

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

**Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
*Геологический факультет***

УТВЕРЖДАЮ
Декан геологического факультета
МГУ имени М.В.Ломоносова
чл.-корр. РАН Еремин Н.Н.



«18» декабря 2025г.

ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ (ФОС)

для оценивания результатов обучения
по дисциплине (модулю):

Вар Гидрогеодинамика

Уровень высшего образования:
Бакалавриат

Направление подготовки/ специальность:
05.03.01 Геология

Москва 2025

Фонд оценочных средств по дисциплине «Гидрогеодинамика» разработан на основе ОС по специальности/направлению подготовки 05.03.01 Геология, утвержденного приказом по МГУ от 30.12.2016 № 1674 (в действующей редакции)

1. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Гидрогеодинамика

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы достижений компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижений компетенций
ОПК-1 на уровне бакалавриата, ОПК-2 на уровне бакалавриата, ОПК-3 на уровне бакалавриата	ОПК-1.Б – способен применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач (формируется частично). ОПК-2.Б – способен использовать знание теоретических основ фундаментальных геологических дисциплин при решении научно-исследовательских задач профессиональной деятельности (формируется частично). ОПК-3.Б – способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки (формируется частично);	Знать: основные законы движения подземных вод, переноса вещества и тепла в них и теоретические модели их описывающие, методы геофильтрационной схематизации и геофильтрационные расчеты, методы и подходы к определению геофильтрационных параметров; Уметь: проводить геофильтрационную схематизацию процессов, протекающих в подземных водах для обоснования и разработки моделей конкретных объектов, обосновывать постановку и интерпретацию данных опытно-фильтрационных опробований для оценки параметров, выполнять простейшие геофильтрационные расчеты; Владеть: навыками проведения геофильтрационных расчетов, интерпретации данных опытных наблюдений и опробований
СПК-1 на уровне бакалавриата	СПК-1.Б (1) – способен проводить поиск, критический анализ, обобщение и систематизацию научной информации в области динамики подземных вод (формируется частично).	Владеть: навыками поиска и критического анализа научной информации в области гидрогеодинамики.

2. Оценочные средства для текущего контроля и самостоятельной работы

2.1. Текущий контроль

Примерный перечень вопросов текущего контроля

Физико-математические основы фильтрации

1. Вычислить расход воды, протекающий через капиллярную трубку радиусом 1 мм, длиной 1 м при перепаде напора на ее концах 0.05 м при температуре 20 град С.
2. Расход воды через металлическую трубу сечением 2 см² составляет 1 см³/сек при температуре 20С. Какой режим потока сформировался в данной трубе – ламинарный или турбулентный? Критическое число Рейнольдса для трубы принять равным 2100
3. Используя зависимость Дарси-Вейсбаха показать, как связан безразмерный гидравлический коэффициент трения с числом Рейнольдса для ламинарного режима течения
4. Рассчитать коэффициент фильтрации воды при 10 град С, если известно, что проницаемость породы равна 0.2 миллдарси
5. Рассчитать проницаемость породы и выразить ее в дарси и в мм², если ее коэффициент фильтрации по воде при 10 град равен 2 м/сут
6. На сколько процентов изменится коэффициент фильтрации породы по воде, измеренный при температуре 20 град С и равный 10 м/сут, если температура воды и породы опустится до 4 град. С? Как изменится коэффициент проницаемости?
7. Гранулометрический анализ песка показывает, что он содержит 10% фракции с размером менее 0.07 мм. Какова проницаемость этого песка и его коэффициент фильтрации при 20 град С при рыхлом сложении (пористость 0.39) и плотном сложении (пористость 0.31). Указание – использовать зависимость Козени, связывающую коэффициент проницаемости с эффективным диаметром и пористостью при числовом коэффициенте равном 1/180, принять эффективный диаметр равным $d_{10\%}$
8. Чему равна проницаемость и коэффициент фильтрации по воде при температуре 10С гранитного массива, разбитого тремя системами ортогональных трещин (две горизонтальные и одна вертикальная), имеющих густоту трещиноватости в каждом направлении три трещины на 1 метр, а раскрытие трещин 0.01 мм. Что изменится, если вертикальная система будет иметь густоту в два раза ниже.

Основы геофильтрационных расчетов и моделирования

9. Рассчитать расход потока подземных вод через каменно-набросную плотину на непроницаемом основании, перекрывающей реку, шириной 200 м. Отметка основания, на котором сооружена плотина 50м. Отметка уровня в верхнем бьефе 56 м, отметка уровня в нижнем бьефе 51 м. Ширина плотины (длина пути фильтрации) 22 м, а коэффициент фильтрации тела плотины 0.5 м/сут
10. Рассчитать перепад напоров между водоразделом и рекой безнапорного потока на водоупоре, формирующегося за счет инфильтрации. Длина потока 4000 м, величина инфильтрации постоянна и равна 0.0002 м/сут, река совершенная по степени и характеру вскрытия пласта. Отметка уреза реки 100м, отметка водоупора 80 м, коэффициент фильтрации пород 5 м/сут
11. Рассчитать напор в водораздельной точке напорного потока, формирующегося за счет инфильтрации. Длина потока 5000 м, величина инфильтрации постоянна и равна 0.0001 м/сут, река совершенная по степени и характеру вскрытия пласта. Отметка уреза реки 100 м, проводимость пласта 300 м²/сут
12. Рассчитать напор на расстоянии 1000 м от реки для напорного потока, формирующегося за счет инфильтрации. Длина потока 5000 м, величина инфильтрации

постоянна и равна 0.0001 м/сут , река совершенная по степени и характеру вскрытия пласта. Отметка уреза реки 100 м , проводимость пласта $300 \text{ м}^2/\text{сут}$

13. Рассчитать удельный расход разгрузки в совершенную реку для напорного потока, формирующегося за счет инфильтрации. Длина потока 5000 м , проводимость пласта $300 \text{ м}^2/\text{сут}$, перепад напоров между рекой и водоразделом составляет 12 м .

14. Поток подземных вод разгружается в несовершенную широкую реку, коэффициент фильтрации донных отложений 10^{-3} м/сут , мощность 5 м . Проводимость пласта, $1200 \text{ м}^2/\text{сут}$. Чему равна величина параметра ΔL ?

15. Поток подземных вод разгружается в несовершенную широкую реку, коэффициент фильтрации донных отложений $5 \cdot 10^{-3} \text{ м/сут}$, мощность 3 м . Проводимость пласта, $600 \text{ м}^2/\text{сут}$. Перепад напора подземных вод у уреза реки и отметки воды в реке 3 м . Рассчитать удельный расход разгрузки подземных вод в реку.

16. Поток подземных вод, формирующийся за счет инфильтрационного питания с постоянной интенсивностью, разгружается в несовершенную широкую реку, коэффициент фильтрации донных отложений $2.5 \cdot 10^{-3} \text{ м/сут}$, мощность 2 м . Проводимость пласта, $500 \text{ м}^2/\text{сут}$. Перепад напора подземных вод у уреза реки и отметки воды в реке 2 м . Рассчитать величину инфильтрационного питания, если длина потока до водораздела составляет 4000 м .

17. Оценить, как изменится уровень подземных вод в двухслойном водоносном пласте, разгружающемся в совершенную реку, на расстоянии 500 м от уреза реки через 200 суток после мгновенного подъема уровня воды в реке на 4 м . Проводимость основной части пласта $500 \text{ м}^2/\text{сут}$, гравитационная емкость покровных отложений 0.1 Указание: для расчета коэффициента уровнепроводности использовать проводимость основной части пласта и гравитационную емкость покровных отложений.

Геофильтрационные расчеты скважин

18. Рассчитать расход несовершенной по степени вскрытия пласта скважины, работающей в однородном изолированном пласте с проводимостью $500 \text{ м}^2/\text{сут}$. Понижение в скважине 14 м , радиус питания – 300 м . Радиус фильтра скважины 0.1 м , расчетный радиус скважины 0.003 м

19. Рассчитать расход совершенной скважины, работающей в однородном изолированном пласте с проводимостью $500 \text{ м}^2/\text{сут}$, расположенной на расстоянии 90 м от совершенной реки. Понижение в скважине 10 м , а расчетный радиус скважины 0.1 м

20. Рассчитать расход совершенной скважины, работающей в однородном изолированном пласте с проводимостью $500 \text{ м}^2/\text{сут}$, расположенной на расстоянии 120 м от несовершенной реки. Понижение в скважине 20 м , расчетный радиус скважины 0.1 м . коэффициент фильтрации донных отложений $5 \cdot 10^{-2} \text{ м/сут}$, мощность 2 м

21. Рассчитать величину понижения в несовершенной по характеру вскрытия пласта скважине, работающей в напорном пласте с перетеканием с постоянным расходом $1500 \text{ м}^3/\text{сут}$, проводимость пласта $500 \text{ м}^2/\text{сут}$, коэффициент фильтрации разделяющего слоя, $5 \cdot 10^{-3} \text{ м/сут}$, мощность 15 м . Расчетный радиус скважины

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных лабораторных работ и устном опросе в начале лекционных занятий.

Наименование лабораторных работ

1. Расчеты проницаемости гранулярных сред по данным о гранулометрическом составе
2. Аналитические геофильтрационные расчеты одномерных стационарных потоков.

3. Аналитические геофильтрационные расчеты одномерного потока подземных вод при изменении уровня в водотоке.
4. Численное моделирование планового геофильтрационного потока
5. Обработка кустовой опытной откачки и восстановления уровня после нее в однородном изолированном пласте
6. Оценка скин-эффекта центральной скважины по данным опытной откачки.
7. Обработка кустовой опытной откачки в пласте с перетеканием

Шкала и критерии оценивания сдачи лабораторных работ (зачет/незачет)

Результаты обучения	Незачет	Зачет
Знания: (устный опрос, письменная контрольная работа)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения: (устный опрос, письменная контрольная работа)	Умения практически отсутствуют	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)
Навыки: (устный опрос, контрольная работа)	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме

3. Оценочные средства по промежуточной аттестации

3.1. Зачет (при наличии) нет

3.2. Экзамен

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации (экзамен)

1. Свойства жидкостей. Реальная и идеальная жидкость. Уравнение состояния жидкости
2. Закон Ньютона для вязкого трения Уравнение Бернулли
3. Режимы течения в водных потоках, ламинарное и турбулентное течения. Число Рейнольдса и его физическая интерпретация
4. Понятие гравитационного потенциала. Связь градиента гравитационного потенциала и внутреннего трения в ламинарном потоке. Напор, как характеристика гравитационного потенциала жидкости постоянной плотности
5. Ламинарное течение в капилляре и тонкой щели
6. Течение в трубах при переходном и турбулентном режиме. Уравнение Дарси-Вейсбаха

7. Основной закон фильтрации: эксперимент Дарси, понятие коэффициента фильтрации. Дифференциальная форма уравнения фильтрации. Использование понятия сплошной среды. Скорость фильтрации и действительная скорость движения
8. Коэффициент проницаемости. Выражения для и проницаемости на основе капиллярной модели поровой среды. Связь коэффициентов фильтрации и проницаемости
9. Проницаемость трещинной среды. Связь проницаемости и параметров трещиноватости ортогональной системы трещин и хаотически-трещиноватой среды. Анизотропия проницаемости трещинных сред. Причины ее возникновения
10. Гранулярные модели проницаемости на примере модели Козени-Кармана. Эффективный диаметр частиц.
11. Отклонения от основного закона фильтрации при больших и малых скоростях течения
12. Гравитационная емкость как водно-физическая и балансовая характеристика. Эффект замедленной водоотдачи и его причины.
13. Упругая емкость. Коэффициент упругоэластичности породы и коэффициент упругой водоотдачи напорного пласта. Связь с параметрами сжимаемости воды и породы.
14. Уравнения движения и неразрывности, уравнение геофильтрации для стационарного и нестационарного потоков
15. Типы граничных условий потока подземных вод. Граничные условия на контуре водоема и на свободной поверхности
16. Гидродинамическая сетка потока, правила ортогональности и конформности
17. . Условие преломления линий тока на границе сред.
18. Предпосылка перетекания
19. Модель трехмерной нестационарной геофильтрации
20. Дифференциальное уравнение плановой нестационарной геофильтрации в безнапорном и напорном потоке. Модель двухслойного пласта.
21. . Квазитрехмерная модель нестационарной геофильтрации в многопластовой системе с перетеканием
22. Уравнение стационарной геофильтрации для планового потока подземных вод, понятие проводимости пласта
23. Геофильтрационная схематизация
24. Постановка решения прогнозных и эпигнозных задач геофильтрации
25. Расчетные схемы напорного пласта, безнапорного (Дюпюи) и Гиринского
26. Расчеты транзитного потока стационарного одномерного потока подземных вод
27. Расчеты одномерного стационарного инфильтрационного потока
28. Свободная и подпертая фильтрация под водоемом. Эквивалентная длина несовершенства водоема ΔL для широкой и узкой реки .
29. . Аналитические решения для планового одномерного полуограниченного потока при мгновенном изменении напора на границе
30. Принцип суперпозиции. Решения для ступенчатого изменения напора на границе
31. Воронка депрессии при откачке из совершенной скважине в напорном пласте при стационарном режиме. Решение Дюпюи. Понятия понижения и радиуса питания
32. Откачка из совершенной скважине в безнапорном пласте при стационарном режиме. Решение Дюпюи. Расчетное понижение в безнапорном пласте
33. Несовершенство скважины по характеру вскрытия. Понятие скин-эффекта и расчетного радиуса

34. Дифференциальное уравнение нестационарного планового напорного радиального потока в изолированно пласта и пласте с перетеканием
35. Решение Тейса и его преобразование для квазистационарного режима
36. Методы диагностики и интерпретации кустовых откачек в однородных изолированных пластах
37. Преобразование решения Тейса для ступенчатого дебита. Случай откачка-восстановление уровня после завершения откачки
38. Решение для откачки из совершенной скважины в напорном пласте с перетеканием, особенности формирования воронки депрессии. Связь с уравнением Дюпюи для стационарного радиального потока. Оценка параметров перетекания
39. Методы диагностики и интерпретации кустовых опытных откачек в и пластах с перетеканием
40. Метод отображения источников-стоков. Скважина в полуограниченном пласте у питающей границы
41. Скважина в полуограниченном пласте у непроницаемой границы Пласт-полоса
42. Несовершенные скважины по характеру вскрытия пласта. Модель точечного стока в трехмерном пространстве для скважины несовершенной по степени вскрытия пласта. Учет влияния кровли и подошвы пласта
43. Модель линейного стока. Удельный дебит несовершенной скважины по степени вскрытия пласта
44. Удельный дебит скважины, как характеристика фильтрационных свойств пласта. Влияние несовершенства скважины на удельный дебит.
45. Экспресс-налив в несовершенную скважину.
46. Скважины в субнапорном (двухслойном) потоке особенности формирования воронки депрессии при нестационарном режиме
47. Скважины в безнапорном потоке особенности формирования воронки депрессии при нестационарном режиме
48. Особенности формирования воронки депрессии в двухслойном пласте при откачке у реки
49. Расчет линейного ряда скважин у реки с использованием метода локальных фильтрационных сопротивлений
50. Осадка земной поверхности при водоотборе: причины и связь оседания с понижением напора
51. Явление гидродинамической “псевдосвязи”. Понятие “упругой инфильтрации”
52. Связь колебаний напоров и динамики атмосферного давления. Поведение напоров в открытой скважине. Барометрическая эффективность
53. Микроколебания напоров подземных вод и их связь с земными приливами и сейсмическими событиями
54. Опытные фильтрационные наблюдения в зоне гидрологического режима. Оценка эквивалентной длины несовершенства водоема по стационарному режиму.
55. Оценка инфильтрационного питания по колебаниям уровня в одиночной скважине в зоне инфильтрационного режима. Метод Н.Н. Биндема

3.3. Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (экзамен)

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: основные законы движения подземных вод, переноса вещества и тепла в них и теоретические модели их описывающие, методы геофильтрационной схематизации и геофильтрационные расчеты, методы и подходы к определению геофильтрационных параметров	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: проводить геофильтрационную схематизацию процессов, протекающих в подземных водах для обоснования и разработки моделей конкретных объектов, обосновывать постановку и интерпретацию данных опытно-фильтрационных опробований для оценки параметров, выполнять простейшие геофильтрационные расчеты;	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умения проводить схематизацию и геофильтрационные расчеты, диагностику и интерпретацию опытно-фильтрационных работ	Успешное умение проводить геофильтрационную схематизацию и геофильтрационные расчеты, диагностику и интерпретацию опытно-фильтрационных работ
Владения: навыками проведения геофильтрационных расчетов, интерпретации данных опытных наблюдений и опробований	Навыки владения отсутствуют	Фрагментарное владение методикой геофильтрационных расчетов, постановки и интерпретации опытно-фильтрационных работ	В целом сформированные навыки владения методикой геофильтрационных расчетов, постановки и интерпретации опытно-	Владение современным терминологическим аппаратом, методикой геофильтрационных расчетов, постановки и

			фильтрационн ых работ.	интерпретаци и опытно- фильтрационн ых работ.
--	--	--	---------------------------	--

Разработчики: д.геол.-мин. наук С.П. Поздняков, к.г.м.н. А.А. Маслов