МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Забайкальский государственный университет»

(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Факультет горный

Кафедра Прикладной геологии и технологии геологической разведки

**УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**для студентов заочной формы обучения**

по дисциплине «Подземные воды криолитозоны»

для специальности 21.05.02. Прикладная геология

специализация Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания)

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) – 5 зачетных единиц

Форма текущего контроля в семестре – контрольная работа.

Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП) –нет.

Форма промежуточного контроля в семестре – экзамен

1. **Содержание дисциплины**
	1. **Разделы дисциплины и виды занятий**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Модуль\* | Номер раздела  | Наименование раздела | Всего часов | Аудиторные занятия | СРС |
| ЛК | ПЗ (СЗ) | ЛР |
|  | 1, 23 | Современные состояние ММП. Воздействие многолетнего промерзания пород на подземные воды.Надмерзлотные воды.  | 24 | 2 |  | 2 | 20 |
|  | 4, 5 | Подземные воды таликов.Наледи как характерные проявления подземных вод криолитозоны. | 46 | 2 |  | 4 | 40 |
|  | 6, 7 | Преобразования гидрогеологических структур при многолетнем промерзаний пород.Влияние многолетнего промерзания на подземные воды гидрогеологических областей платформ.  | 34 | 2 |  | 2 | 30 |
|  | 8, 9 | Влияние многолетнего промерзания на подземные воды гидрогеологических складчатых областей. Влияние динамики многолетнемерзлых пород и геологических условия; мерзлотно-гидрогеологическая поясность; особенности питания, стока и разгрузки подземных вод.Использование пресных подземных вод для водоснабжения и их охрана в условиях криолитозоны. | 40 | 2 |  | 2 | 36 |
| Итого | 144 | 8 |  | 10 | 126 |

**1.2. Лекционные занятия**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Модуль | Номер раздела | Содержание лекционных занятий |
|  | 1, 2, 3  | Современные состояние ММП. Понятие и термины. Распространение криолитозоны. Строение криолитозоны. Основные этапы истории развития криолитозоны, районирование криолитозоны.Воздействие многолетнего промерзания пород на подземные воды. Краткий очерк развития учения о подземных водах криолитозоны. Общие черты влияния многолетнего промерзания пород на подземные воды. Подразделение подземных вод по отношению к многолетнемерзлых породам. Особенности гидрогеохимических процессов при промерзании и охлаждением горных пород.Надмерзлотные воды сезонноталого слоя. Общие черты надмерзлотных вод СТС, местные особенности их питания и режима, гидрогеохимические особенности надмерзлотных вод.) |
|  | 4, 5  | Подземные воды таликов. Понятия и термины, классификация таликов, роль вод таликов в гидрогеологии криолитозоныНаледи как характерные проявления подземных вод криолитозоны. Особенности разгрузки подземных вод, полыньи и наледи, причины и условия образования наледей, классификация наледей и их характеристика, наледи и талики режим формирования наледей, геологическая деятельность наледей, наледи и речной сток, наледи и естественное ресурсы подземных вод, геохимическая роль наледей. |
|  | 6, 7  | Преобразования гидрогеологических структур при многолетнем промерзаний пород. Основные типы гидрогеологических структур; криогенные преобразование гидрогеологических массивов и адмассивов, артезианских и адартезианских бассейнов, вулканогенных бассейнов и бассейнов карстовых вод.Влияние многолетнего промерзания на подземные воды гидрогеологических областей платформ. Зональные изменения мерзлотно-гидрогеологических условий, влияние динамики криолитозоны и геологических событий на мерзлотно-гидрогеологические условия; Особенности питания стока и разгрузки подземных вод. |
|  | 8, 9  | Влияние многолетнего промерзания на подземные воды гидрогеологических складчатых областей. Влияние динамики многолетнемерзлых пород и геологических условия; мерзлотно-гидрогеологическая поясность; особенности питания, стока и разгрузки подземных вод.Использование пресных подземных вод для водоснабжения и их охрана в условиях криолитозоны. |

**1.3. Лабораторные занятия**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Модуль | Номер раздела | Содержание лабораторных занятий |
|  | 1 | Распространение криолитозоны. Строение криолитозоны |
|  | 4 | Расчет возможности существования радиационного талика на склонах южной экспозицииРасчет возможности существования талика за счет инфильтрации атмосферных осадков.Расчет времени образования талика и его конфигурации (по методу Д.В. Редозубова) под термокарстовым озером.Определение характера талика, образующегося в слабофильтрующем подрусловом аллювии.Расчет влияния длиннопериодных колебаний температуры на поверхности на условия существования талика в очагах разгрузки подземных вод.Расчет минимального возраста напорно-фильтрационного талика. |
|  | 5 | Расчет основных параметров наледи по данным ледомерных съемок.Оценка наледной опасности для строительства автодороги и выбор противоналедных мероприятий. |
|  | 8 | Карты мерзлотно-гидрогеологического районирования |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 9 | Расчет оттаивания льда и предотвращения льдообразования в скважине с помощью электрообогрева. |

* 1. **Организация самостоятельной работы**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Модуль | Номер раздела | Содержание материала выносимого на самостоятельное изучение\* |
|  | 1 | Изучение распространения многолетнемерзлых пород по площади России и построение карты мерзлотного районирования |
|  | 2 | Подразделение подземных вод по отношению к многолетнемерзлых породам. Особенности гидрогеохимических процессов при промерзании и охлаждением горных пород. |
|  | 3 | Особенности питания, режим, гидрогеохимические особенности надмерзлотных вод.) |
|  | 4 | Классификация таликов. |
|  | 5 | Наледи и речной сток, наледи и естественное ресурсы подземных вод, |
|  | 6 | Основные типы гидрогеологических структур; |
|  | 7 | Зональные изменения мерзлотно-гидрогеологических условий |
|  | 8 | Мерзлотно-гидрогеологическая поясность; особенности питания, стока и разгрузки подземных вод. |
|  | 9 | Охрана подземных вод в условиях криолитозоны. |

1. **Форма текущего контроля**

**2.1 Контрольные работы:**

**Темы контрольных работ:**

**Лабораторная работа № 1**

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ КРИОЛИТОЗОНЫ. СТРОЕНИЕ**

**КРИОЛИТОЗОНЫ. КАРТЫ МЕРЗЛОТНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ**

Ц е л ь р а б о т ы: научиться анализировать мерзлотно-гидро-геологические карты, научиться строить мерзлотно-гидрогеологичес-кие разрезы.

М а т е р и а л ь н о е о б е с п е ч е н и е: геокриологическая карта России масштаба 1:2 500 000, гидрогеологические карты, карта рельефа территории России

П о р я д о к в ы п о л н е н и я р а б о т ы

1) Пользуясь геокриологической картой России масштаба

1:2 500 000 (аудитория 09-416, 09-315), гидрогеологическими картами и картой рельефа территории России составить (по вариантам табл. 1) два схематичных мерзлотно-гидрогеологических разреза по платформенный и складчатым областям. Особенности строения криолитозоны в горно-складчатых и платформенных областях [3] представлены на рис.1, а ее районирование на рис. 2.

2) Охарактеризовать закономерности широтного и высотного изменения мерзлотно-гидрогеологических условий по линии разрезов.

Таблица 1

Варианты заданий к лабораторной работе

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер варианта | Линия разреза в гидрогеологической платформенной области | Гидрогеологическая складчатая область |
| 1 | Красноярск - Норильск | Забайкальская |
| 2 | Якутск-Тикси | Саяно-Алтайская |
| 3 | Иркутск- Якутск | Становая |
| 4 | Новосибирск-Салехард | Зейско-Буреинская |
| 5 | Новосибирск-Тюмень | Верхояно-Чукотская |
| 6 | Алдан-Хатанга | Корякско-Камчатская |
| 7 | Иркутск-Хатанга | Сахалинская |
| 8 | Иркутск-Тикси | Чукотская |
| 9 | Якутск- Красноярск | Тимано-Уральская |
| 10 | Красноярск-Тюмень | Прибайкальская |

**Лабораторная работа № 2**

**ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ ТАЛИКОВ**

2.1. Расчет возможности существования радиационного талика на склонах южной экспозиции

Ц е л ь р а б о т ы: научиться определять возможности существования водопроводящих таликов различных генетических типов.

 М а т е р и а л ь н о е о б е с п е ч е н и е: Результаты измерений температур и расчеты теплового баланса.

Летом на склоны южной экспозиции тепла поступает на 55 % больше, чем на горизонтальную поверхность [2]. Эффективное излучение при этом возрастает не более чем на 5 %. Радиационный баланс поверхности и температура воздуха на ней приведены в табл. 1

 На склонах и горизонтальных участках с поверхности залегают щебнисто-дресвянистые отложения. Растительный покров представлен лишайниками, растущими небольшими пятнами. Снег на склонах достигает высоты 0,2 м при плотности 0,19 г/см3, на горизонтальных участках высота снега увеличивается до 0,3 м при плотности 0,22 г/см3. Определить температурный режим на поверхности пород и возможности существования талика на склонах южной экспозиции.

Решение:

1. Определяем радиационный баланс на склонах южной экспозиции с учетом установленной для района закономерности, что на склонах с апреля по сентябрь месячные суммы поглощенной радиации больше соответствующих сумм на горизонтальной поверхности на

 55 %, а эффективное излучение на 5 % (табл.2).

2. Определяем радиационную поправку на температуру поверхности отложений на горизонтальных участках и на склонах южной экспозиции, принимая, что коэффициент теплоотдачи (α) с поверхности в течение года изменяется мало и равен 20 ккал/м2⋅час⋅град. Расчетные данные приведены в табл.3. Таким образом с учетом радиационных поправки на горизонтальных участках tв=-5о С, Aв=25,5, на склонах южной экспозиции tв=-3,3о С, Aв=28,5.

Находим величину отепляющего влияния снега на склонах и горизонтальных участках по сокращенной формуле В.А. Кудрявцева

)

где - уменьшение амплитуды годовых колебаний температуры под снегом, оС; z – высота снежного покрова, м; К – коэффициент температуропроводности снега, м2/час; T – период равный году, час; Ав - метеорологическая амплитуда годовых колебаний температуры воздуха, оС.

В соответствии с изменением высоты снега получаем:

1) на горизонтальных участках

Δtсн =25,5⋅0,164=4,2о С,

2) на южных склонах

Δtсн =28,5⋅0,123=3,5о С.

4. Определяем температурный режим на поверхности почвы на склонах и горизонтальной поверхности с учетом радиационной поправки и отепляющего влияния снега:

1) на горизонтальной поверхности

to=-5+4,2=-0,8о С,

Ао=25,5 -4,2=21,3 о С,

2) на склонах южной экспозиции

to=-3,3+3,5=+0,2о С,

Ао=28,5 -3,5=25 о С.

Таким образом, на склонах южной экспозиции имеются условия благоприятные для существования радиационных таликов.

Изменение альбедо поверхности в сторону его уменьшения на 5-10 % приводит к повышению среднегодовой температуры поверхности почвы на 1-2о С.

В годы с частыми циклонами и повышенной облачностью в зимнее время температура поверхности почвы может повышаться на 2,1оС (от-1,1 до +1,0о С) за счет сокращения эффективного излучения.

**Задание на выполнение работы**: Определить температурный режим на поверхности пород и возможности существования талика на склонах южной экспозиции при следующих параметрах (табл.4)

Таблица 4

Варианты заданий к лабораторной работе

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Мощность снежного покрова (z), м | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,35 | 0,4 | 0,45 | 0,5 | 0,55 | 0,65 |
| Плотность снежного покрова (ρ), г/см3 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,18 | 0,20 | 0,21 | 0,25 | 0,30 | 0.31 | 0,32 |

2.2. Расчет возможности существования талика за счет инфильтрации атмосферных осадков

 Летние атмосферные осадки инфильтруясь в грунт вносят дополнительное тепло. Предполагается, что осадки поступают в почву с температурой равной температуре воздуха [2]. Поэтому суммарный теплопоток (), поступающий в почву с осадками может быть определен как сумма произведений месячных сумм осадков на среднемесячную температуру воздуха за весь летний период.

На участке террасы, сложенной с поверхности на глубину 10 м песками развиты талики. В песках существует водоносный горизонт, уровень которого колеблется в пределах 3 м, а температура в течение лета изменяется незначительно и в среднем равна +0,5оС. На участках той же террасы, где песчаные отложения перекрыты с поверхности суглинками мощностью 1-2 м, распространены многолетнемерзлые породы. В пределах участков, сложенных с поверхности песками, осадки полностью инфильтруются в отложения. На участках, где пески с поверхности перекрыты суглинками, осадки уходят в поверхностный сток. Ландшафтно-климатические условия на участках одинаковые. Высота снега на участках достигает 0,3 м, плотность его равна в среднем 0,17 г/см3. Климатические условия характеризуются: , режим выпадения летних атмосферных осадков определяется следующими данными табл.5

Таблица 5

Характеристика осадков в летний период и расчетные данные

для определения Δtос

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | V | VI | VII | VIII | IX | V-IX |
|  | 40 | 30 | 70 | 60 | 80 | 250,3 |
| tв, оС | 3,8 | 10,7 | 13,5 | 15,0 | 7,3 | 11,03 |
| -0,5) | 140 | 306 | 901 | 870 | 544 | 2761 |

Растительный покров, представленный редким сосновым лесом с примесью березы, с редким кустарником и травостоем и участками зеленых мхов высотой 2-3 см; оказывает охлаждающее действие на температуру пород: 

Грунты на участках характеризуются следующими свойствами:

пески имеют

 ;

суглинки имеют:

 

 Определить условия существования талика на участке, сложенном с поверхности песками.

 Решение: определяем температурный режим на поверхности почвы на обоих участках с учетом растительного и снежного покровов (1):



Следовательно,



2. На участке, сложенном с поверхности до глубины 1-2 м суглинками, в слое сезонного оттаивания формируется температурная сдвижка. Находим ее по номограмме (рис.3) для следующих исходных данных:



В этом случае  Следовательно .

3. На участках, сложенных с поверхности песками, происходит инфильтрация атмосферных осадков в отложения В результате конвективного водообмена повышается температура пород. Находим отепляющее действие инфильтрующихся осадков по формуле



где V – количество летних атмосферных осадков инфильтрующихся в грунт в кг/м2; tос – их средняя летняя температура, оС;- глубина сезонного промерзания,м; - приведенный коэффициент теплопроводности, который определяется по формуле:





Рис.3. Номограмма для расчета ,

считая что в процессе инфильтрации вода охлаждается до +0,5оС, достигая уровня грунтовых вод на глубине 30 м:

.

4. Находим среднегодовую температуру пород на участках, где свободно происходит инфильтрация атмосферных осадков:



В этих условиях глубина сезонного оттаивания будет равна 3 м.

 Таким образом, инфильтрация атмосферных осадков на участках, сложенных с поверхности песками, обеспечивает условия существования талика.

**Задание на выполнение работы**: Определить возможности существования талика при изменении следующих параметров табл. 6. Остальные параметры берутся из задачи, причем tв, оС = 11,03 оС.

Таблица 6

Варианты заданий к лабораторной работе

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Мощность снежного покрова (z), м | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,35 | 0,4 | 0,45 | 0,5 | 0,55 | 0,65 |
| Плотность снежного покрова (ρ), г/см3 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,18 | 0,20 | 0,21 | 0,25 | 0,30 | 0.31 | 0,32 |
|  | 120 | 160 | 200 | 240 | 280 | 320 | 340 | 380 | 420 | 440 |

2.3. Расчет времени образования талика и его конфигрурации (по методу Д.В. Редозубова) под термокарстовым озером

Озеро расположено на озерно-аллювиальной равнине, сложенной толщей пылеватых легких и средних супесей, близких по составу [2]. В мерзлом состоянии объемный вес скелета породы γск в среднем составляет 1000 кг/м3,  = 40 %; γт = 1,3 ккал/м∙час∙град; Qф = 32 000 ккал/м3. Среднегодовая температура многолетнемерзлых озерно-аллювиальных отложений, окружающих талик, равна -7°, геотермический градиент в мерзлой толще (g) близок к 0°. Размер озера, имеющего овальную форму, составляет 10070 м, глубина его равна 1,8 м. Среднегодовая температура воздуха в районе составляет -13,5°, годовая амплитуда температур равна 44°. Мощность снега на озере достигает 0,3 м, плотность его равна 0,25 г/см3. Толщина льда (Нл) в стоячих водоемах этого района достигает 2,2 м.

Решение. 1. Для определения конфигурации талика под озером, а затем времени его образования необходимо определить температурный режим донных отложений на глубине 1,8 м. В соответствии с методикой расчета температуры и глубины сезонного промерзания в донных отложениях [2] последовательно находим:

Δtсн = 22∙0,153 = 3,4о,

tо = -13,5 + 3,4 = -10,1о,

Ао = 22 – 3,4 = 18,6о,

tmax = 8,5, tmin = -28,7о,

 откуда по формуле



находим среднегодовую температуру льда на некоторой глубине H

tH=1,8 = ((2,2-1,8)/2,2 ∙ (-28,7)) + 8,5 / 2 ≈ + 1,7о.

2. По формуле



определяем глубину озера, на которой проходит изотерма нулевой среднегодовой температуры, ниже которой у береговых откосов начинается талик:

H1(t=0) = 2,2 (1 – 8,5 /28,7) = 1,54 м.

3. Определяем конфигурацию талика под озером на момент уста­новившегося температурного режима по методу Д.В.Редозубова Для данного случая, принимая начало координат на левом берегу озера (рис. 4а), получаем выражение для температуры донных отложений в любой точке (х, z) области:



Результаты расчета для 10 точек при произвольно заданных х и z при­ведены в табл.7. По этим данным на (рис. 4а). показана конфигура­ция талика, глубина которого достигает 15,2 м.

Таблица 7

Расчетные данные для определения конфигурации талика под

озером по методу Д.В.Редозубова

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| х, м | 5 | 5 | 5 | 20 | 40 | 20 | 40 | 20 | 50 | 20 |
| z, м | 5 | 10 | 15 | 5 | 5 | 10 | 10 | 15 | 15 | 20 |
| t, оС | -0,5 | -2,3 | -2,0 | 0,9 | 1,2 | 09,2 | 0,7 | -0,45 | 0,5 | -1,0 |

4. Находим время образования талика, используя приближенную формуле Стефана при исходных данных λт = 1,3 ккал/м∙час∙град, Qф = 32000 ккал/м3, t=1,7о, Нт ≈ 15,2 м, :





 Таким образом, под озером талик глубиной 15,2 м мог сформироваться за 382 года.

**Задание на выполнение работы**: Определить время формирования талика при изменении следующих параметров табл. 8. Остальные параметры берутся из задачи, причем tв, оС = 11,03 оС

Таблица 8

Варианты заданий к лабораторной работе

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Глубина водоема, м | 2,1 | 2.15 | 1,2 | 2,5 | 3,0 | 1,4 | 2,45 | 3,5 | 2,55 | 1,65 |
| Среднегодовая температура воздуха, оС | -4,0 | -5,0 | -3,0 | -8,0 | -12 | -1,2 | -3,0 | -2,3 | -1,3 | -6,0 |



Рис.4. а) Конфигурация талика под озером на момент установившегося температурного режима: 1-озеро, 2 – талик под озером, 3 – граница мерзлых и талых пород, 4- мерзлая толща;

б) Слоистая мерзлая толща, образующаяся в результате динамики русла реки: 1 – суглинок, 2 – супесь, 3 – песок с галькой, 4 – галечник, 5 - известняк, 6 – мергель, 7 – разлом и трещиноватая зона, 8 – граница многолетнемерзлых пород.

2.4. Определение характера талика, образующегося в

слабофильтующем подрусловом аллювии

Донные отложения под руслом реки сложены слабофильтрующими суглинками [2]. Условия на участке исследования следующие (рис. 5): слева от русла протягивается низкая пойма, сложенная многолетнемерзлыми супесями и суглинками, среднегодовая температура которых составляет -0,5°. Справа река подмывает крутой уступ I надпойменной террасы сложенной многолетнемерзлыми песками со среднегодовой температурой, равной -2,5°. Температурный градиент в мерзлой толще в среднем составляет 0,02 град/м. Ширина русла реки составляет 60 м, среднегодовая температура воды в придонных слоях равна +1,5°С.

Решение. Находим конфигурацию талика под руслом реки на момент установившегося температурного режима по методу Д.В.Редозубова. Для данного случая, принимая начало координат на левом 6epегу озера, имеем выражение для температуры в любой заданной (по х и z) точке области исследования:

 Результаты расчета для 17 точек при произвольно заданных x и z при­ведены в табл. 9 и представлены на рис. 5.

Таблица 9

Результаты определения температур

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| х, м | z, м | t, оС | х, м | z, м | t, оС |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 60-100 | 5510 | -0,40,50,4 | -6080-20 | 253030 | -0,01-0,770,24 |
| Окончание табл.9 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2040-20-560 | 1015152020 | 1,00,50,030,1-0,6 | 60-3--201208060 | 354050505055 | -0,140,370,59-0,87-0,350,12 |

Эти данные свидетель­ствуют о том, что под руслом реки формируется сквозной талик.



Рис. 5. Конфигурация талика под руслом реки на момент установившегося темпера­турного режима: 1 — река, 2 — талик под рекой, 3 — граница мерзлых и талых по­род, 4 — мерзлая толща

**Задание на выполнение работы**: Определить конфигурацию талика при изменении следующих параметров табл. 10. Остальные параметры берутся из задачи

Таблица 10

Варианты заданий к лабораторной работе

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Среднегодовая температура многолетнемерзлых супесей и суглинков, оС | -0,1 | -0,3 | -0,5 | -0,4 | -0,3 | -0,5 | -0,2 | -0,6 | -0,7 | -0,8 |
| Среднегодовая температура многолетнемерзлых песков, оС | -0,5 | -0,7 | -2,0 | -1.5 | -1,2 | -1,2 | -1,0 | -1,5 | -2,0 | -3,0 |

2.5. Определение возможности формирования инфильтрационного талика за счет стока поверхностных вод в трещиноватую зону

Днище долины до глубины 2 м сложено супесчано-галечным аллювием (aQ4), глубже — сильно трещиноватыми гранитами и гранитизированными гнейсами архея [2]. Мощность многолетнемерзлой толщи со­ставляет в среднем 200 м, tcр = -2 °, Ао =15°, ξсез = 2 м; λ1 аллювиаль­ных отложений и λ2 коренных пород соответственно равны 1 к 2 ккал/м∙час∙град, температуропроводность коренных пород (α) со­ставляет 40∙10-4 м2/час, Qф в слое ξ составляет 17000 ккал/м3. Средне­годовая температура стекающих по склону вод, инфильтрующихся по разлому в днище долины, равна 4°. Радиус водопоглощающей зоны (r) равен 10 м. Скорость инфильтрации (υ) 0,02 м/час. Продолжительность периода инфильтрации (τин) 2400 час.

Решение. При теплообмене инфильтрующихся вод, движущихся

по талику, с мерзлыми породами расходуется часть тепла этих вод, вследствие чего температура их понижается. Часть тепла расходуется при этом в слое годовых теплооборотов на оттаивание слоя зимнего промерзания и на формирование положительных среднегодовых темпе­ратур пород. В этом случае происходит изменение среднегодовой темпе­ратуры от отрицательной на поверхности почвы до положительной на подошве слоя сезонного промерзания. Возникает температурная сдвиж­ка за счет влияния нисходящего потока воды.

Если температура на поверхности почвы равна to то для того, чтобы в подошве слоя сезонного промерзания мощностью ξм среднего­довая температура была не ниже 0° (условие, необходимое для суще­ствования талика), требуется тепловой поток, равный

T,

где Св =— теплоемкость воды, ккал/м3∙град, υ — единичный расход во­ды, м3/час; Δt — понижение температуры воды в инфильтрующемся потоке, °С; ξп.пр. — глубина потенциального промерзания пород в зоне талика при среднегодовой температуре на поверхности почвы, равной tср; λпр – приведенная теплопроводность пород в слое сезонного промерзания, ккал/м∙час∙град.

Из уравнения можно определить понижение температуры воды, необходимое для формирования нулевой среднегодовой темпера­туры в подошве слоя сезонного промерзания, затем остается определить понижение температуры воды в результате теплообмена с мерзлыми по­родами, окружающими таликовую зону. В соответствии со сказанным задача рассчитывается следующим образом.

1. Определяем тепловой поток, необходимый для повышения среднегодовой температуры от -2 до 0о.



2. Определяем понижение тем­пературы инфильтрующейся во­ды (Δt1), вызванное расходом тепла на повышение температуры пород до 0°, из левой части урав­нения:



3. Находим величину теплопоглощения мерзлыми стенками таликовой зоны (β, ккал/м2∙час) Для этого строим график (рис.6) изменения величины β от времени по уравнению Карслоу и Егера:



где t = tср/2, Т/ = ατ/r2 (τ – время в часах).

***β, ккал/ м 2 час***



 ***τ 10 400 800 1200 1600 2000 2400 τ, час***

Рис. 6. График по уравнению Карслоу и Егера, где S1, S2, S3 – площади поперечного сечения талика

 4. Определяем величину теплопотока через боковую поверхность талика за весь период инфильтрации (q2). Для этого по рис.6 вычис­ляем площадь фигуры τ10β10βkτk, равную S мм2 (1 мм2 на графике со­ответствует 1 ккал/м2):



 5. Находим понижение температуры инфильтрующей воды (Δt2) их формулы Х.Р.Хакимова:



 где Sб – боковая поверхность талика, м2; Sб = 2πrRH; S – площадь поперечного сечения талика, м2; S = 2πr2:



 6. Находим общее понижение температуры воды на выходе из талой зоны (Δt):

Δt = Δt1 + Δt2 = 0,5 + 1,9 = 2,4o.

Таким образом, при инфильтрации грунтового потока с заданными характеристиками возможно существование талика при условии, что среднегодовая температура воды будет не ниже 2,4°.

**Задание на выполнение работы**: Определить время формирования талика при изменении следующих параметров табл. 11. Остальные параметры берутся из задачи.

Таблица 11

Варианты заданий к лабораторной работе

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Среднегодовая температура многолетнемерзлой толщи, м | -2,1 | -2.2 | -1,2 | -2,5 | -3,0 | -1,4 | -2,4 | -3,5 | -2,8 | -1,7 |
| Скорость инфильтрации (υ) м/час. | 0,01 | 0,10 | 0,03 | 0,07 | 0,12 | 0,02 | 0,12 | 0,02 | 0,20 | 0,04 |

2.6. Расчет влияния длиннопериодных колебаний температуры на поверхности на условия существования талика в очагах

разгрузки подземных вод

Необходимо определить, будет ли происходить промерзание очага разгрузки напорных подземных вод за счет периодических колебаний температур на поверхности с периодом Т =10 000 лет и амплитудой А = 4 °С при средней за период температуре земной поверхности to=0 °С [2].

Геологический разрез представлен (снизу вверх) доломитами и мергелями кембрия с напорными пластово-карстовыми пресными вода­ми, перекрытыми водоупорной толщей глинистых отложений ордовика. Мощность водоупорной толщи 80 м Угол падения разлома, по которо­му происходит разгрузка подземных вод, 45°. Скорость фильтрации под­земных вод по зоне разлома 0,005 м/час, средняя пластовая темпера­тура t = 2°.

Теплофизические свойства рыхлых образований: теплопроводность λм= 1,5 ккал/м ∙час∙град, теплота фазовых переходов Qф = 10 000 ккал/м3, Соб.м. = 350 ккал/м3-град. Геотермический градиент g = 0,01 град/м. Максимальная глубина сезонного оттаивания пород за период Т рав­на 2 м.

Решение. 1. Определяем эффективное значение геотермического градиента (gэф) с учетом конвективной составляющей теплопотока (Глусов, 1970):



где Со – теплоемкость воды 1000 ккал/м3∙град; α – угол между направлением промерзания и потоком подземных вод; α = 90 – 45 = 45о.

2. Определяем по формуле глубину многолетнего промерзания пород при g =gэф = 0,95 град/м. Решая уравнение методом подбора находим, что ξмн = 1,5 м.

Так как глубина сезонного протаивания в условиях данного района составляет 2 м, то очевидно, что 10000-летние колебания температуры на поверхности почвы не могут привести к многолетнему промерзанию пород в очаге разгрузки напорных подземных вод.

**Задание на выполнение работы**: Определить влияние длиннопериодных колебаний температуры на поверхности на условия существования талика в очагах разгрузки подземных вод при изменении температур земной поверхности to, °С (табл. 12)

Таблица 12

Варианты заданий к лабораторной работе

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Средняя за период to, °С  | -1,0 | -0,2 | -1,2 | -0,5 | -3,0 | -1,4 | -2,4 | -3,5 | -0,8 | -1,7 |

2.7. Расчет минимального возраста напорно-фильтрационного талика

Предположим, что талик указанного подтипа приурочен к зоне разлома в доломитах девонского возраста [2]. Известно, что радиус талика (r) равен 20 м; мощность многолетнемерзлой толщи пород (H) достигает 400 м, их среднегодовая температура (tcp) равна -6 °С; теплопроводность (λм) и температуропроводность (α) пород соответственно равны 2 ккал/м∙час∙град и 4∙10-3 м2/час; скорость фильтрации подземных вод в пределах талика составляет 0,008 м/час; разность температуры воды на выходе в талую зону и у подошвы слоя годовых теплооборотов рав­на 0,5°.

Решение. 1. Определяем изменение величины теплопоглощения мерзлыми стенками талика (β, ккал/м2∙час) во времени, используя формулу Карслоу и Егера:



где Т/ = αT/r2 для T, равного 1000, 5000 и 10000 лет. Данные расчета приведены на графике (рис.5).

2. Находим величину β на момент наблюдения по формуле Х.Р.Хакимова:



3. По графику (рис.7) определяем величину *Т,* соответствующую значению β = 0,1 ккал/м2⋅час, *Т* = 1500 лет. Эта величина и является минимальным возрастом данного талика



Рис.7. График для определения минимального возраста талика

**Задание на выполнение работы**: Определить минимальный возраст напорно-фильтрационного талика при изменении следующих параметров табл. 13. Остальные параметры берутся из задачи.

Таблица 13

Варианты заданий к лабораторной работе

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Мощность многолетнемерзлой толщи, м | 100 | 250 | 400 | 50 | 300 | 100 | 150 | 350 | 70 | 120 |
| Среднегодовая температура (tcp), °С | -1,0 | -2,8 | -4,2 | -0,5 | -3,0 | -1,4 | -2,4 | -3,5 | -0,8 | -1,7 |

**Лабораторная работа № 3**

**НАЛЕДИ КАК ХАРАКТЕРНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЗОНЫ ММП**

3.1. Расчет основных параметров наледи по данным

ледомерной съемки

По данным ледомерной съемки на наледном полигоне должны быть определены следующие характерис­тики наледи: площадь, средняя мощность, объем, а также вычислены слой нарастания или стаивания путем сравнения с результатами предшествовавших наблюдений.

Площадь наледи F определяется по картограмме с помощью палет­ки или планиметром.

Средняя мощность наледи  на дату  каждой ледомерной съемки рассчитывается по ледомерным вехам, если высота всех вех (N) в течение холодного и теплого периода оставалась неизменной, по следующей формуле

 ,

где  - отсчет по каждой из  ледомерных вех (мощность льда).

Объем наледи () на дату съемки вычисляют по формуле

 ,

Основные параметры наледи определяются по результатам нивелирования поверхности наледи по поперечникам, порядок их расчета определяется по следующим формулам:

 ,

где  - средняя мощность льда на k-том поперечнике, - площадь поперечного сечения и ширина наледи на профиле на дату наблюдений . Величина  вычисляется путем суммирования элементарных отсеков на поперечнике. Затем определяется площадь наледи между соседними профилями  и далее по формуле

 .

Затем вычисляется объем  элементарных блоков между соседними профилями  и . По результатам суммирования площадей между профилями (F) и объемов элементарных блоков (W) находим среднюю мощность наледи:

 .

Расход воды идущей на образование льда в период между ледомерными съемками зимой () и водоотдача с наледей в период их таяния () определяется по формулам

 ,

 ,

где t- период между наблюдениями, с.

**Задание на выполнение работы**: Определить основные параметры наледи по картограмме наледного полигона, выданной преподавателем.

3.2. Оценка наледной опасности для строительства автодороги и выбор противоналедных мероприятий

В наледных районах строительство дорог рекомендуется осуществлять по водоразделам [4]. На наледных участках, где обход невозможен, дороги должны иметь скальное, крупнообломочное или песчаное основание. В случае пересечения логов и пологих склонов трасса строится преимущественно в насыпях, а не в выемках. По материалам прогнозирования проектируются противоналедные сооружения (табл. 1), которые должны быть построены одновременно дорогой [1].

Регулирование русел водотоков производится на расстоянии до 500 м выше по течению от автодороги и на 200 м – ниже по течению.

На участках небольших склоновых наледей (с мощностью льда до 2,0 м), питаемых подземными водами, выше автодорожного по­лотна целесообразно оборудовал резервные выемки. Отвод в сторону от автодороги грун­товых, родниковых и конденсационных наледеобразующих вод осуществляется и по нагорным ка­навам. Эти выработки создаются выше по склону от автодороги на расстоянии 50 м. Ширина канав по верху 1,0 м, глубина - от 1,0 до 2,0 м. Продольный уклон дна канав должен быть не менее 10°.

Оборудование закрытых дренажных сооружений является одним из лучших способов для борьбы со всеми типами наледей, во всех климатических зонах. Ответственным моментом является подбор фильтров дренажных сооружений, чтобы они не заиливались и не кольматировалась. Глубина заложения дренажей зависит от глубины сезонного промерзания грунтов, гранулометрического состава грунтов, глубины залегания водоупора, рельефа и уклона местности, количества поступающей воды и ее температуры. Для дренажных отсыпок лучше применять гравий или щебень изверженных, а также метаморфических и осадочных горных пород (мраморов, известняков).

Скорость течения вода в дренирующем устройстве должна быть не менее 0,15 м/сек для южных районов и не менее 1,0 м/сек - для северных районов. Уклон канав принимается при этом не менее 0,01.

В фильтрующем материале содержание частиц размером менее 0,1 мм не должно превышать 10 %. Во избежание вымывания мелких частиц следует применять грунт с коэффициентом неоднородности Д60/Д10 > 5.

Для перемещения всех типов наледей выше во течению водотока ее безопасное расстояние от автомобильной дороги при­меняются мерзлотные пояса. Этот способ, в комплексе с водонепрони­цаемыми перемычками эффективен во всех климатических районах для борьбы со всеми типами наледей. Самые сложные по конструкции мер­злотные пояса оборудуются в зоне многолетней мерзлоты в долинах рек с мощными аллювиальными отложениями.

После каждого снегопада или поземки мерзлотные пояса сле­дует очищать от снега. Для промерзания вода в руслах пояса соче­таются с каменными набросками, с запрудами из металлических се­ток или же металлических элементов.

В районах с мощным снежным покровом мерзлотные пояса целесообразно оборудовать под навесами, по типу проветриваемых подпольев при строительстве зданий в городах, расположенных в зоне многолетней мерзлоты (Норильск, Якутск и др).

Разновидностью мерзлотных поясов являются полосы шириной до 6,0 м, очищенные от снега. Они применяются, в основном, для борьбы со склоновыми наледями в районах со слабыми зимними ветра­ми. Оголенные от снега полосы оборудуются с помощью бульдозера на расстоянии 40-50 м и выше пo склону от дороги. При необходимости очищается несколько полос. При этом снег сбрасывается по склону, где из него формируются снежные валы.

Пропуск наледной воды через отверстия искусственных сооружений, забитых льдом, можно производить по каналам оттаивания, возникающим вокруг греющего кабеля, паровой трубы.

**Задание на выполнение работы**: Оценить наледную опасность для строительства автодороги и предложить комплекс противоналедных мероприятий по картам и разрезам, выданным преподавателем.

**Лабораторная работа № 4**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ИХ ОХРАНА В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ**

4.1. Расчет оттаивания льда и предотвращения льдообразования в скважине с помощью электрообогрева

Для того чтобы растопить лед и предотвратить льдообразование, водозаполненную часть скважины, находящуюся в пределах толщи с отрицательными температурами, обогревают нагревательным приспособлением [1] . Электрообогрев рекомендуется как один из наиболее перспектив­ных приемов ликвидации льда и предотвращения льдообразования. Количество тепла Q, выделяемое проводником с током, равно произ­ведению квадрата силы тока I, сопротивления проводника R и времени Δτ (закон Джоуля —Ленца):

Q = I2⋅R⋅Δτ.

Перепишем его в более удобном для нас виде:

P = U2/R,

где Р − мощность электрической установки; U− напряжение; R − сопро­тивление нагревательного элемента.

Нагревательным элементом при электрическом обогреве служит специальный кабель или изолированная проволока с высоким сопротив­лением. Сопротивление проводника R можно рассчитать по формуле:

R =ρ⋅l/f

Оно зависит от длины проводника l, его поперечного сечения f и удель­ного электрического сопротивления ρ.

В случае редких наблюдений количество тепла, необходимое для уничтожения льда, вычисляется по формуле:



где ρ − плотность льда; i0 - удельная теплота плавления льда; l − дли­на обогреваемого участка; d − диаметр скважины. Подставляя значения плотности льда ρ = 900 кг/м3 и значение удельной теплоты плавления льда i0 = 97 Дж/кг, получим выражение, зависящее только от диаметра скважины и длины обогреваемого участка

Q = 0,069⋅l⋅d2.

 Отсюда мощ­ность установки для таяния льда за время τ составит:

Р = Q/ τ.

 Задача оценки продуктивности установки с заданной мощностью или известным напряжением решается в обратном порядке.

В случае частых наблюдений, когда образование льда в скважине нежелательно, применяют ритмичный подогрев, режим которого зависит от конкретных геокриологических условий.

В районах с мерзлыми породами, температура которых выше -2° С, а термоактивная влажность (количество замерзающей воды в единице объема породы) сравнительно высока, целесообразно создавать вокруг скважины зону протаивания (затрубный талик), который в интервале между наблюдениями постепенно промерзает.

Время промерзания затрубного талика диаметром 2 r в различных температурных и влажностных условиях можно приближенно определить по графикам (рис. 8), составленным для двух крайних значений термо­активной влажности Wa как функции температуры. Определяется Wa для верхнего, наиболее опасного отрезка водозаполненной части скважи­ны, где сочетаются максимальная льдистость пород и их наиболее низкая среднемесячная температура. Так, для предотвращения замерзания воды в скважине в течении 6 мес. затрубный талик в толще мерзлых пород с расчетной температурой -2 ° С и термоактивной влажностью Wa = 200 кг/м3 должен иметь радиус г = 1 м (рис. 8а). При большей тер­моактивной влажности (Wa = 600 кг/м3) радиус талика может быть уменьшен до г = 0,65 м (рис. 8, б).

Результаты определения по графикам (рис. 8) позволяют уста­новить максимальное количество тепла, необходимое для первого прогре­ва талика. В дальнейшем по мере стабилизации температурного режима пород расход тепла будет уменьшаться. Количество тепла Q, необходимое для создания затрубного талика диаметром 2r1 на 1 м длины скважины, приближенно вычисляется по
уравнению

Q = π⋅r21⋅io ⋅Wa≅3,14Wa ⋅r21

Величина Q, зависящая от температуры и Wa, может существенно из­меняться по глубине скважины. Поэтому при заданной мощности уста­новки рекомендуется сопротивление нагревателя проектировать перемен­ным по длине (ступенчатым) в соответствии с распределением температу­ры и величиной Wa.



Рис. 8. Графики зависимости времени промерзания затрубного талика различного радиуса от температуры окружающих мерзлых пород при Wa = 200 кг/м3 (а) и Wa =600 кг/м3 (б).

В районах с мерзлыми породами, температура которых ниже -2 ° С, а термоактивная влажность Wa меньше 200 кг/м3, правильнее поддержи­вать нулевую температуру на границе скважины. Создание большого затрубного талика в этом случае нерационально из-за быстрого его промер­зания.

Задача поддержания нулевой температуры на границе скважины решается при условии постоянной температуры нагревателя. Это может быть достигнуто при дополнительном оборудовании нагревателя регуля­тором температуры.

Задача имеет приближенное решение в виде

Q = 2π⋅λ⋅G⋅t,

где Q − теп­ловой поток на 1 м длины скважины в час, λ − теплопроводность мерз­лых пород; t − минимальное значение температуры многолетнемерзлых пород; G −безразмерный коэффициент. Значение G определяется по гра­фику (рис. 9) в зависимости от безразмерного критерия Фурье

Fo = а⋅τ⋅r2,

где а — температуропроводность пород; τ — время; г - радиус скважины.

Величина G, как видно из графика, изменяется во времени, стремясь к определенному минимальному значению. В связи с этим расход энергии постепенно уменьшается, приближаясь к расходу энергии установивше­гося режима.

Определить мощность установки в первый час работы. Да­на скважина с радиусом г = 0,054 м; длина обогреваемого участка l = 10 м; температура вмещающих пород t = -5 °С; теплопроводность λ = 1,05 Дж/(м • ч • град); температуропроводность а = 0,002 м/ч. Опре­деляем Fo = 0,002×1/0,054=0,04; по графику, приведенному на рис. 9, G ≈ 3,5; расход энергии на 1 м скважины в час составит

Q ≈ 2 × 3,1×З,5×5 = 115 Дж,

соответственно мощность установки должна быть Р≈ 1150 Вт.

После месяца работы (730 ч) расход энергии на 1 м скважины в час будет равен Q ≈ 13,5 Дж, и мощность установки можно снизить до Р ≈ 135 Вт. После года непрерывного обогрева скважины необходима мощность установки Р ≈ 82,4 Вт.

Коэффициенты теплопроводности и температуропроводности для рас­чета выбирают в зависимости от состава пород, их влажности и темпера­туры.



Рис. 9. Вспомогательный график для определения коэф­фициента G

**Задание на выполнение работы**:

1) определить какое количество тепла, необходимое для уничтожения льда в скважине и мощность установки, если известны: l − дли­на обогреваемого участка и d − диаметр скважины (табл.14)

Таблица 14

Варианты заданий к лабораторной работе

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Дли­на обогреваемого участка, м | 100 | 25 | 30 | 50 | 30 | 10 | 15 | 35 | 70 | 220 |
| d − диаметр скважины,мм | 529 | 254 | 254 | 219 | 325 | 219 | 219 | 325 | 426 | 529 |

2) Определить необходимую мощность установки для формирования зону протаивания вокруг скважины (температура мерзлых пород ниже -2о С)

Таблица 15

Варианты заданий к лабораторной работе

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Температура многолетнемерзлых пород, °С | -4,0 | -2,0 | -3,0 | -7,0 | -2,5 | -3,3 | -4,5 | -5,5 | -6.3 | -2,9 |

**2.2 Реферат**

В одиннадцатом семестре студент представляет реферат по выбранной теме ему теме по дисциплине «Подземные воды криолитозоны». Реферат – краткая запись идей, содержащихся в одном или нескольких источниках, которая требует умения сопоставлять и анализировать различные точки зрения. Реферат – одна из форм интерпретации исходного текста или нескольких источников. Поэтому реферат, в отличие от конспекта, является новым, авторским текстом. Новизна в данном случае подразумевает новое изложение, систематизацию материала, особую авторскую позицию при сопоставлении различных точек зрения.

Реферирование предполагает изложение какого-либо вопроса на основе классификации, обобщения, анализа и синтеза одного или нескольких источников.

Специфика реферата (по сравнению с курсовой работой):

* не содержит развернутых доказательств, сравнений, рассуждений, оценок,
* дает ответ на вопрос, что нового, существенного содержится в тексте.

По полноте изложения реферат по дисциплине «*Подземные воды криолитозоны*» является информативным (реферат-конспект).

**Темы рефератов**

1. Распространения многолетнемерзлых пород по территории России и их особенности.
2. Подразделение подземных вод по отношению к многолетнемерзлых породам.
3. Особенности гидрогеохимических процессов при промерзании и охлаждением горных пород.
4. Особенности питания, режим, гидрогеохимические особенности надмерзлотных вод.)
5. Классификация таликов.
6. Наледи и речной сток, наледи и естественное ресурсы подземных вод,
7. Основные типы гидрогеологических структур;
8. Зональные изменения мерзлотно-гидрогеологических условий
9. Мерзлотно-гидрогеологическая поясность; особенности питания, стока и разгрузки подземных вод.
10. Охрана подземных вод в условиях криолитозоны.

## Критерии оценок рефератов

*Критерии оценки:*

* соответствие содержания теме;
* глубина проработки материала;
* правильность и полнота использования источников;
* соответствие оформления реферата стандартом.

*На «отлично»:*

- присутствие всех вышеперечисленных требований;

- знание учащимся изложенного в реферате материала, умение грамотно и

аргументировано изложить суть проблемы;

- умение свободно беседовать по любому пункту плана, отвечать на вопросы, поставленные преподавателем и студентами по теме рефератапроцессе их заслушивания;

- умение анализировать фактический материал и статистические данные, использованные при написании реферата;

- при защите реферата показать не только «знание - воспроизведешь», но и «знание – понимание», «знание - умение».

*На «хорошо»:*

- мелкие замечания по оформлению реферата;

- незначительные трудности по одному из перечисленных выше требований.

*На «удовлетворительно»:*

- тема реферата раскрыта недостаточно полно;

- неполный список литературы и источников;

- затруднения в изложении, аргументировании.

**2.3. Экзамен**

**Вопросы к экзамену**

1. Каковы региональные особенности изменения мерзлотно-гидрогеологических условий в гидрогеологических областях платформ?
2. Кратко охарактеризуйте этапы, выделяющиеся в истории развития учения о подземных водах криолитозоны?
3. Криогенное преобразование гидрогеологических массивов и адмассивов.
4. Как подразделяются подземные воды по отношению к многолетнемерзлым породам?
5. Криогенное преобразование артезианских и адартезианских бассейнов.
6. Как изменяется состав поземных вод в ходе многолетнего промерзания?
7. Криогенное преобразование вулканогенных бассейнов.
8. Наледи как характерные проявления подземных вод криолитозоны (Причины образования и классификация).
9. Как влияет многолетнее промерзание на подземные воды гидрогеологических складчатых областей?
10. Наледи как характерные проявления подземных вод криолитозоны (Режим формирования.Использование при определении естественных ресурсов подземных вод).
11. Классификация наледей по генезису и морфометрическим параметрам.
12. Районирование криолитозоны по перспективности использования подземных вод для водоснабжения.
13. Криогенный метаморфизм пресных вод.
14. Основные направления поисков и разведки подземных вод как источников водоснабжения в криолитозоне.
15. Кратко охарактеризуйте варианты формирования наледей (по Н. Н. Романовскому).
16. Эксплуатация пресных подземных вод в криолитозоне.
17. Особенности питания, стока и разгрузки подземных вод в гидрогеологических складчатых областях (ГСО).
18. Как осуществляется восполнение и охрана подземных вод в криолитозоне?
19. Какие породы относятся к мерзлым, морозным и охлажденным?
20. Дайте характеристику надмерзлотных вод сезонноталого слоя (СТС).
21. Охарактеризуйте пространственное районирование криолитозоны по С. М. Фотиеву.
22. Какова роль таликов в гидрогеологии криолитозоны? Приведите классификацию.
23. Какое изменяется строение криолитозоны в разрезе с юга на север и почему?
24. Как происходит зональное изменение мерзлотно-гидрогеологических условий в гидрогеологических областях платформ?
25. Кратко охарактеризуйте основные этапы истории развития криолитозоны.

**Критерии оценивания** сдачи экзамена:

Итоговый контроль знаний осуществляется в форме экзамена, который про­водится в письменной форме. Экзаменационные билеты включают 2 тео­ретических вопросов разной сложности из рассматриваемых разделов программы курса. Правильный ответ на вопрос – 2,5 балла, всего – 5 баллов.

**‒** оценку «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные рабочей программой дисциплины, усво­ивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, усвоив­шим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобре­таемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложе­нии и использовании учебного материала (5 баллов);

**‒** оценку «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в про­грамме задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в про­грамме. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоя­тельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности (4 балла);

**‒** оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знание основного программного материала в объёме, необходимом для даль­нейшей учёбы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выпол­нением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литера­турой.рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворитель­но» выставляется студентам, допустившим погрешности непринципиального характера в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий (3 балла);

**‒** оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаруживше­му пробелы в знаниях основного программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисцип­лине (2 балла).

|  |  |
| --- | --- |
| МИНОБРНАУКИ РФФедеральное государственное бюджетное образовательное учреждениевысшего профессионального образования**«**Забайкальский государственный университет» | ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № \_\_2\_\_по дисциплине Подземные воды криолитозонынаправление подготовки Поиски иразведка подземных вод и и/г изысканиясеместр 9 |

1. Охарактеризуйте пространственное районирование криолитозоны по С. М. Фотиеву.

2. Какова роль таликов в гидрогеологии криолитозоны? Приведите классификацию.

Составил А.Г. Верхотуров УТВЕРЖДАЮ

«\_20» ноября 20 20 г. Зав. кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_ А.Г. Верхотуров

 «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020\_\_ г.

1. **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**3.1. Основная литература**

1. Алексеев С.В. Криогидрогеологические системы Якутской алмазоносной провинции. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2009. – 319 с.

2. Романовский Н.Н. .Подземные воды криолитозоны / М.: Изд.-во МГУ, 1983. – 231 с.

3. Шепелёв В.В. Надмерзлотные воды криолитозоны. - Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2011. – 169 с.

**3.2. Дополнительная литература**

1. С.М.. Фотиев Гидрогеологические особенности криогенный области СССР "Наука",М.1978

2. Н.А. Вельмина Особенности гидрогеологии мерзлой зоны литосферы "Недра", М. 1970.

3. Общее мерзлотоведение Под ред. В.А. Кудрявцева Изд. МГУ, М 1978.

4. Гидрогеология СССР. Сводный том. Основные закономерности распространения подземных вод на территории СССР Под ред. М.В. Роговской "Недра", М 1976 Под ред. Э.Д. Ершова.

5. Геокриология СССР. Горные страны юга СССР "Недра", М 1989.

**3.3. Собственные учебные пособия**

1. 2. Верхотуров А.Г. Подземные воды зоны многолетнемерзлых пород: Метод. указания. – Чита, ЧитГУ, 2008. – 45 с.

**3.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы\***

1. http://www.theeuropeanlibrary.org/tel4/ European Library. Ресурсы 47 Национальныхбиб-лиотек Европы
2. www.gpntb.ru Государственная публичная научно-техническая библиотека России (ГПНТБ России)
3. http://diss.rsl.ru/ Диссертации РГБ
4. http://elibrary.ru/ Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. Полнотекстовый дос- туп к научным журналам.
5. http://www.chem.msu.su/rus/elibrary/welcome.html Электронная библиотека по химии на сервере Chemnet
6. http://www.nehudlit.ru Электронная библиотека, книги по математике, физике, химии, биологии, медицине.
7. http://www.chemport.ru/ Российский химический портал
8. http://www.doaj.org База DirectoryofOpenAccessJournal, полнотекстовые научные ре-цензированные журналы по различным дисциплинам.
9. http://worldwide.espacenet.com European Patent Office
10. http:// geo.web.ru
11. http:// geoinform.ru
12. http:// complexdoc.ru
13. http:// [www.science](http://www.science)

Ведущий преподаватель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Верхотуров А.Г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Верхотуров А.Г.