов и средств изучения геомеханики, разрушений горных пород, рудничной аэрогазодинамики и горной теплофизики; основ исследования процессов изменения строительных свойств грунтов, подвергающихся физико-техническому, физико-химическому и строительно-технологическому воздействию, а также целенаправленного преобразования и улучшения их строительных свойств; методов установления параметров горнотехнических систем, управления их функционированием на различных этапах эксплуатации, способов обоснования технологических схем горных предприятий, способов вскрытия и подготовки запасов в шахтном, карьерном поле, методов управления качеством рудоподготовки (ПК-6);
- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5);
- готовность и способность использовать современные педагогические методы высшей школы для формирования знаний у обучающихся в области геологии, разведки и разработки полезных ископаемых направленности обогащение полезных ископаемых (УК-6).

1.4. Объём государственной итоговой аттестации составляет 9 зачётных единиц.

## **2. Требования к выпускнику, проверяемые в ходе государственного экзамена.**

2.1. Перечень вопросов по направленностям, выносимых на государственный итоговый экзамен: (Приложения 1, 2)

- \* **Педагогика высшей школы**
- \* **25.00.20 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика**

### **2.2. Критерии выставления оценок по результатам государственного экзамена.**

Оценка «отлично» выставляется, если аспирант продемонстрировал свободное владение материалом, не допустил ни одной существенной ошибки, освещал вопросы на высоком профессиональном уровне, демонстрируя высокую эрудицию по специальности и смежным дисциплинам, творческое мышление, способность решения нетривиальных задач и разрешения практических ситуаций, в т.ч. на основе междисциплинарного подхода.

Оценка «хорошо» выставляется, если к ответу нет существенных замечаний, состоялось обсуждение в полном объёме и на высоком профессиональном уровне, однако, возникли некоторые незначительные затруднения в ответе на дополнительные и уточняющие вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется в случае, если ответы аспиранта прозвучали кратко и неполно, без должной глубины освещения поставленных проблем, но без грубых ошибок, при этом в ответе очевидны трудности при обращении к смежным дисциплинам или в проявлении творческого мышления.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, если аспирант испытывал затруднения при изложении базовых элементов программы ГИА и допускал грубые ошибки.

### **2.3. Порядок проведения экзамена.**

Экзамен проводится в устной или письменной формах. Экзаменационный билет включает 3 вопроса. Начало экзамена согласно заранее вывешенному расписанию. На подготовку к ответу аспиранту дается не менее 40 минут. Все члены экзаменационной комиссии слушают ответ экзаменуемого и оценивают его знания. Решение об итоговой оценке знаний аспиранта принимается комиссией на закрытом заседании открытым голосованием большинством голосов членов комиссии, участвующих в голосовании. При равном числе голосов решающим является голос председателя. Результаты сдачи экзамена объявляются в тот же день после оформления в установленном порядке протоколов заседаний экзаменационных комиссий. При определении оценки принимается во внимание уровень теоретической и практической подготовки выпускника. Результаты государственного экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

В ходе экзамена для проведения расчётов выпускники имеют право воспользоваться калькулятором с расширенным функционалом (не имеются в виду соответствующие программы, установленные в мобильных телефонах и прочих устройствах).

## **3. Требования к научному докладу об основных результатах научно-квалификационной работы (далее - НКР)**

3.1. Требования к содержанию, структуре, оформлению и объёму НКР и научного доклада.

3.1.1 НКР должна быть выполнена на актуальную тему, содержать элементы научной новизны и практической значимости в рамках заявленной тематики. Основные результаты, содержащиеся в работе, должны быть **апробированы на научно-практических**

**конференциях** международного и государственного уровня. Научные результаты должны быть **опубликованы не менее чем в 2 изданиях**, из перечня ведущих рецензируемых научных журналов, включённых Высшей аттестационной комиссией России в список изданий, рекомендуемых для опубликования основных научных результатов диссертации на соискание учёной степени кандидата и доктора наук.

3.1.2 Научный доклад предоставляется в виде специально подготовленной рукописи, которая должна содержать титульный лист, введение с указанием актуальности темы, целей и задач, характеристики основных источников и научной литературы, определением методик и материала, использованных в НКР; основную часть, заключение, библиографический список.

3.1.3 В научном докладе излагаются основные идеи и выводы диссертации, показывается вклад автора в проведенное исследование, степень новизны и практическая значимость приведенных результатов исследований, содержатся сведения об организации, в которой выполнялась диссертация, о научных руководителях, приводится список публикаций автора диссертации, в которых отражены основные научные результаты диссертации.

### **3.2. Порядок подготовки научного доклада.**

3.2.1 После завершения подготовки НКР научный руководитель дает письменный отзыв о выполненной НКР (далее - отзыв). В отзыве должна содержаться краткая характеристика работы, отмечена степень самостоятельности, проявленная аспирантом при выполнении работы, охарактеризована деятельность обучающегося в процессе написания научного доклада по результатам НКР, а также, наличие публикаций и выступлений на конференциях.

3.2.2 НКР подлежат внутреннему рецензированию. Рецензенты не позднее, **чем за 14 календарных дней** до представления научного доклада об основных результатах подготовленной НКР представляют письменные рецензии на указанную работу (далее - рецензия).

3.2.3 Для проведения внутреннего рецензирования НКР назначаются два рецензента из числа научных и/или научно-педагогических работников ИПКОН РАН, имеющих учёные степени по научной специальности (научным специальностям), соответствующей теме НКР. Если рецензент оценивает работу на оценку ниже «отлично», то в обязательном порядке должны быть перечислены недочеты и ошибки, приведшие к снижению оценки.

### **3.3. Критерии выставления оценок по результатам представления научного доклада.**

Оценка **«отлично»** выставляется, если аспирант достаточно полно обосновал актуальность исследования, предложил варианты решения исследовательских задач, имеющих конкретную область применения, доказал отличие полученных результатов исследования от уже имеющихся в науке. При этом для аргументации исследовательской позиции выпускником взята за основу конкретная теоретическая концепция. Также аспирантом сформулирован терминологический аппарат, определены методы и средства научного исследования. Основной текст научного доклада изложен в единой логике. НКР (диссертация) написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичного представления научного доклада и свидетельствовать о личном вкладе автора в науку. Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если аспирант хорошо обосновал тему исследования; четко сформулировал изучаемую проблему; использовал ограниченное число литературных источников, но достаточного для проведения исследования. Работа основана на среднем по глубине анализе изучаемой проблемы и при этом сделано незначительное число обобщений. Содержание исследования указывает на наличие практических навыков работы аспиранта в данной области. Научный доклад хорошо оформлен с наличием необходимой библиографии. Отзыв научного руководителя и рецензии положительные. Представление научного доклада показало достаточную научную и профессиональную подготовку выпускника.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется в случае, если аспирант достаточно обосновал выбранную тему, но не проявил глубокого понимания рассматриваемой проблемы. В библиографии даны в основном ссылки на стандартные литературные источники. Научные труды, необходимые для всестороннего изучения проблемы, использованы в ограниченном объеме. Заметна нехватка компетентности аспиранта в данной области знаний. Оформление диссертации с элементами небрежности. Отзыв научного руководителя и рецензии положительные, но с замечаниями. Представление научного доклада показало удовлетворительную профессиональную подготовку выпускника, но ограниченную склонность к научной работе.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется в случае, если аспирант поверхностно

обосновал актуальность выбранной темы, продемонстрировав несоответствия между поставленными задачами и положениями, указанными в докладе. Теоретико-методологические основания исследования раскрыты выпускником слабо. Понятийно-категориальный аппарат не в полной мере соответствует заявленной теме. Отсутствуют научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов. В формулировке выводов по результатам проведенного исследования нет аргументированности и самостоятельности суждений. Текст научного доклада не отличается логичностью изложения, носит эклектичный характер и не позволяет проследить позицию автора по изучаемой проблеме.

#### 3.4. Процедура представления научного доклада.

Объявляя каждый научный доклад по результатам НКР, председатель ГЭК называет фамилию, имя и отчество выпускника, тему его работы, а также время, отводимое на доклад. Процедура включает следующие стадии:

- доклад аспиранта по теме НКР с демонстрацией презентации - не более 20 минут;
- ответы на вопросы (при их наличии);
- разбор отзыва научного руководителя и рецензента на НКР, оглашение заключения выпускающего структурного подразделения и справки о внедрении ее результатов на предприятии, организации, фирме (при наличии);
- ответы выпускника на замечания рецензента;
- ответы на вопросы председателя, членов комиссии и других присутствующих. Может быть предусмотрено выступление руководителя НКР и рецензента (ов).

Программа государственной итоговой аттестации составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования направления 21.06.01 ГЕОЛОГИЯ, РАЗВЕДКА И РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 870, с изменениями и дополнениями от 30 апреля 2015 г.

### Перечень вопросов государственного экзамена Педагогика высшей школы

1. Становление педагогики как науки. Объект, предмет и функции педагогики (общетеоретическая, прогностическая, практическая).
2. Система педагогических наук. Педагогика высшей школы как особая концептуализация педагогики.
3. Связь педагогики с другими науками.
4. Методология педагогики и основные методы педагогических исследований.
5. Методология, теория и практика построения диссертационного исследования.
6. Особенности исследовательской деятельности в области высшего образования.
7. Воспитание в системе ВПО как процесс: цели, способы, типы, модели и стили воспитания. Понятие о самовоспитании и саморазвитии.
8. Сущность образования как педагогической категории.
9. Осознанное действие как основа технологий ВПО и методологии деятельности обучающихся и обучающихся.
10. Организация самостоятельной работы обучающихся.
11. Методологическая, инновационная, педагогическая и технологическая культура преподавателя. Педагогическая рефлексия.
12. Традиционные и инновационные технологии в системе ВПО.
13. Генезис высшего образования как социального явления.
14. Высшее образование как процесс и результат педагогической деятельности.
15. Разновидности российских и зарубежных документов об образовании.
16. Основные принципы методы и формы управления педагогическими системами.
17. Принципы государственной политики в сфере высшего образования. Гуманистический характер высшего образования.
18. Система управления высшим образованием в Российской Федерации и органы управления высшим образованием.
19. Становление теоретико-методологических основ современной концепции качества образования.
20. Обеспечение и оценка качества высшего профессионального образования за рубежом: модель общественно-профессиональной аккредитации.
21. Качество высшего профессионального образования в России: комплексная оценка деятельности вуза, аттестация, государственная аккредитация.
22. Менеджмент качества образовательных процессов, образовательных технологий, научно-информационного ресурса вуза.
23. Педагогическая диагностика в образовательном процессе.

### Перечень вопросов государственного экзамена по направленности 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

#### 2.1 Геомеханика

1. Основные представления о геомеханике, как науке о механических явлениях и процессах в земной коре, вызываемых воздействием горных работ, и ее объекте – массиве горных пород, являющемся частью земной коры.
2. Понятие о массивах горных пород, их физических состояниях и важнейших физико-механических свойствах, а также о причинах различия свойств массива и образцов горных пород.
3. Масштабный эффект и масштабные уровни. Геологическое и тектоническое строение массивов горных пород.
4. Классификация массивов по прочности, слоистости, трещиноватости и склонности к разрушению. Методы изучения и прогнозирования состава, строения, состояния и свойств горных массивов.
5. Деформируемость, прочность и разрушение горных пород и массивов.
6. Механические модели пород: упругие, жесткопластические, упругопластические, реологические.
7. Теории прочности и критерии разрушения пород. Полные диаграммы прочности.
8. Деформационные, прочностные и реологические характеристики горных пород, их физический смысл и размерность.
9. Паспорт прочности горных пород, методы и технические средства его построения.
10. Методы и средства испытаний пород в лабораторных и натуральных условиях.
11. Начальные гравитационные и тектонические поля напряжений в массивах горных пород, их связь с геодинамическим полем напряжений.
12. Характер напряженно – деформированного состояния массива при таких полях, оценка компонентов тензора напряжений в его заданных точках.
13. Геомеханические процессы, происходящие в геологической среде под влиянием горных работ и управление ими при подземных и открытых работах, а также подземном и гражданском строительстве.
14. Методы и средства исследований напряженно-деформированного состояния массива горных пород. Маркшейдерские прямые и косвенные методы.
15. Особенности деформирования и разрушения горных пород и массивов в условиях трехмерного напряженно-деформированного состояния, включая область запредельного деформирования.
16. Процессы разупрочнения и предразрушения горных пород при добыче полезных ископаемых. Управление тяжелыми кровлями угольных месторождений.
17. Особенности деформирования и разрушения породных массивов вблизи забоя, устья и сопряжений выработок.
18. Деформирование и разрушение кровли, почвы и породных целиков очистных выработок. Зоны опорного давления в окрестности выработок.
19. Физическая природа концентрации напряжений в зонах опорного давления и характер распределения напряжений в зависимости от ряда определяющих природных и производственных факторов.
20. Сдвигание породных массивов под влиянием подземных и открытых горных работ.
21. Связь сдвига горных пород и газовыделения в горные выработки и на поверхность.
22. Определение параметров сдвига породных массивов и земной поверхности.
23. Защита зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок.
24. Динамические проявления геомеханических процессов в виде горных ударов и внезапных выбросов; их прогноз и предупреждение. Основные признаки удароопасности пород.
25. Механизм внезапных выбросов.
26. Геодинамическое районирование. Раскройка шахтных полей в условиях блочного строения массива, рациональное расположение выработок в активных геодинамических зонах.
27. Методы и средства (включая геофизические) изучения и контроля геомеханических процессов в массиве.
28. Устойчивость горных выработок и подземных сооружений.
29. Взаимодействие массива горных пород с инженерными конструкциями подземных сооружений.
30. Основные положения механики подземных сооружений.
31. Крепи горных выработок и их роль в управлении напряженно-деформированным состоянием массива. Капитальные, подготовительные и очистные выработки. Требования к выбору типа и

параметров крепи.

32. Геомониторинг при строительстве подземных сооружений. Обработка и интерпретация результатов измерений. Обратный анализ.

33. Оценка устойчивости породных откосов и бортов карьеров. Основные факторы, определяющие их устойчивость.

34. Горнотехнические и специальные способы управления состоянием бортов карьеров.

35. Понятие о сейсмических волнах, их параметры и воздействие сейсмических сигналов на строящиеся и эксплуатируемые подземные сооружения.

36. Принципы и приемы геомеханического воздействия на массив для повышения интенсивности и продолжительности нефте- и газоотдачи скважин. Методы контроля.

37. Связь между геомеханическими и геодинамическими процессами.

38. Методы исследований геомеханических процессов в лабораторных и натуральных условиях.

39. Предметное и аналоговое моделирование. Критерии подобия. Методы: эквивалентных материалов, фотоупругости, центробежного моделирования.

40. Снижение напора подземных вод в водоносных породах и их осушение.

41. Влияние подземных вод на устойчивость горных выработок и откосов горных пород.

42. Горно-строительный дренаж. Осадка толщ горных пород в результате глубокого водопонижения.

## **2.2 Разрушение горных пород**

### ***Разрушение горных пород взрывом.***

1. Особенности применения взрыва при открытом и подземном способе разработки месторождения.

2. Классификация взрывчатых веществ (ВВ), средств взрывания и области их эффективного применения. Влияние структуры и диаметра заряда на параметры детонации.

3. Методы определения работоспособности и расчета детонационных параметров ВВ.

4. Бризантные и фугасные свойства непереходных и переходных ВВ.

5. Объемная концентрация энергии заряда ВВ, способы и средства ее регулирования.

6. Системы электрического и неэлектрического инициирования зарядов ВВ.

7. Современные представления о разрушении твердых сред при взрывных нагрузках, физические и механические модели разрушения горных пород взрывом.

8. Основы моделирования действия взрыва в горных породах.

9. Расчет параметров волн напряжений в осесимметричной постановке.

10. Роль газообразных продуктов взрыва при разрушении горных пород.

11. Распространение волн напряжений в трещиноватых средах и влияние соударений отдельностей на результативность взрыва.

12. Методы анализа законов распределения кусковатости взорванной горной массы, определение размеров среднего куска и показателя равномерности дробления.

13. Методы управления энергией взрыва при выполнении различных видов работы (выброс, перемещение, дробление) в условиях горного предприятия.

14. Конструкция заряда и механизм воздействия ее на разрушаемый горный массив.

15. Методы расчета параметров БВР при взрыве системы скважинных зарядов. Особенности действия взрыва зарядов ВВ в зажатой среде.

16. Оценка результатов взрыва и основные технико-экономические критерии эффективности.

17. Закономерности формирования и распространения сейсмических волн и ударной воздушной волны при массовых взрывах.

18. Основные экологические проблемы и методы их решения при ведении взрывных работ.

### ***Разрушение пород при бурении шпуров и скважин и комбинированной проходке выработок.***

Способы бурения и расширения шпуров и скважин. Вращательное, ударно-вращательное, шарошечное, термическое, электротермическое, электрофизическое, гидравлическое, гидромеханическое и другие комбинированные способы бурения. Влияние основных физико-механических свойств горных пород на показатели бурения и расширения шпуров и скважин, энергоемкость разрушения. Интенсификация и оптимизация процессов бурения и расширения, техника и технология бурения и расширения шпуров и скважин.

***Разрушение негабаритов:*** Способы, техника и технология взрывного, механического, термического, электротермического, электрофизического разрушения. Механизм разрушения и расчет параметров разрушения каждым из указанных способов.

***Разрушение горных пород и углей при выемке полезного ископаемого комбайнами и стругами.*** Особенности процесса разрушения угля и горных пород инструментами (резцами и шарошками). Методы и способы экспериментальных исследований процесса разрушения комбайнами и стругами.



Свойства горных пород, влияющих на процессы механического разрушения углей и угольных пластов. Типизация угольных пластов по разрушаемости.

Физические особенности разрушения горных пород и углей резцовым инструментом, дисковыми и штыревыми шарошками, комбинированным инструментом. Схемы резания и выбор их оптимальных параметров.

Влияние параметров породоразрушающих инструментов, режима и схем разрушения на силовые и энергетические показатели процессов механического разрушения горных пород и углей.

**Разрушение горных пород электрофизическими способами.** Электрическое поле в несовершенном диэлектрике. Диэлектрические характеристики горных пород. Система уравнений электромагнитного поля. Поведение пород в магнитном поле. Магнитная постоянная. Потери энергии в породе в переменном магнитном поле. Формирование полей термических напряжений. Физические процессы в породе при электрофизическом ее разрушении в высокочастотных электрических полях. Механизмы разрушения пород электромагнитной волной: термический и за счет фазовых переходов содержащихся в породе влаги или минералов.

Технологические схемы разрушения пород электрофизическими способами: разрушение скальных отдельностей (характер разрушения, типы пород, энергоемкость); разрушение массива методом электрофизического отрыва; разрушение массива СВЧ волнами (типы пород, энергозатраты).

**Гидравлическое разрушение горных пород тонкими струями воды высокого давления.** Тонкие струи воды высокого давления их структура и гидродинамические параметры. Методы расчета динамических и структурных характеристик высокоскоростных струй воды. Разрушение угля одиночными тонкими струями. Взаимодействие струи и горного массива. Методы расчета параметров резания угля и горных пород тонкими струями воды высокого давления.

Разрушение угля одновременно несколькими взаимодействующими тонкими струями. Закономерности разрушения угля тонкими струями воды при помощи многоструйных погружных резаков.

**Разрушение горных пород и твердых материалов гидроабразивными струями.** Сущность способа. Факторы, определяющие эффективность процесса разрушения горных пород и других материалов гидроабразивными струями воды.

**Гидромеханическое разрушение угля и горных пород.** Сущность способа и основные положения гидромеханического способа разрушения угольного и породного массива применительно к использованию в очистных и проходческих комбайнах. Основные факторы, определяющих процесс гидромеханического разрушения и критерии оценки их эффективности. Закономерности гидромеханического разрушения угля и горных пород. Физические особенности процесса комбинированного разрушения угля и горных пород высокоскоростной струей воды и различными типами механического инструмента. Методы расчета рациональных параметров и режимов гидромеханического разрушения угля и горных пород.

**Дробление горной массы:** типы дробилок, область их применения, механизм разрушения, параметры дробления и его энергоемкость.

**Измельчение горной массы:** типы мельниц, условия их применения, механизмы измельчения, энергозатраты и способы их снижения, влияние различных факторов на параметры измельчения, управление режимами и параметрами измельчения в мельницах и их расчет.

### 2.3 Рудничная аэрогазодинамика

**Рудничная газодинамика шахт и рудников.** Рудничная атмосфера: физические и химические свойства газов. Понятие динамически активных и пассивных газов в рудничной атмосфере. Температурно-влажностный режим шахт (рудников) и факторы его определяющие.

Основные законы аэростатики и аэродинамики применительно к рудничной атмосфере. Газоносность угольных пластов, горных пород, горных выработок и шахт. Виды выделения метана в шахтах. Прогноз газовыделения в горные выработки. Управление газовыделением. Способы дегазации и их эффективность. Тепловой баланс шахт и кондиционирование шахтного воздуха.

Шахтная пыль. Горючие и взрывчатые свойства угольной и сланцевой пыли. Особенности взрывов угольной пыли в шахтах.

Режимы движения воздуха в шахтах (рудниках). Природа турбулентности. Основные характеристики турбулентности в шахтных вентиляционных потоках. Фильтрационные течения. Критическое число Рейнольдса.

Природа аэродинамических сопротивлений элементов шахтной вентиляционной сети: сопротивление трения, местные и лобовые сопротивления. Закон сопротивления горных выработок, выработанных пространств.

Диффузия газов в горных шахтных вентиляционных потоках. Уравнение конвективной

диффузии. Граничные условия в задачах переноса газообразных примесей шахтными вентиляционными потоками. Соотношение сил в фильтрационных потоках утечек. Коэффициент турбулентной диффузии.

Стратифицированные потоки. Слоевые скопления газов и механизм их формирования. Число Ричардсона.

Статика и динамика рудничных вентиляционных систем. Газодинамические процессы в шахтах (рудниках) и их характеристики. Переходные газодинамические процессы в шахтных вентиляционных системах. Основные закономерности аэрогазодинамики тупиковых выработок и камер, выемочных участков, выработанных пространств. Моделирование аэрогазодинамических процессов в шахтах. Критерии подобия при моделировании. Числа Архимеда, Нуссельта, Пекле, Прандтля, Стентона, Струхалея, Фруда, Шмидта, Эйлера.

*Аэрология карьеров.* Состав атмосферы карьеров и предъявляемые к нему требования. Вредные примеси атмосферного воздуха, их свойства, предельно допустимые концентрации. Источники загрязнения атмосферы карьеров пылью и газами, их виды. Источники ионизирующего излучения. Методы и средства контроля состояния атмосферы.

Микроклимат карьеров и его влияние на воздухообмен. Основные элементы микроклимата карьеров. Температурная стратификация атмосферы в карьерах. Возникновение воздушных потоков в результате неравномерного распределения тепла по бортам карьера.

Основы аэромеханики и газовой динамики. Физические свойства воздуха. Основные законы аэродинамики. Элементы теории пограничного слоя. Распространение газа, выделяемого точечным и линейным источниками. Основные характеристики газовых факелов. Распространение вредных газов и пыли при взрывных работах. Характеристики пылегазового облака.

Проветривание карьеров за счет энергии ветра. Конвективная схема проветривания (условия возникновения, схемы движения воздуха, скорость и режим движения воздуха, вынос вредностей из карьера). Инверсионная схема движения воздуха (условия возникновения, схемы движения воздуха, скорость накопления вредностей в карьерном пространстве). Комбинированные схемы проветривания.

Интенсификация естественного воздухообмена. Способы и средства искусственной вентиляции. Способы и средства нормализации атмосферы карьеров. Создание комфортных условий в кабинах горных и транспортных машин. Пылеулавливание. Нейтрализация вредных газов. Снижение запыленности воздуха при массовых взрывах. Основы проектирования вентиляции карьеров.

## **2.4 Горная теплофизика**

*Основы термодинамики горных пород.* Термодинамические системы. Термодинамические процессы. Энтальпия и энтропия термодинамических процессов. Термодинамическая вероятность. Фазовые переходы в горных породах. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса. Тепловые свойства твердых тел. Изменение свойств горных пород и минералов в зависимости от температуры.

*Тепломассоперенос.* Уравнение первого закона термодинамики для потока. Сопло Ловалея. Температура адиабатного торможения потока. Основной закон теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Краевые условия. Критерии подобия в термодинамике. Виды теплоносителей и теплообмена. Пограничный слой и механизм конвективного теплообмена. Определение термодинамических параметров теплоносителей. Методы расчета параметров нагрева твердых тел.

*Тепло земных недр.* Термодинамические параметры земной коры. Источники тепла земных недр. Теплоперенос в недрах Земли. Использование тепла земных недр.

*Теплообмен в горных выработках.* Требования к тепловому режиму в подземных выработках. Каналы теплообмена человека. Источники тепла в горных выработках. Методы нормализации температурного режима рудничного воздуха.

*Промерзание связных пород на открытых разработках.* Уравнение колебаний температуры внешней среды. Расчет глубины промерзания. Расчет толщины и свойств теплоизоляционных покрытий с целью полного или частичного предотвращения промерзания пород. Технология получения теплоизоляционных покрытий.

*Оттаивание связных пород на открытых разработках.* Оттаивание прямым нагревом. СВЧ - методы оттаивания (механизм, техника, технология, область применения). Гидрооттаивание (механизм, параметры, техника и технология, область применения).

*Замораживание пород при строительстве подземных сооружений.* Тепломассоперенос в горных породах при замораживании. Термодиффузия влаги при замораживании пород. Расчет параметров замораживания пород вокруг одиночной скважины. Расчет параметров замораживания при формировании ледопородных ограждений.

*Термическое разрушение горных пород.* Разрушение плавлением. Хрупкое термическое разрушение (ХТР). Поле температур и напряжений при ХТР. Механизм и параметры ХТР. Термическое бурение шпуров и скважин, термическое расширение скважин (техника, технология, режимы и параметры, область применения).

*Скважинные геотехнологии добычи полезных ископаемых на основе теплофизики.* Подземная выплавка серы (условия применения, тепловой баланс, расчет параметров, техника и технология).

Подземная газификация твердого топлива (частичная и полная газификация угля, механизм газификации, канал газификации, его формирование и пространственно временные параметры, техника и технология подземной газификации угля).

*Термические процессы при подготовке рудного сырья к металлургическому переделу.* Обжиг окатышей и брикетов, агломерация руд (механизм спекания, восстановительные и окислительные процессы, расчет параметров нагрева с учетом фазовых переходов и тепловых эффектов, техника и технология).

*Сушка горной массы.* Поверхностная и полная сушка (тепловой баланс, тепло - и массообмен, техника и технология, область применения).

Зав. аспирантурой ИПКОН РАН



подпись

/И.М. Малахова/

ФИО

**Дополнения и изменения**

**в программе государственной итоговой аттестации на 20\_\_/20\_\_ учебный год**

В программу вносятся следующие изменения:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_

Программа ГИА обновлена «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Директор ИПКОН РАН

чл.-корр. РАН

подпись

/В.Н. Захаров/

ФИО

Зав. аспирантурой ИПКОН РАН

подпись

/И.М. Малахова/

ФИО