

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ


Руководитель программы
аспирантуры
профессор А.Г. Протосеня

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО
ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И
ОСВОЕНИИ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА**

Подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Область науки:	2. Технические науки
Группа научных специальностей:	2.8. Недропользование и горные науки
Научная специальность:	2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
Отрасли науки:	Технические
Форма освоения программы аспирантуры:	Очная
Срок освоения программы аспирантуры:	4 года
Составитель:	д.т.н., проф. А.Г. Протосеня

Санкт-Петербург

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ АСПИРАНТОВ

Под самостоятельной работой аспирантов (СРА) понимается вид учебно-познавательной деятельности по специальности 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика при участии преподавателя в планировании СРА и оценке достижений конкретных результатов. Самостоятельная работа призвана повысить качество обучения, развить творческие способности аспирантов, их стремление к получению новых знаний и умений, необходимых для профессиональной деятельности, расширить кругозор и интеллектуальный уровень, а также учесть приоритетность интереса аспирантов в самоопределении и самореализации.

Цели самостоятельной работы аспиранта:

- формирование навыков самообразования, развитие познавательных и творческих способностей личности как основополагающего компонента компетентности выпускника;
- формирование научно-исследовательских знаний, умений и навыков обучающихся, способности к осуществлению самостоятельных научных и проектных работ;

Задачи самостоятельной работы аспиранта:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- углубление и расширение навыков работы с учебной и научной литературой, периодическими изданиями;
- развитие познавательных способностей и активности (творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности);
- углубление и расширение самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- углубление и расширение исследовательских умений.

Организация самостоятельной работы аспиранта предполагает, что обучающийся должен приобрести следующие навыки и умения:

- планировать самостоятельную работу;
- владеть методами поиска необходимой учебной и научной информации в местах ее хранения, в том числе в компьютерных базах данных;
- конспектировать лекции, доклады и литературные источники;
- владеть основными методиками решения профессиональных исследовательских и научно-исследовательских задач;
- готовить планы, конспекты и тексты публичных выступлений;
- уметь проводить рефлексивный (ситуативный, ретроспективный и перспективный) анализ профессиональных умений;
- осуществлять самоконтроль за самостоятельной работой и оценивать её результаты.

Указанное определяет большую значимость самостоятельной работы аспирантов и необходимость совершенствования ее организационных основ. Общие принципы организации самостоятельной работы аспирантов базируются на методическом и материальном обеспечении, а также на контроле эффективности этой работы. Главенствующая роль в организации самостоятельной работы аспирантов принадлежит научному руководителю аспиранта, кафедрам университета и методическим комиссиям по циклам учебных дисциплин.

Аудиторная самостоятельная работа аспирантов реализуется при проведении практических занятий, осуществляется под контролем преподавателя, у которого в ходе выполнения задания рекомендуется получить консультацию.

Внеаудиторная самостоятельная работа аспирантов – планируемая исследовательская, научно-исследовательская работа аспирантов по формированию профессиональных компетенций, выполняемая во внеаудиторное время по заданию преподавателя, как при его методическом руководстве, так и без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа аспирантов – обязательная и неотъемлемая часть учебной работы аспиранта по данной учебной дисциплине. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы аспирантов, предусмотренному учебными планами по дисциплине в семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий (подготовка к практическим занятиям подготовка к экзамену, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

Изучение дисциплины «Геомеханические процессы при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства» производится в тематической последовательности. Практическим занятиям, самостоятельному изучению как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения промежуточной аттестации.

Цель дисциплины “Геомеханические процессы при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства” приобретение аспирантами комплекса представлений и знаний о современных подходах и инструментах к оценке геомеханического состояния породного массива при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- изучение вопросов особенностей развития геомеханических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства;
- изучения эффективных способов применения численных методов анализа для решения задач геомеханики при освоении подземного пространства;
- изучение особенностей деформирования и разрушения грунтов и горных пород и методов проведения лабораторных испытаний;
- изучение вопросов прогноза геомеханических процессов при освоении подземного пространства;
- изучение геомеханических моделей поведения породного массива и областей их практического применения;
- изучение методов оценки устойчивости и несущей способности элементов системы разработки месторождений полезных ископаемых и породных обнажений.

2. ВИДЫ, ФОРМЫ И СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ АСПИРАНТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

2.1. Виды самостоятельной работы аспиранта по дисциплине

Основными видами СРС по дисциплине «Геомеханические процессы при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства» являются:

- подготовка к практическим занятиям (включающая выполнение домашних заданий, самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов) по рекомендованной литературе);
- подготовка к дифференцированному зачету.

2.2. Содержание и формы самостоятельной работы аспиранта по дисциплине

Основными формами СРА по дисциплине «Геомеханические процессы при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства» являются:

- аналитическая обработка текстовых и графических материалов;
- самостоятельное изучение отдельных тем (разделов) по рекомендованной литературе;
- подготовка докладов;

- выполнение индивидуальных заданий;
- учебно-исследовательская работа;
- подготовка к экзамену.

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Содержание самостоятельной работы по дисциплине	
		Форма самостоятельной работы аспиранта	Тематика заданий для выполнения самостоятельной работы
	1. Фундаментальные основы развития геомеханических процессов при освоении подземного пространства		
1.	Тема 1. Механизм деформирования и разрушения горных пород и грунтов.	самостоятельное изучение по рекомендованной литературе	Особенности развития напряжений и деформаций при сложном нагружении грунтов и горных пород. Изучение микроструктурных процессов формирования поверхностей ослабления.
2.	Тема 2. Микроструктурные модели деформирования и разрушения горных пород и грунтов.	самостоятельное изучение по рекомендованной литературе	Применение положений механики сплошной среды и механики дискретной среды для описания микроструктурных процессов грунтов и горных пород различного сложения. Оценка эффективности применения различных методов численного моделирования для решения данной задачи. Подготовка численных моделей прогноза деформирования и разрушения пород на основании метода конечно-дискретных элементов.
3	Тема 3. Современные методы изучения механического поведения горных пород и грунтов.	самостоятельное изучение по рекомендованной литературе	Методы лабораторных исследований механического поведения грунтов и горных пород. Локальные и оптические методы контроля за деформированием образцов горных пород и грунтов. Применение методов акустической эмиссии для контроля развития микро/макротрещин внутри образца горной породы.
4	Тема 4. Развитие геомеханических процессов в окрестности породных обнажений.	самостоятельное изучение по рекомендованной литературе	Особенности развития геомеханических процессов при строительстве тоннелей, горных выработок, камер и др. подземных сооружений в различных геомеханических условиях. Методы прогноза напряженно-деформированного состояния (физические, математические).
5	Тема 5. Классификация горных пород и грунтов по форме потери устойчивости породных обнажений.	самостоятельное изучение по рекомендованной литературе	Причины, механизмы и формы потери устойчивости породных обнажений в различных геомеханических условиях.
6	Тема 6. Критерии оценки устойчивости породных обнажений.	самостоятельное изучение по рекомендованной литературе	Анализ существующих критериев устойчивости породных обнажений. Анализ принципов разработки критериев оценки устойчивости породных обнажений. Особенности перехода к

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Содержание самостоятельной работы по дисциплине	
		Форма самостоятельной работы аспиранта	Тематика заданий для выполнения самостоятельной работы
			критериям оценки устойчивости породных обнажений от результатов экспериментальных исследований или результатов математического моделирования.
	2. Методы математического моделирования геомеханических процессов при освоении подземного пространства		
7.	Тема 1. Теоретические положения разработки моделей деформирования геоматериалов.	самостоятельное изучение по рекомендованной литературе	Анализ существующих теорий разработки моделей деформирования грунтов и горных пород. Изучение положений теорий упругости, пластичности, вязко пластичности. Модели сформулированные в рамках механики разрушения. Изучение основ теории Huroplasticity.
8.	Тема 2. Современные математические модели деформирования и разрушения горных пород и грунтов.	Самостоятельное изучение по рекомендованной литературе. Разработка программного кода на одном из популярных языков программирования (C++, Java, Python, Fortran)	Обзор современных моделей деформирования и разрушения грунтов и горных пород. Модели грунтов и горных пород для решения статических задач. Модели грунтов и горных пород для решения динамических задач. Область применения моделей деформирования грунтов и горных пород, направление совершенствования моделей.
9	Тема 3. Численные методы прогноза геомеханических и геодинамических процессов, их достоинства и недостатки, область эффективного применения.	Самостоятельное изучение по рекомендованной литературе. Применение программных решений для выполнения численного моделирования.	Численные методы прогноза геомеханических процессов. Область эффективного применения традиционных методов численного моделирования развития геомеханических процессов в породных массивах. Особенности численного моделирования развития геомеханических процессов в окрестности породных обнажений с применением нетиповых численных методов анализа (SPH, CEL, MPM, FDEM и т.д.).
10	Тема 4. Практика применения численных методов анализа геомеханических процессов при освоении подземного пространства.	Самостоятельное изучение по рекомендованной литературе. Применение программных решений для выполнения численного моделирования.	Практика применения численных методов анализа при освоении подземного пространства городов. Практика применения численных методов анализа при освоении разработке месторождений полезных ископаемых. Практика применения численных методов анализа при решении задач в больших деформациях.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ АСПИРАНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (РАЗДЕЛАМ)

3.1. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы аспирантов по дисциплине

Самостоятельная работа аспирантов под руководством преподавателя представляет собой вид занятий, в ходе которых обучающийся, руководствуясь методической и специальной литературой, а также указаниями преподавателя, самостоятельно выполняет задание, приобретая и совершенствуя при этом знания, умения и компетенции.

Подготовка к практическим занятиям – традиционная форма самостоятельной работы аспирантов, включающая аналитическую обработку текстовых и графических материалов, самостоятельное изучение отдельных тем (разделов) по рекомендованной литературе, подготовку сообщений к выступлению на практическом занятии, подготовка к опросу/перекрёстному опросу (проводимому в рамках практического занятия), выполнение заданий, учебно-исследовательская работа.

Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для выполнения самостоятельной работы по дисциплине «Геомеханические процессы при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства», представлен в рабочей программе и в данных методических указаниях.

3.2. Примерная тематика вопросов для самостоятельной подготовки к практическим занятиям (по разделам)

Раздел 1. Фундаментальные основы развития геомеханических процессов при освоении подземного пространства

1. Особенности развития напряжений и деформаций при сложном нагружении грунтов и горных пород.
2. Микроструктурные процессы формирования поверхностей ослабления.
3. Применение положений механики сплошной среды и механики дискретной среды для описания микроструктурных процессов грунтов и горных пород различного сложения.
4. Оценка эффективности применения различных методов численного моделирования для решения данной задачи.
5. Подготовка численных моделей прогноза деформирования и разрушения пород на основании метода конечно-дискретных элементов.
6. Методы лабораторных исследований механического поведения грунтов и горных пород.
7. Локальные и оптические методы контроля за деформированием образцов горных пород и грунтов.
8. Применение методов акустической эмиссии для контроля развития микро/макротрещин внутри образца горной породы.
9. Особенности развития геомеханических процессов при строительстве тоннелей, горных выработок, камер и др. подземных сооружений в различных геомеханических условиях.
10. Методы прогноза напряженно-деформированного состояния (физические, математические).
11. Причины, механизмы и формы потери устойчивости породных обнажений в различных геомеханических условиях.
12. Классификация условий проведения породных обнажений по особенностям проявления геомеханических процессов на момент потери их устойчивости.
13. Анализ существующих критериев устойчивости породных обнажений.
14. Анализ принципов разработки критериев оценки устойчивости породных обнажений.

15. Особенности перехода к критериям оценки устойчивости породных обнажений от результатов экспериментальных исследований или результатов математического моделирования.

Раздел 2. Методы математического моделирования геомеханических процессов при освоении подземного пространства

1. Анализ существующих теорий разработки моделей деформирования грунтов и горных пород.
2. Изучение положений теорий упругости, пластичности, вязко пластичности.
3. Модели сформулированные в рамках механики разрушения.
4. Теория Нуропlasticity.
5. Современные модели деформирования и разрушения грунтов и горных пород.
6. Модели грунтов и горных пород для решения статических задач.
7. Модели грунтов и горных пород для решения динамических задач.
8. Область применения моделей деформирования грунтов и горных пород.
9. Направление совершенствования моделей деформирования геоматериалов.
10. Численные методы прогноза геомеханических процессов.
11. Область эффективного применения традиционных методов численного моделирования развития геомеханических процессов в породных массивах.
12. Численное моделирование развития геомеханических процессов в окрестности породных обнажений с применением нетиповых численных методов анализа (SPH, CEL, MPM, FDEM и т.д.).
13. Практика применения численных методов анализа при освоении подземного пространства городов.
14. Практика применения численных методов анализа при освоении разработке месторождений полезных ископаемых.
15. Практика применения численных методов анализа при решении задач в больших деформациях.

3.3. Подготовка к практическим занятиям, в том числе выполнение домашних заданий

Аспирант получает непосредственные указания преподавателя об организации своей самостоятельной деятельности. Преподаватель осуществляет функцию руководства через консультации и контроль. Познавательная деятельность обучающихся при выполнении различных форм СРА заключается в накоплении нового опыта профессиональной деятельности на базе усвоенного ранее формализованного опыта (опыта действий по известному алгоритму) посредством осуществления переноса теоретических и практических знаний, приобретения умений и формирования компетенций.

Суть выполнения различных форм СРА сводится к поиску, формулированию и реализации творческих идей и проектных решений. Это требует от аспирантов варьирования усвоенной ранее учебной информации, рассмотрения ее под новым углом зрения. В связи с этим самостоятельная работа аспирантов должна отвечать требованиям рефлексивного анализ профессиональных знаний и умений, генерирования новой информации. В практике вузовского обучения в качестве самостоятельной работы, как правило, используются различные формы СРА, включая самостоятельное изучение отдельных тем (разделов) по рекомендованной литературе, выполнение заданий, учебно-исследовательская работа, подготовку к промежуточной аттестации.

Задания как форма регулярной самостоятельной работы целесообразны для закрепления знаний, умений и навыков, полученных на лекционных и практических занятиях.

Аспирантам предлагаются для самостоятельного выполнения задания по темам дисциплины, что позволяет не только закрепить теоретические знания, но и получить практические навыки их применения для решения задач профессиональной деятельности в рамках изучаемой дисциплины.

Задания аспирантам выдает преподаватель на практических занятиях.

Техника выполнения заданий оговаривается преподавателем в момент выдачи заданий, определяется выбранной тематикой и авторским видением обучающегося. Технические средства, материалы и инструменты аспирант, как правило, определяет самостоятельно, имеет место свободный выбор (если иное не оговорено преподавателем). Качество представленных на проверку заданий и срок их выполнения могут учитываться преподавателем при выставлении отметки промежуточной аттестации (дифференцированного зачёта).

3.4. Примерный перечень вопросов/заданий для подготовки к дифференцированному зачету

1. Что изучает геомеханика?
2. В чем задача дисциплины геомеханика?
3. Что понимается под термином механические свойства?
4. Какие виды испытаний вы знаете?
5. От чего зависит надежность определения показателей механических свойств пород?
6. Назовите основные показатели прочностных свойств?
7. Зачем выполняется определение длительной прочности пород?
8. Что из себя представляет полная диаграмма деформирования горной породы?
9. Чем отличается пластичный характер разрушения от хрупкого?
10. Как оказывает влияние всестороннее обжатие породы на ее характер ее деформирования?
11. Что понимается под анизотропией механических свойств пород?
12. Назовите наиболее известный метод оценки влияния трещиноватости на деформационные свойства пород?
13. Какие виды моделирования используются при изучении развития геомеханических процессов?
14. В чем преимущество математического моделирования?
15. Каким образом идеализируют породный массив при геомеханическом моделировании.
16. Какие методы математического моделирования используются для прогноза геомеханических процессов?
17. Как называется закон, который связывает напряжения и деформации для упругих сред?
18. Какие особенности присущи упругопластическим моделям поведения среды?
19. В чем особенности неоднородной упругопластической модели горных пород?
20. Каким образом отделяется упругая стадия деформирования от пластической?
21. На основании какой теории выполняется разработка уравнений связи напряжений и деформаций пород, подчиняющихся упругопластическому характеру деформирования?
22. Что из себя представляет горная порода в зоне разрушения?
23. Что понимается под радиусом разрушения?
24. Какой процесс сопровождает разрушение породы?
25. Как ведет себя горная порода за пределами зоны разрушения?
26. Что понимается под термином “ползучесть”?
27. Какие стадии ползучести среды можно выделить?
28. Назовите основные этапы развития деформаций в окрестности породного обнажения при рассмотрении среды как вязкопластической.
29. Что понимается под термином “устойчивость” породного обнажения?
30. Какие критерии оценки устойчивости породного обнажения существуют?
31. Каким образом выполняется оценка устойчивости породного обнажения на основании прочностного критерия?

32. Каким образом выполняется оценка устойчивости породного обнажения на основании деформационного критерия?

33. Каким образом выполняется оценка устойчивости породного обнажения на основании бального критерия?

34. Назовите наиболее известный прочностной критерий оценки устойчивости породного обнажения?

3.5. Методические рекомендации для подготовки к текущему и промежуточному контролю

Изучение дисциплины «Геомеханические процессы при разработке месторождений полезных ископаемых и освоении подземного пространства» сопровождается текущим контролем знаний в форме ежемесячной аттестации и завершается промежуточной аттестацией в форме экзамена.

Изучение проводится последовательно по темам, с каждой необходимо предварительно ознакомиться. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, отмечать трудные или не ясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения. Для более эффективного усвоения изучаемого материала полезно вести конспект литературы в дополнение к лекционному конспекту. Целесообразно систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов.

Изучая дисциплину, полезно обращаться к предметному указателю в конце книги и глоссарию (словарю терминов). Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Требования к организации самостоятельной работы аспирантов при подготовке к промежуточной аттестации те же, что и при изучении дисциплины в течение семестра, но соблюдаться они должны более строго.

Систематическая самостоятельная работа аспирантов в течение семестра позволяет углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и практических занятиях, выработать навыки самостоятельного активного приобретения новых профессиональных знаний. В своих вопросах аспирант должен четко выразить, в чем он испытывает затруднение, характер этого затруднения.

Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при выполнении различных форм СРА у аспиранта возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений и (или) рекомендаций. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

Преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, проводятся текущие консультации, которые носят как индивидуальный, так и групповой характер. Текущая консультация и консультация накануне экзамена направлены на оказание помощи обучающимся в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке графических заданий.

3.6. Методические рекомендации аспирантам по изучению рекомендованной литературы

Методические рекомендации по изучению рекомендованной литературы раскрывают режим и характер самостоятельной работы с ней с учетом очной формы обучения и направления профессиональной подготовки.

Изучение дисциплины следует начинать с проработки рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса. Далее следует ознакомиться

с данными методическими указаниями по организации самостоятельной работы аспирантов по дисциплине.

Обучающимся рекомендуется посредством ресурсов библиотеки Горного университета ознакомиться с учебно-методическими изданиями по дисциплине, работать с базами данных, электронно-библиотечными системами, информационно-справочными и поисковыми системами. Это является необходимым условием для эффективной работы аспирантов, а также для самостоятельной работы по изучению курса.

Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие аспиранта в освоении учебной дисциплины, систематический характер повседневной самостоятельной работы.

4. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И РЕСУРСОВ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»

4.1. Обеспеченность литературой

Основная:

1. Протосеня А.Г. Геомеханика массивов и устойчивость подготовительных выработок [текст]/ Протосеня А.Г., Жихарев С.Я., Долгий И.Е. – СПб.: Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ). – 2004. – 240 с.
2. Протосеня А.Г. Геомеханика [Текст] : учеб. Пособие / А.Г. Протосеня. – СПб. : ЛЕМА, 2017. – 117 с. – Библиогр.: с. 116 (9 назв.). – ISBN 978-5-00101-163-3 : 50.00 р.
3. Протосеня А.Г. Механика подземных сооружений [Текст] : учеб. Пособие / А.Г. Протосеня, М.А. Карасев – СПб. : Горн. Ун-т, 2013. – 113 с. – Библиогр.: с. 111 (14 назв.). – ISBN 978-5-94211-648-4 : 39.00 р.
4. Ставрогин А.Н. [текст]: Пластичность горных пород — М.: Недра, 1979 г.
5. Механика подземных сооружений. Пространственные модели и мониторинг [текст]/ Протосеня А.Г., Огородников Ю.Н., Деменков П.А., Карасев М.А. [и др.] — СПб.: СПГГУ-МНЭБ. – 2011. – 355с. сил.
6. Ставрогин А.Н. Экспериментальная физика и механика горных пород [текст]/ Ставрогин А.Н., Тарасов Б.Г. – СПб.: Наука. — 2001. – 343 с.:288 ил.
7. Ставрогин А.Н. Прочность горных пород и устойчивость выработок на больших глубинах [текст]/ Ставрогин А.Н., Протосеня А.Г. – М.: Недра. – 1985. – 271 с.
8. Ставрогин А.Н. Механика деформирования и разрушение горных пород [текст]/ Ставрогин А.Н., Протосеня А.Г. – М.: Недра – 1992. – 224с.: ил.
9. Трушко В.Л. Геомеханика массивов и динамика глубоких рудников [текст]/ В.Л. Трушко, А.Г. Протосеня, П.Ф. Матвеев, Х.М. Совмен – СПб.: Санкт-Петербургский горный институт. – 2000. – 396с.
10. Боровков, Ю. А. Геомеханика : учебник / Ю. А. Боровков. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 356 с. — ISBN 978-5-8114-4124-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133896>.
11. Мартъянов, В. Л. Геомеханика. Управление состоянием массива горных пород при открытой геотехнологии : учебное пособие / В. Л. Мартъянов, О. И. Литвин, С. О. Марков. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2019. — 260 с. — ISBN 978-5-00137-112-0. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/145126>.
12. Кириченко, Ю. В. Геомеханика: инженерно-геологическое обеспечение управления состоянием массивов горных пород : учебное пособие / Ю. В. Кириченко, В. В. Ческидов, С. А. Пуневский. — Москва : МИСИС, 2017. — 90 с. — ISBN 978-5-906846-37-2. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105287>

13. Зерцалов, М. Г. Геомеханика : учебно-методическое пособие / М. Г. Зерцалов, И. Н. Хохлов. — Москва : МИСИ – МГСУ, 2022. — 108 с. — ISBN 978-5-7264-3033-1. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/262346>.
14. Геомеханическое обоснование подземных горных работ : учебник / Б. Д. Терентьев, В. В. Мельник, Н. И. Абрамкин, К. С. Коликов. - Москва : Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2019. - 279 с. - ISBN 978-5-906953-01-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1222608> (дата обращения: 14.12.2022).
15. Норель, Б. К. Энергетические и временные характеристики предельного состояния горных пород : монография / Норель Б. К., Петров Ю. В., Селютина Н. С. - 2-е изд. — Санкт-Петербург : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2019. — 132 с.. - ISBN 978-5-288-05918-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1054134>.
16. Вознесенский, А. С. Моделирование физических процессов в горном деле : компьютерное моделирование : практикум / А. С. Вознесенский, М. Н. Красилов, Я. О. Куткин. - Москва : Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2018. - 97 с. - ISBN 978-5-906953-08-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1221429>.

Дополнительная:

1. Pietruszczak S. Fundamentals of Plasticity in Geomechanics. CRC Press, 1st edition, 2020, p. 206.
2. Mogi K. Experimental Rock Mechanics (Geomechanics Research Series). CRC Press, 1st edition, 2019, p. 361.
3. Kwasniewski M., Li X., Takahashi M. True Triaxial Testing of Rocks (Geomechanics Research Series), CRC Press; 1st edition, 2017, p. 384.
4. Rock Mass Response to Mining Activities (Geomechanics Research). CRC Press; 1st edition, 2021, p. 192.
5. Morita N. Finite Element Programming in Non-linear Geomechanics and Transient Flow. Gulf Professional Publishing, 2021, p. 525.
6. Pande G.N., Pietruszczak S., et al. Numerical Models in Geomechanics. CRC Press; 1st edition, 2020, p. 661.
7. Saxena K.R. Distinct Element Modelling in Geomechanics. Routledge; 1st edition, 2018, p. 234.
8. Mašín D. Modelling of Soil Behaviour with Hypoplasticity: Another Approach to Soil Constitutive Modelling (Springer Series in Geomechanics and Geoengineering). Springer; 1st ed. 2019, p. 303.
9. Frossard E. Granular Geomaterials Dissipative Mechanics: Theory and Applications in Civil Engineering. Wiley-ISTE; 1st edition, p. 309.
10. Aydan Ö. Rock Mechanics and Rock Engineering. CRC Press; 1st edition, 2022.
11. Xia-Ting Feng. Rock Mechanics and Engineering. Volume 1-5. CRC Press; 1st edition, 2017, p. 760.
12. Nakai T. Constitutive modeling of geomaterials. Principles and applications. CRS press, 2013, p. 337.
13. Potts D., Zdravkovic L. Finite Element Analysis in Geotechnical Engineering. Theory. Thomas Telford, 2001, p. 440.
14. Potts D., Zdravkovic L. Finite Element Analysis in Geotechnical Engineering. Application. Thomas Telford, 2001, p. 427.
15. Wood D.M. Geotechnical modelling. 2002.

4.2. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта

1. Протосеня А.Г. Геомеханика [Текст] : учеб. Пособие / А.Г. Протосеня. – СПб. : ЛЕМА, 2017. – 117 с. – Библиогр.: с. 116 (9 назв.). – ISBN 978-5-00101-163-3 : 50.00 р.

2. Протосеня А.Г. Механика подземных сооружений [Текст] : учеб. Пособие / А.Г. Протосеня, М.А. Карасев – СПб. : Горн. Ун-т, 2013. – 113 с. – Библиогр.: с. 111 (14 назв.). – ISBN 978-5-94211-648-4 : 39.00 р.

3. Ставрогин А.Н. Механика деформирования и разрушение горных пород [текст]/ Ставрогин А.Н., Протосеня А.Г. – М.: Недра – 1992. – 224с.: ил.

4.3. Ресурсы сети «Интернет»

1. Информационная справочная система «Консультант плюс».

2. Библиотека ГОСТов www.gostrf.com.

3. Сайт Российской государственной библиотеки. <http://www.rsl.ru/>

4. Сайт Государственной публичной научно-технической библиотеки России. <http://www.gpntb.ru/>

5. Каталог образовательных интернет ресурсов <http://www.edu.ru/modules.php>

6. Электронные библиотеки: <http://www.pravoteka.ru/>, <http://www.zodchii.ws/>, <http://www.tehlit.ru/>.

7. Специализированный портал по информационно-коммуникационным технологиям в образовании <http://www.ict.edu.ru>

4.4 Электронно-библиотечные системы:

-ЭБС издательства «Лань» <https://e.lanbook.com/>

-ЭБС издательства «Юрайт» <https://biblio-online.ru/>

-ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>

-ЭБС «ZNANIUM.COM» <https://znanium.com>

-ЭБС «IPRbooks» <https://iprbookshop.ru>

-ЭБС «Elibrary» <https://elibrary.ru>

-Автоматизированная информационно-библиотечная система «Mark -SQL» <https://informsystema.ru>

-Система автоматизации библиотек «ИРБИС 64» <https://elnit.org>

4.5 Современные профессиональные базы данных:

-Электронная база данных Scopus <https://scopus.com>

-«Clarivate Analytics» <https://Clarivate.com>

-«Springer Nature» <http://100k20.ru/products/journals/>