

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению лабораторных работ по дисциплине

ОСНОВЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Специальность

21.05.02 Прикладная геология

Специализация:

«Геология месторождений нефти и газа»

**Ставрополь
2026**

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторные работы	
Лабораторная работа № 1 Определение физических свойств подземных вод.....	5
Лабораторная работа 2 Знакомство с химическими свойствами подземных вод.....	10
Лабораторная работа 3 Знакомство с химическим и газовым составом подземных вод.....	28
Лабораторная работа 4 Обработка результатов химических анализов подземных вод.....	32
Лабораторная работа 5 Обработка гидрохимической информации.....	39
Лабораторная работа 6 Классификация подземных вод по химическому составу.....	46
Лабораторная работа 7 Графическое изображение результатов химических анализов.....	49
Лабораторная работа 8 Составление и анализ гидрогеохимических карт.....	52
Лабораторная работа 9 Составление и анализ карт гидрогеоизогипс..	60
Лабораторная работа 10 Обработка и интерпретация геотермических исследований при решении гидрогеологических задач.....	65
Лабораторная работа 11 Составление средненормального гидрогеохимического разреза.....	83
Лабораторная работа 12 Знакомство с физическими свойствами грунтов.....	91
Лабораторная работа 13 Характеристика грунтов по их составу.....	95
Лабораторная работа 14 Построение и анализ инженерно-геологического профильного разреза по оси сооружения.....	100
Лабораторная работа 15 Обработка геотермических данных.....	107

ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью дисциплины «Гидрогеология и инженерная геология» является получение студентами знаний о водах и водных растворах в земной коре, их составе, условиях залегания, движения, формирования. Освоения некоторых навыков работ по обработке и интерпретации гидрогеологической информации. Получить основы гидрогеологических знаний, необходимых при поисках, разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Тема (2): Виды воды в горных породах. Генетическая классификация подземных вод.

Цель работы: Приобретение навыков по определению физических свойств подземных вод. В теоретическом обосновании приведены методические приемы определения и классификации физических свойств воды, оказывающих влияние на органолептические свойства воды

Теоретическая часть

Определение физических свойств воды производится для оценки возможности их практического использования в народном хозяйстве. К физическим свойствам подземных вод относятся температура, плотность, мутность, цвет, запах, вкус, вязкость, сжимаемость.

Температура подземных вод (t) в недрах весьма разнообразна и зависит от ряда геологических факторов. В зависимости от температуры воды источников подразделяются на: 1) исключительно холодные ($<0\text{ }^{\circ}\text{C}$); 2) весьма холодные ($0\text{--}4\text{ }^{\circ}\text{C}$); 3) холодные ($4\text{--}20\text{ }^{\circ}\text{C}$); 4) теплые ($20\text{--}37\text{ }^{\circ}\text{C}$); 5) горячие ($37\text{--}75\text{ }^{\circ}\text{C}$); 6) весьма горячие ($75\text{--}100\text{ }^{\circ}\text{C}$); перегретые ($>100\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Плотность воды ρ (отношение массы воды m к ее объему V при данной температуре, г/дм^3). За единицу плотности воды принята плотность дистиллированной воды при 4°C .

Удельный объем это отношение объема воды V к ее массе m , то есть величина, обратная плотности воды ρ .

Плотность воды зависит от ее температуры, минерализации, давления, количества взвешенных частиц и растворенных газов.

Мутность. Различают следующие степени мутности: 1) прозрачная; 2) слабо прозрачная; 3) опалесцирующая; 4) слабо мутная; 5) мутная; 6) очень мутная.

Мутность (прозрачность) природных вод зависит от примеси частиц минерального и органического происхождения.

Цвет. Для ориентировочной оценки цветности в градусах можно пользоваться данными, приведенными в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка цветности воды

Окрашивание при рассматривании сверху	Ориентировочная оценка в градусах цветности
Нет окрашивания	Менее 10
Едва уловимое, слабо желтоватое	10
Очень слабо желтоватое	20
Желтоватое	40
Светло-желтое	80
Желтое	150
Интенсивно желтое	300

Запах. Запах различают по характеру и интенсивности. Характер запаха выражают описательно: без запаха, сероводородный, болотный, гнилостный и т.п. Интенсивность запаха оценивают по шкале, приведенной в таблице 2.

Вкус. Вкус воды определяют при условии отсутствия подозрений на ее загрязненность. Различают следующие вкусы воды: соленый, горький, кислый и др. и привкус: железистый, вяжущий и т. п.

Таблица 2 – Определение интенсивности запаха

Балл	Интенсивность	Описательное определение
0	Нет	Отсутствие ощутимого запаха
1	Очень слабый	Запах, обычно не замечаемый, но обнаруживаемый опытным наблюдателем
2	Слабый	Запах, обнаруживаемый, если на него обратить внимание потребителя
3	Заметный	Запах, который легко обнаруживается и может вызвать неодобрительную оценку воды
4	Отчетливый	Запах, обращающий на себя внимание
5	Очень сильный	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной для питья

Плотность, вязкость, электропроводность зависят от общей минерализации воды.

Плотность подземных вод всегда (при определении в поверхностных условиях) больше единицы и для рассолов достигает величины 1,3 и даже более. Она прямо связана с минерализацией вод.

Сжимаемость подземных вод зависит от газонасыщенности и температуры. Коэффициент сжимаемости или коэффициент объемной упругости (в пластовых условиях) указывает, на какую долю уменьшается объем воды при увеличении давления на 0,1 МПа и 1 кгс/см^2 и рассчитывается по формуле:

$$\beta_u = \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta p},$$

Где ΔV – изменение объема воды при увеличении давления на Δp ,
 V – начальный объем жидкости,
 p – давление.

Для пластовых вод нефтяных месторождений β_u обычно равен $(3-5) \cdot 10^{-4}$ МПа.

Сжимаемость подземных вод имеет большое значение для определения режима нефтегазоносных пластов.

Вязкость подземных вод зависит от минерализации и температуры. Она возрастает с увеличением минерализации воды, но гораздо большее влияние на нее оказывает температура.

Вязкость вод уменьшается с ростом температуры и повышается с увеличением плотности вод и содержания в них хлоридов кальция и магния. Плотность и вязкость вод снижается при повышении температуры и переходе от жестких вод к щелочным. С ростом давления, т. е. с глубиной, вязкость и плотность вод обычно увеличивается.

Вязкость подземных вод необходимо знать при определении скоростей подземных потоков и для некоторых других целей.

Электропроводность подземных вод имеет важное значение для геофизических исследований. Электропроводность и электрическое сопротивление вод зависят от их минерализации и ионно-солевого состава. Удельные электрические сопротивления вод нефтегазовых месторождений обычно варьируют в пределах от 0,05 (для крепких рассолов) до 1,00 Ом, редко выше (слабосоленые воды).

Радиоактивность вод обуславливается присутствием в них радия, урана и радона. В подземных водах их содержание невелико. Радий накапливается в хлоридных рассолах в условиях восстановительной обстановки; в сульфатных водах окислительной обстановки он образует труднорастворимые соли, выпадающие в осадок.

Оборудование и материалы

Стаканы химические стеклянные; термометр стеклянный; ареометры; воронки; фильтры; вода дистиллированная; пробирки; пробки.

Задания

Определить физические свойства проб воды:

- Определить плотность воды. Определение производим ареометром.
- Результаты определения выразить в виде d_4^{20} , то есть отношение массы исследуемой воды при 20 °С к массе дистиллированной воды при 4 °С.

- **Температура.** Налейте 30-50 см³ исследуемой воды в стакан и замеряйте температуру воды лабораторным термометром.

- **Плотность воды.** Определение производите ареометром. Результаты определения выразите в виде d_4^{20} , то есть отношения массы исследуемой воды при 20 °С к массе дистиллированной воды при 4 °С

- **Мутность.** Мутномерную трубку (пробирку) наполните исследуемой водой почти доверху, поставьте ее на черную бумагу и, глядя сверху, отметьте результаты наблюдений.

- **Цвет.** Определение цвета производите только в прозрачной воде. Если вода не прозрачна, то ее профильтруйте. Дайте визуальную оценку цветности в соответствии с таблицей 1.

- **Запах.** Для определения запаха пробирку наполните исследуемой водой примерно на $\frac{3}{4}$ объема, закройте ее пробкой, несколько раз встряхните, затем выньте пробку и сразу понюхайте. Характер запаха и интенсивность запаха оцените по таблице 2.

- **Вкус.** При определении вкуса воду наберите в рот в небольшом количестве. Не проглатывайте! Отметьте вкус и привкус воды.

- Результаты определения физических свойств подземных вод записать в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты определения физических свойств подземных вод

Номер пробы	
Месторождение	
Номер скважины	
Интервал перфорации, м	
Возраст отложений	
Дата отбора	
Глубина отбора	
Температура, °С	
Относительная плотность, d_4^{20}	
Мутность	
Цвет	
Запах	
Вкус	
рН	

Содержание отчета. В отчете следует отразить цель работы, привести описание физических свойств природных вод. Описать методику проведения проб воды.

При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Перечислить физические свойства воды.
2. Охарактеризовать мутность воды и перечислить степени мутности.
3. Каким образом производят определение цвета?

4. Дать характеристику шкалы интенсивности запаха.
5. При каких условиях и как определяют вкус воды?
6. Что такое вязкость и сжимаемость вод? Какие факторы влияют на значения этих величин?

Список литературы

1. Геология : учебник / А. М . Гальперин, В. С. Зайцев, Г. Н. Харитоненко, Ю. А. Норватов, Ч. 3, Гидрогеология. - М. : Мир горной книги : МГГУ : Горная книга, 2009. - 400 с. : ил. - (Горное образование). - ISBN 978-5-91003-043-9
2. Экологическая гидрогеология : учебник для вузов / А. П. Белоусова [и др.]. - Москва : Академкнига, 2007. - 397 с. : ил., табл. - Библиогр. в тексте. - ISBN 978-5-94628-317-5
3. Кирюхин, В. А. Общая гидрогеология : учебник / В. А. Кирюхин ; СПб. гос. горный ин-т. - СПб., 2008. - 439 с. : ил. - Библиогр.: с. 434-436. - ISBN 978-5-94211-330-8

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

ЗНАКОМСТВО С ХИМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Тема (4): Классификация подземных вод по химическому составу.

Цель работы: Ознакомиться с методикой обработки результатов химических анализов подземных вод и научиться переводить анализы из одной формы в другую. В методических указаниях приводятся краткие сведения о химическом составе вод, минерализации, макро- и микрокомпонентном составе.

Теоретическая часть

Под *химическим анализом воды* понимают качественное определение физических и химических свойств воды и количественное определение растворенных в ней веществ. Растворенные вещества позволяют, классифицировать природные воды, служат поисковыми признаками при поисках ряда полезных ископаемых. Существуют следующие виды анализов: общий, специальный, санитарный, бальнеологический, технический.

К химическим свойствам воды относятся реакция среды pH, окислительно–восстановительный потенциал Eh, жесткость, минерализация.

Реакция среды щелочно-кислотные свойства воды, определяются концентрацией водородных ионов. Согласно теории электролитической диссоциации, вода в весьма слабой степени диссоциирует на $H_2O = H^+ + OH^-$. На основании закона действующих масс имеется следующая зависимость

$$\frac{H^+ * OH^-}{H_2O} = K$$

где K – постоянная величина.

Величина pH = $-\lg H^+$. Так как для чистой воды $H^+ = 10^{-7}$, то pH=7 - концентрация ионов водорода равна концентрации гидроксильных ионов. Если концентрация водород-иона уменьшается, то pH увеличивается и среда становится щелочной. Если концентрация водород-иона увеличивается, то pH уменьшается и среда становится кислой.

Окислительно-восстановительный потенциал Eh является мерой окислительно-восстановительной способности системы и может быть

положительным (для процесса окисления) или отрицательным (для процесса восстановления).

Жесткость воды зависит от содержания ионов кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}). Различают общую, устранимую и постоянную жесткости. **Общая** жесткость равна сумме кальция и магния. **Устранимая** – равна той части кальция и магния, которые выпадают в осадок при кипячении (они связаны с гидрокарбонатными ионами). **Постоянная** – равна разности между общей и устранимой жесткостями (это кальций и магний связанные с хлорид-ионом и сульфат-ионом).

Минерализация воды - количество растворенных в ней веществ (макрокомпоненты, микроэлементы, коллоиды, газы, органическое вещество и др.). По минерализации выделяются следующие классы вод:

- пресные (M до 1 г/дм^3);
- солоноватые или слабоминерализованные ($1-10 \text{ г/дм}^3$);
- соленые или минерализованные ($10-50 \text{ г/дм}^3$);
- рассолы ($50-500 \text{ г/дм}^3$).

Все подземные воды являются растворами, содержащими соли, ионы коллоиды и газы. В природных водах найдено более 50 химических элементов, встречающихся в виде ионов, недиссоциированных молекул и коллоидов. Но значительное распространение имеют только некоторые элементы.

Главными в природных водах являются шесть ионов, содержащих восемь элементов: среди них три аниона – хлор (Cl^-), сульфат (SO_4^{2-}) и гидрокарбонат (HCO_3^-) и три катиона – натрий (Na^+), кальций (Ca^{2+}) и магний (Mg^{2+}). Помимо шести главных ионов большое распространение имеют карбонат-ион (CO_3^{2-}), ион калия (K^+) и ион аммония (NH_4^+). Главные компоненты называют **макрокомпонентами**.

Остальные компоненты встречены в ничтожных количествах и называются **микрокомпонентами**. Из числа микрокомпонентов наиболее известны ионы брома (Br^-), йода (I^-), лития (Li^+), стронция (Sr^{2+}) и др.

Суммарное содержание в воде растворенных ионов, солей и коллоидов называется **минерализацией** воды (в минерализацию не входят растворенные газы и взвешенные вещества). Минерализация выражается в граммах (или миллиграммах) на кубический дециметр, г/дм^3 .

При химическом анализе воды определяют содержание в ней ионов. Содержание ионов можно выражать в весовой, эквивалентной и процент - эквивалентной формах.

Весовая ионная форма наиболее употребляема, она является исходной для получения других форм выражения химического состава воды. Содержание отдельных ионов выражается в г/дм^3 (мг/дм^3). Весовая форма не применяется для газов и коллоидов.

Эквивалентная форма основана на том, что ионы взаимодействуют между собой не в весовом количестве, а в количествах зависящих от их молярного веса и валентности (таблица 4).

Таблица 4 - Эквиваленты некоторых ионов

Ион	Эквивалент	Ион	Эквивалент
Ca^{2+}	20,0	Cl^-	35,5
Mg^{2+}	12,2	SO_4^{2-}	48,0
Na^+	23,0	HCO_3^-	61,0
K^+	39,1	CO_3^{2-}	30,5
NH_4^+	18,0		

Эквивалентным весом называется частное от деления ионного веса на валентность. Для перехода от весовой ионной формы к эквивалентной необходимо содержание иона, выраженное в г/дм³ (мг/дм³), разделить на величину эквивалента данного иона.

Если содержание какого-либо иона выражается в эквивалентной форме, то перед химическим символом иона ставят букву г, например г Na^+ .

Если все анионы и катионы выражаются в эквивалентной форме, то сумма анионов ($\sum r_a$) всегда должна быть равна сумме катионов ($\sum r_k$):

$$\sum r_a = \sum r_k.$$

Используя это равенство, можно определять содержание одного из главных ионов, если известно содержание пяти остальных главных ионов. Именно так и определяется содержание $\text{Na}^+ + \text{K}^+$.

Процент-эквивалентная форма получается из эквивалентной формы. Она показывает относительную долю данного иона в общей сумме растворенных ионов в воде. Общая сумма всех ионов, взятых в эквивалентной форме, приравнивается 100%:

$$\sum r_a + \sum r_k = \sum r = 100\% \text{ экв.}$$

Сумма всех анионов, равна сумме всех катионов, составляет 50% экв:

$$\sum r_a = \sum r_k = 50\% \text{ экв.}$$

Содержание каждого иона выражают в процентах от суммы всех ионов. Это и будет процент-эквивалентная форма изображения химического состава воды.

Обычно результаты химического анализа природных вод представляют в виде таблиц, где параллельно приведены весовая ионная, эквивалентная и процент-эквивалентная формы. Кроме того, указывают дату и условия отбора пробы воды, плотность, температуру, pH и т.п. (таблица 5).

Таблица 5 - Химический анализ воды

Анализ воды № 435 Месторождение Краснодарское ПХГ Номер скважины 15 Интервал перфорации 1096-1108 Возраст отложений верхнемеловые К ₂ Дата отбора 12.04.1977 г Глубина отбора 1000 м Относительная плотность, d_{4}^{20} 1,019 рН 7,9 Температура замера 86 °С Давление 7,63 Мпа			
	Формы выражения химического анализа воды		
Катионы	мг/дм ³	мг*экв/дм ³	%*экв
K ⁺ +Na ⁺	11053	480,56	49,51
NH ₄ ⁺	12	0,66	0,07
Ca ²⁺	31	1,53	0,16
Mg ²⁺	31	2,55	0,26
Анионы			
Cl ⁻	16502	465,5	47,96
SO ₄ ²⁻	29	0,60	0,06
CO ₃ ²⁻	отс	-	-
HCO ₃ ⁻	1171	19,2	1,98
Сумма ионов	28829	970,6	100
Микроэлементы мг/дм³			
I ⁻	21,15		
Br ⁻	42,62		
Fe ³⁺	7,54		
Fe ²⁺	39,10		
Генетические коэффициенты			
rNa ⁺ /rCl ⁻		1,03	
r(Cl-Na)/rMg ²⁺		-	
r(Na-Cl)/rSO ₄ ²⁻		25,1	
Генетический тип воды	Гидрокарбонатнонатриевый		

Оборудование и материалы. Таблицы химических анализов природных вод, выраженные в весовой или эквивалентной формах.

Задания

Выполнять работу необходимо в следующем порядке.

Пользуясь эквивалентами, пересчитать весовую форму выражения анализов в эквивалентную (или наоборот, в зависимости от задания);

Посчитать сумму катионов и анионов в эквивалентной форме;

Учитывая, что сумма катионов должна быть равна сумме анионов, определить содержание ионов натрия и калия в ионной форме

$$rNa^{+} + rK^{+} = \sum r a^{-} - \sum r k^{+}$$

Перевести содержание ионов натрия и калия в весовую форму;

Подсчитать общую минерализацию воды;

Перевести содержание всех ионов в процент эквивалентную форму, при этом проверить выдерживается ли условие: сумма всех ионов, взятых в эквивалентной форме должна быть равна 100%.

Содержание отчета. В отчете следует отразить цель работы, кратко охарактеризовать теоретическое обоснование и порядок выполнения работы. Представить результаты химических анализов вод, в весовой, эквивалентной и процент-эквивалентной формах в виде таблицы 6.

Таблица 6– Результаты химических анализов природных вод

№ проб	Форма выражения анализа	Содержание катионов			Содержание анионов				Минерализация
		Na+K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	
1	Весовая								
	Эквивалентная								
	%-эквивалентная								

При защите работы студент должен представить отчет о выполненной работе, ответить на контрольные вопросы и уметь самостоятельно произвести пересчет предложенных анализов из одной формы в другую.

При выполнении работы пользоваться данными, приведенными в таблице 7.

Таблица 7 – Варианты заданий

Вариант № 1

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Ист. Даутский нарзан 8, верховья р. Даут. 29.07.1970 г	PZ, мг/дм ³		175	19	41	2	730
Ист. Хасаутский 101. на левом берегу р. Хасаут, 24.12.1960 г	PZ, мг*экв/дм ³		15,40	11,63	41,3	1,276	38,35
Невинномысская 5, 3.06.1953	PZ, мг/дм ³	1562-1559	112	25	1129	881	2239
Северо-Ставропольская 14, 5.06.1954	PZ, мг*экв/дм ³	1790-1780	22,81	9,75	72,9	4,56	9,43
Сенгилеевская 3, 1.06.1951 г	PZ, мг/дм ³	1979-1969	1757	262	3855	128	417
Ист. Даутский нарзан 8, верховья р. Даут. 29.07.1970 г	PZ, мг/дм ³		175	19	41	2	730

Вариант № 2

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	C l ⁻	SO ⁴ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Олейниковская 1, 14.08.1956 г	P-T, мг/дм'	2040-2030	5370	1006	7597	24	140
Каясулинская 3, 21.08.1980	P-T, мг*эк ₃ в/д м	4240-4377	430,86	69,77	1760	2,37	14,15
Молодежное 3, 24.09.1987	P-T, мг/дм ³	4192-4211	9500	700	74500	0	1920
Ямангойская 5, 12.10.1974	P-T, мг*эк ₃ в/д м	3815-3840	145	8.19	1241.2	5,41	0.98
Промысловская 7, 4.07.1991	P-T, мг/дм ³	1991-1996	9780	1990	102200	5	79

Вариант № 3

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	C l ⁻	SO ⁴ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Ист. Шондон. в2 км к югу от сел.Тменикау, 5.XI 1939 г	J ₁₋₂ , мг/дм'	1045-1047	58	9	923	15	103
Ист. по р. Широстанка, 1939 г	J ₁₋₂ мг*экв/д м ³	1234-1259	8.0	6.06	261	0.38	10,9
Ист. на левом берегу р. Черек Балкарский 20.VIII 1939 г	J ₁₋₂ мг/дм ³	1317-1321	464	482	16	3058	438
Черкеская, 4, .XI 1956 г	J ₁₋₂ мг*экв/д м ³	1475-1479	162.0	52.3	876.4	0.137	1.75
Арбалинская, 3, 9.IV 1962 г	J ₁₋₂ мг/дм ³	1533-1543	4907	749	6105	39	620

Вариант № 4

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	C l ⁻	SO ⁴ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Ики-Бурульская. 6 3.XII 1961	J ₂ , мг/дм'	1475-1479	4540	965	7052	106	37
Яшкульская. 1	J ₂	1045-1047	152,9	62,51	1666,1	0,856	0,448

18.X 1962 1	$\text{Mg}^*\text{экв/д}$ м^3						
Бузгинская, 1 1 .IV 1962	$\text{J}_2, \text{мг/дм}^3$	1317-1321	3988	1259	7326	53	14
Меклетинская, 1 13.111 1962	$\text{J}_2\text{Mg}^*\text{экв/дм}^3$	1876-1880	315,0	89,47	2625,7	0,308	1,894
Салхинская. 2 24.111 1961	$\text{J}_2, \text{мг/дм}^3$	2328-2332	7038	965	8850	7	200

Вариант № 5

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca^{2+}	Mg^{2+}	C I^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-
Озек-Суат, 77, 23.VII 1960	$\text{J}_3, \text{мг/дм}^3$	852-890	5938	415	6337	38	207
Ист. Церик-Кель. в долине р. Черек. 10.1951	$\text{J}_3, \text{мг}^*\text{экв/д}$ м^3	915-986	0,310	0,033	0,550	0,730	0,230
Фроловская. 3.21.XII 1957	$\text{J}_3, \text{мг/дм}^3$	1120-1140	1015	113	2614	181	98
Нальчикская. 2. 14.IV 1961	$\text{J}_3\text{Mg}^*\text{экв/дм}^3$	1209-1318	60,06	30,03	474.6	93,7	9,0
Датых, 7, 16. IX 1956	$\text{J}_3, \text{мг/дм}^3$	2526-2580	3694	326	4313	1472	612

Вариант № 6

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca^{2+}	Mg^{2+}	C I^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-
Датых, 7 27.IV 1956	$\text{K}_{\text{Iпс.}}, \text{мг/дм}^3$	2148-2166	2657	181	3184	628	195
Карабулак-Ачалуки. 41 4.1 1962	$\text{K}_{\text{Iпс.}}, \text{мг}^*\text{экв/д}$ м^3	2546-2565	94,78	25,17	1172,0	17,55	6,389
Карабулак-Ачалуки, 105 17.IV 1962	$\text{K}_{\text{Iпс.}}, \text{мг/дм}^3$	2910-2918	3195	388	4355	648	82
Нальчикская, 3 18.1 1962	$\text{K}_{\text{Iпс.}}, \text{мг}^*\text{экв/д}$ м^3	2486-2548	127,3	32,71	1268,2	6,254	3,444
Кисловодск, 12. 1958	$\text{K}_{\text{Iпс.}}, \text{мг/дм}^3$	3698-3963	633	142	237	764	2040

Вариант № 7

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Датых, 6 27.X 1956	K ₁ ар. мг/дм ³	1603-1627	1955	159	29491	392	244
Карабулак-Ачалуки. 41 4.I 1962	K ₁ ар. мг*экв/д ³	3040-3055	77,67	17.19	1050,6	9,51	8,295
Карабулак, 16 31.X 1962	K ₁ ар. мг/дм ³	2740-2755	2625	246	4051	318	98
Пятигорск, 26	K ₁ ар. мг*экв/д ³		2,27	0,80	8,27	10.62	24,59
Нагукская, опорная, 19.11.1953	K ₁ ар. мг/дм ³	1374-1397	6	7	3	142	433

Вариант № 8

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Ессентуки, 8	K ₁ ал, мг/дм ³		15	2	2244	140	459
Северо-Нагитская, 6 17.VIII 1960	K ₁ ал, мг*экв/д ³	2392-2402	50.09	12,60	1135.1	1,68	14.47
Надюрненская. 1 17.IX 1955	K ₁ ал, мг/дм ³	920-1027	82	2,56	2544	465	32
Северо-Ставропольская, 1 17.IX 1955	K ₁ ал, мг*экв/д ³	1791-1795	6.19	17,39	964,5	6,07	4,19
Октябрьская. 2 1 I.V 1961	K ₁ ал, мг/дм ³	1887-1894	1528	177	38579	2256	4133

Вариант № 9

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Ист. на левом берегу р. Ардон. 1944	K ₂ , мг/дм ³	520-596	66	7	60,7	7	243
Ист. Чишки, 3.VIII 1938	K ₂ , мг*экв/дм ³	689-750	9,035	0,296	165,6	31.0	3,40
Дфтых, 6.6.X 1954	K ₂ , мг/дм ³	895-950	1866	178	3024	3,81	329
Заманкул, 25, 24.VI 1962	K ₂ , мг*экв/дм ³	2169-2186	23,05	9,86	672,5	17.68	13,33
Ачалуки, 45 .	K ₂ , мг/дм ³	2355-2377	747	127	26,37	913	677

Вариант № 10

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Арзгирская. 3.3.XI 1962	J ₂ ,мг/дм ³	2924-2943	3878	510	40874	127	294
Синебугровская, 3J6.XI 1962 1	J ₂ мг*экв/дм ³	3507-3518	324,3	32.90	1284,6	0,599	0.897
Максимокумская. 3,10.х 1960	J ₂ , мг/дм ³	3393-3398	6929	655	55442	301	126
Колодезная, 13,9.111 1962	J ₂ мг*экв/дм ³	3162-3166	284.4	37,99	1833,0	2,057	1.722
Зимняя Ставка, 19,26.III 1959	J ₂ , мг/дм ³	3247-3251	5938	415	63377	38	207

Вариант № 11

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	С l ⁻	SO ⁴ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Прасковейская, 13, 31.10. 57	P ₁ мг/дм ³	2605-2610	293	49	2077	217	671
Гороховская, 1, 16.03.61	P ₁ мг*экв/д ³	2454-2464	5,167	2,912	665.8	6,338	11,67
Петровская, 1, 6.11.59	P ₁ мг/дм ³	2030-2046	176	46	2257	253	415
Элистинская, 36	P ₁ мг*экв/д ³	465-500	25,58	11,56	685,0	3,46	0,20
Вишневская, 1, 04.07. 62	P ₁ мг/дм ³	785-812	2840	299	5410	93	143

Вариант № 12

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	С l ⁻	SO ⁴ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Фортанга, 5, 5.V 1951	M ₁ мг/дм'	2163-2204	1123	20	6780	53	258
Карабулак, 50, 26.VI 1962	M ₁ мг*экв/д ³	1671-1729	13,31	12,33	500,3	0.909	13,33
Отказненская, 1,15.1 1960	M ₁ мг/дм ³	2420-2462	347	79	1720	13	1091
Прасковейская, 9,	M ₁ мг*экв/д ³	2400-2410	15,04	4,44	477,0	2.78	24,2
Благодарненская, 2, 30.VI 1961	M ₁ мг/дм ³	1634-1648	80	26	1135.	841	1110

Вариант № 13

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	C l ⁻	SO ⁴ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Озек-Суат, 35.24.111 1956	M ₂ мг/дм ³	2340-2350	1062	112	3146	362	707
Сухокумская, 2,	M ₂ мг*экв/д 3	2100-2194	23,4	6,25	485.0	1,10	45,4
Георгиевская, I.3I.X 1959	M ₂ мг/дм ³	1709-1734	224	88	9523	29	2221
Максимокумская, 2. 30.VII 1960	M ₂ мг*экв/д 3	1470-1775	19,10	8.10	379.5	0,052	12,53
Черный Рынок, 1	M ₂ мг/дм ³	2018-2023	209	44	9970	41	1611

Вариант № 14

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	C l ⁻	SO ⁴ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Нальчикская. 1, 1.VIII 1955	M ₅ мг/дм ³	1016-1063	12	7	411	4	443
Георгиевская. 6. 12.VII 1962	M ₅ мг*экв/д 3	1245-1256	11,52	8,086	328,4	0,159	7,356
Чкаловская, 17, 1.V 1956	M ₅ мг/дм ³	1028-1055	255	ПО	12360	46	221
Благодарненская, 17, I.IX 1960	M ₅ мг*экв/д 3	436-446	4,327	9,63	225,7	0,094	6,674
Красный Камышаник. 21-в 2 VII 1956	M ₅ мг/дм ³	394-443	550	305	15150	37	159

Вариант № 15

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ⁴⁻²⁻	HCO ₃ ⁻
Чкаловская, 8, 28.01.1960	K _{1nc} мг/дм ³	3719-3734	1476	238	55900	67	57
Прасковейская, 16.7.08.1960	K _{1nc} мг*экв/д ³	3422-3434	186,2	14,40	1635,1	0,325	4,86
Прасковейская 23. 18.10.1960	K _{1nc} мг/дм ³	3606-3615	1549	121	45920	33	268
Левокумская 1. 17.05.1961	K _{1nc} мг*экв/д ³	3339-3346	254,7	31,26	1696,4	0.96	11,46
Колодезная 13,24.03.1962	K _{1nc} мг/дм ³	3126-3134	6587	550	70930	124	158

Вариант № 16

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ⁴⁻²⁻	HCO ₃ ⁻
Ровненская 1, 11.11.1958	K _{1ap.} мг/дм'	294-2298	727	17	11500	380	232
Невиномысская 5. 1.07.1953	K _{1ap.} мг*экв/д ³	1412-1417	0,94	0,93	324,5	20,35	23,58
Северо-Нагутская 6, 27.03.1959	K _{1ap.} мг/дм ³	2686-2691	981	122	37050	159	689
Мирненская 1.26.08.1961	K _{1ap.} мг*экв/д ³	2860-2868	267,7	40,74	1858,1	1,95	10
Гороховская 7. 25.04.1962	K _{1ap.} мг/дм ³	3062-3083	2324	299	50260	29	210

Вариант № 17

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Прасковейская 16.26.12.1960	K ₁ al, ,мг/дм'	3164-3168	1078	115	40780	18	428
Гороховская 4,26.11.1960	K ₁ al, мг*экв/д ³	2842-2854	67,84	14,62	1152,2	2.435	12,24
Приочерненская 5, 29.12.1960	K ₁ al, , мг/дм ³	2875-2882	5926	720	71950	16	439
Максимокумская 4, 7.08. 1960	K ₁ al, мг*экв/д ³	2750-2758	216,8	42,27	2010,1	0,377	2,242
Зимняя Ставка 23. 20.01.1962	K ₁ al, мг/дм ³	2864-2873	2215	384	45950	7	569

Вариант № 18

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Расшеватская 35, 0,08.1958	K ₂ , ,мг/дм'	2565-2598	353	45	26470	1070	8280
Садовая 4	K ₂ , мг*экв/д ³	2556-2570	97,88	0.526	1314,4	1,953	0,589
Георгиевская 3, 17.03.1959	K ₂ , мг/дм ³	2014-2047	1887	211	38300	392	646
Отказненская 5, 18.09.1962	K ₂ , мг*экв/д ³	3321-3340	107.7	7,39	1067,9	9,807	0,322
Чкаловская 7. 24.07.1959	K ₂ , мг/дм ³	2916-2964	981	20	29480	314	415

Вариант № 19

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	C l ⁻	SO ⁴ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Ачалуки 5, 5.03.1954	P ₂ мг/дм ³	2242-2270	261	70	15230	-	877
Прасковейская 9, 1.08.1958	P ₂ мг*экв/д ³	2305-2356	20.0	9,19	499,9	0,58	20,59
Ики-Бурульская 3. 9,04.1962	P ₂ мг/дм ³	301-303	964	263	23660	900	126
Вишневская 1, 16.07.1962 1	P ₂ Мг*экв/д ³	345-362	6,477	2,632	106,6	18,11	3,81
Каспийская 1.30.01.1959	P ₂ мг/дм ³	1054-1057	439	225	18790	200	293

Вариант № 20

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	C l ⁻	SO ⁴ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Сухокумская 13, 18.10.1961	J ₂ , мг/дм ³	3458-3462	8610	590	82760	287	12
Краснокамышанская 5, 28.01.1962	J ₂ мг*экв/д ³	2598-2605	409,0	101,0	92.10	-	0,110
Каспийская 2	J ₂ , мг/дм ³	2377-2380	7670	1724	92100	-	ПО
Межевая 65	J ₂ мг*экв/дм ³	1951-1956	434,1	144,8	2778,5	0,308	0,666
Полдневская 1	J ₂ , мг/дм ³	1557-1560	5771	1401	105800	7	146

Вариант № 21

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Величаевская 28, 23.08.1960	K _{1nc} мг/дм ³	3105-3108	6030	465	67600	121	261
Зимняя Ставка 21, 13.09.1960	K _{1nc} мг*экв/д ³	3131-3139	318,2	45,53	1865,0	3,367	8,152
Озек-Суат 71, 13.09.1959	K _{1nc} мг/дм ³	3203-3221	4495	431	53700	90	182
Русский Хутор (центральный) 2, 1.07.1961	K _{1nc} мг*экв/д ³	3205-3207	368,7	65,8	2166,2	7,343	2,133
Южно-Сухокумская 9. 4.06.1961	K _{1nc} мг/дм ³	3400-3406	9329	1215	83420	357	226

Вариант № 22

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Карабулак 50. 26.06.1962	M ₁ мг/дм ³	1671-1729	267	150	1773	44	813
Прасковейская 9, 23.06.1959	M ₁ мг*экв/д ³	2400-2410	15,04	4,44	477	-	24,2
Гороховская 3, 20.06.1961	M ₁ мг/дм ³	1854-1860	623	27	1762	114	1562
Озек-Суат 35, 24.03.1956	M ₁ мг*экв/д ³	2340-2350	52,98	9,19	887,3	7,54	11,6
Сухокумская 2	M ₁ мг/дм ³	2100-2194	469	76	1721	53	2770

Вариант № 23

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	C l ⁻	SO ⁴ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Левокумская 1.28.04.1962	K ₂ , мг/дм ³	2678-2698	335	30	26650	317	862
Гороховская 7, 9.06.1962	K ₂ , мг*экв/д ³	2523-2530	54.37	14,79	1067.7	2.707	4,136
Вишневская 1,23.06.1962	K ₂ , мг/дм ³	860-876	2156	629	48450	69	126
Ики-Бурульская 7	K ₂ , мг*экв/д ³	347-353	81.0	26,0	990,0	11,48	1,20
Бузгинская 52	K ₂ , мг/дм ³	569-698	758	319	17390	49	152

Вариант № 24

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	C l ⁻	SO ⁴ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Максимокумская 5, 8.08.1960	K ₁ ар. мг/дм ³	3016-3026	6281	732	76270	14	143
Арбали 1, 12.1.1962	K ₁ ар. мг*экв/д ³	3070-3074	320,5	51,27	2032.9	1,405	1,379
Колодезная 13,27.04.1962	K ₁ ар. мг/дм ³	3104-3109	5443	551	66290	41	196
Озек-Суал 15	K ₁ ар. мг*экв/д ³	3045-3060	133,5	19,89	79,52	0.227	0,079
Южо-Сухокумская 3, 16.10.1959	K ₁ ар. мг/дм ³	3315-3320	10590	588	79520	227	79

Вариант № 25

Площадь или источник № скв. дата отбора	Возраст	Интервал перфорации	Содержание компонентов, мг/дм ³				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Вишневская 1,27.05.1962	К1ар. мг/дм ³	1079-1106	2646	630	52820	67	98
Ики-Бурульская 1, 15.01.1960	К1ар. мг*экв/дм ³	668-674	113,0	43,20	1391,8	10.93	1,63
Якульская 1.27.10.1962	К1ар. , мг/дм ³	479-483	1423	504	30980	218	137
Меклетинская 1, 19.04.1962	К1ар. мг*экв/дм ³	1380-1390	203,6	47,14	1802.2	0,275	5,855
Промысловская 16	К1ар. мг/дм ³	1056-1059	7715	1702	85100	49	67

Таблица 8 – Результаты обработки химического анализа подземных

Месторождение			
Возраст отложений			
Относительная плотность, d ₄ ²⁰			
pH			
Температура, °C			
	Формы выражения химического анализа воды		
	мг/дм ³	мг*экв/дм ³	%*экв
Катионы			
K ⁺ +Na ⁺			
NH ₄ ⁺			
Ca ²⁺			
Mg ²⁺			
Анионы			
Cl ⁻			
SO ₄ ²⁻			
CO ₃ ²⁻			
HCO ₃ ⁻			
Сумма ионов			
Микроэлементы мг/дм ³			
I ⁻			
Br ⁻			
Fe ³⁺			
Fe ²⁺			
Генетические коэффициенты*			
rNa/rCl			
r(Cl-Na)/rMg			
r(Na-Cl)/rSO ₄			
Генетический тип воды			

Контрольные вопросы

1. Какие формы выражения анализов подземных вод применяются?
2. Как пересчитать анализы из весовой формы в эквивалентную и наоборот?
3. Как рассчитать процент-эквивалентную форму?
4. Как определить эквивалент каждого иона?
5. Что такое эквивалентный вес?
6. Что такое минерализация?
7. Каков макро- и микрокомпонентный состав природных вод?

Список литературы

1. Геология : учебник / А. М. Гальперин, В. С. Зайцев, Г. Н. Харитonenko, Ю. А. Норватов, Ч. 3, Гидрогеология. - М. : Мир горной книги : МГГУ : Горная книга, 2009. - 400 с. : ил. - (Горное образование). - ISBN 978-5-91003-043-9

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3 ЗНАКОМСТВО С ХИМИЧЕСКИМ И ГАЗОВЫМ СОСТАВОМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Тема (4): Классификация подземных вод по химическому составу.

Цель работы. Приобретение навыков по определению физических свойств подземных вод. В теоретическом обосновании приведены методические приемы определения и классификации физических свойств воды, оказывающих влияние на органолептические свойства воды

Теоретическая часть

Растворенные ионы и соли. В виде растворенных ионов и солей в природных водах найдено более половины всех известных в природе химических элементов. Число различных ионов, встречающихся в подземных водах, очень велико, но значительным распространением пользуется лишь немногие из них.

Основными законами в природных водах являются следующие шесть ионов, содержащие восемь элементов: хлор-ион Cl^- , Сульфат-ион SO_4^{2-} , гидрокарбонат-ион HCO_3^- ; ион натрия Na^+ , ион кальция Ca^{2+} ; ион магния Mg^{2+} . Главные компоненты называют макрокомпонентами.

По количественному содержанию в состав воды первое место занимает почти всегда какой-нибудь из указанных трех анионов и какой-нибудь из указанных трех катионов. Обычно в пресных водах преобладают HCO_3^- и Ca^{2+} , в соленых – Cl^- и Na^+ .

Помимо указанных шести ионов также большое распространение имеют карбонат-ион CO_3^{2-} , ион калия K^+ , ионы железа Fe^{2+} и Fe^{3+} и некоторые другие. Однако все эти ионы встречаются обычно в количествах, в десятки и сотни раз меньших, чем содержание шести главных ионов. Поэтому под ионно-солевым составом воды часто понимают только содержание этих шести ионов и пренебрегают остальными (натрий обычно суммируется с калием).

Ионы, содержащиеся в водах в относительно очень небольших и ничтожных количествах, например, бром Br^- , йод I^- , стронций Sr^{2+} , литий Li^+ и множество других, называют *микроэлементами* или *микрокомпонентами*.

Особое значение имеют ионы водорода H^+ и гидроксидионы OH^- т.е. диссоциированная часть молекул самой воды. Количественное содержание их ничтожно, но химическое влияние очень велико.

Все упомянутые компоненты находятся в водах в состоянии истинных растворов. Химический анализ вод дает сведения о наличии в них отдельных ионов, но не позволяет судить о том, присутствуют ли эти ионы в свободной форме или же в виде молекул солей и каких-либо других компонентов.

Кроме веществ, находящихся в состоянии истинных растворов, в некоторых водах присутствуют и растворенные коллоиды. В состоянии коллоидных растворов в природных водах обычно находятся кремнезем, глинозем, гидроокислы железа. Среди коллоидов имеются и органические вещества (другая часть органических компонентов присутствует в виде ионов).

Количественное содержание и значение коллоидов в подземных водах по сравнению с растворенным ионно-солевым комплексом невелико, поэтому при анализе и классификации вод коллоидами обычно пренебрегают.

Суммарное содержание в воде растворенных ионов, солей и коллоидов называют минерализацией воды, или общей минерализацией (в величину минерализации не входят растворенные газы, а также взвешенные вещества).

По величине минерализации выделяют следующие классы вод:

- пресные (с минерализацией до 1 г/дм^3);
- солоноватые или слабоминерализованные ($1 - 10 \text{ г/дм}^3$);

- соленые или минерализованные ($10 - 50 \text{ г/дм}^3$);
- рассолы ($50 - 500 \text{ г/дм}^3$).

Растворенные газы. Содержание и состав растворенных в воде газов имеют для гидрогеологии нефтяных и газовых месторождений не меньшее значение, чем содержание и состав растворенных ионов и солей.

Растворенные газы находятся в каждой подземной воде. Состав газовых компонентов вод гораздо менее разнообразен, чем ионно-солевой состав.

Основное значение в подземных водах имеют следующие три газа: азот N_2 , двуокись углерода (углекислый газ) CO_2 , метан CH_4 . Почти всегда количественно преобладает один из этих газов либо два в разных сочетаниях.

Кроме трех главных газов значительно распространены в подземных водах кислород O_2 , сероводород H_2S , аргон Ar , этан C_2H_6 , пропан C_3H_8 , бутан C_4H_{10} . Этан, пропан и бутаны, т.е. углеводородные газы более тяжелые, чем метан, обычно связаны с нефтеносными отложениями. В незначительных количествах встречается гелий He , имеющий, однако, специфическое значение.

Газы находятся в виде молекулярных растворов. Но между газовыми и ионно-солевыми компонентами природных вод могут быть взаимопереходы и взаимообмен. Так, двуокись углерода и гидрокарбонатные и карбонатные ионы образуют в водах равновесные системы. Подобные же системы образуют сероводород и гидросульфид-ион SH^- .

Количество каждого растворенного газа в воде выражается в объемных единицах — $\text{дм}^3/\text{дм}^3$. Общая газонасыщенность (величина, соответствующая общей минерализации) воды представляет сумму объемов всех растворенных в данной воде газов.

Упругость (давление насыщения) растворенного газа ($\alpha \text{ кгс/см}^2$) равна объему растворенного газа, деленному на коэффициент растворимости данного газа, зависящий от минерализации воды и температуры (примерно до 100°C — обратная зависимость, выше 100°C — прямая).

Оборудование и материалы. Таблицы химических анализов природных вод, выраженные в весовой или эквивалентной формах.

Задания

Этилен — бесцветный газ, почти без запаха, немного легче воздуха, плохо растворим в воде. В лаборатории этилен получают нагреванием этилового спирта с концентрированной серной кислотой.

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭТИЛЕНА

Взаимодействие: с водой, водородом, хлороводородом, бромом, реакции горения, полимеризации, окисления

1. Геология : учебник / А. М. Гальперин, В. С. Зайцев, Г. Н. Харитоненко, Ю. А. Норватов, Ч. З, Гидрогеология. - М. : Мир горной книги : МГГУ : Горная книга, 2009. - 400 с. : ил. - (Горное образование). - ISBN 978-5-91003-043-9
2. Экологическая гидрогеология : учебник для вузов / А. П. Белоусова [и др.]. - Москва : Академкнига, 2007. - 397 с. : ил., табл. - Библиогр. в тексте. - ISBN 978-5-94628-317-5
3. Кирюхин, В. А. Общая гидрогеология : учебник / В. А. Кирюхин ; СПб. гос. горный ин-т. - СПб., 2008. - 439 с. : ил. - Библиогр.: с. 434-436. - ISBN 978-5-94211-330-8

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ХИМИЧЕСКИХ АНАЛИЗОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Тема (5): Изображение химического состава подземных вод.

Цель работы. Приобретение навыков по обработке результатов химического анализа подземных вод. В теоретическом обосновании приведена методика представления состава подземных вод в различных формах (весовой, эквивалентной и процент – эквивалентной) и характеристика наиболее значимых химических свойств воды.

Теоретическая часть

Под *химическим анализом воды* понимают процесс определения состава растворенных в воде веществ и, зачастую, сами результаты этого анализа. Количество растворенных веществ и их соотношение позволяют сопоставить, классифицировать и судить об истории природных вод, возможности использования их в качестве полезного ископаемого. Кроме того, содержание некоторых элементов служат поисковыми признаками при поисках ряда полезных ископаемых.

В природных водах найдено более 50 химических элементов, встречающихся в виде ионов, недиссоциированных молекул и коллоидов. Но значительное распространение имеют только некоторые элементы.

Главными в природных водах являются шесть ионов, содержащих восемь элементов: среди них три аниона – хлор (Cl^-), сульфат (SO_4^{2-}) и гидрокарбонат (HCO_3^-) и три катиона – натрий (Na^+), кальций (Ca^{2+}) и магний (Mg^{2+}). Помимо шести главных ионов большое распространение имеют карбонат-ион (CO_3^{2-}), ион калия (K^+) и ион аммония (NH_4^+). Главные компоненты называют *макрокомпонентами*.

Остальные компоненты встречаются в ничтожных количествах и называются *микрокомпонентами*. Из числа микрокомпонентов наиболее известны ионы брома (Br^-), йода (I^-), лития (Li^+), стронция (Sr^{2+}).

Суммарное содержание в воде растворенных ионов, солей и коллоидов называется *минерализацией* воды (в минерализацию не входят растворенные газы и взвешенные вещества). Минерализация выражается в граммах (или миллиграммах) на кубический дециметр, г/дм^3 .

По величине минерализации (М) выделяются следующие классы вод: пресные (М до 1 г/дм^3); солоноватые или слабоминерализованные (1-10

г/дм³); соленые или минерализованные (10-50 г/дм³); рассолы (более 50 г/дм³).

Химический анализ вод проводят для определения химического состава, оценки их полезных и вредных свойств. Различают общий, специальный, санитарный, бальнеологический, технический виды анализов.

В процессе проведения химического анализа вод определяют в них содержание ионов. Концентрации ионов выражают в весовой, эквивалентной и процент - эквивалентной формах.

Весовая (ионная) форма наиболее употребляема, она является исходной для получения других форм выражения химического состава воды. Содержание отдельных ионов выражается в г/дм³ (мг/дм³). Весовая форма не применяется для газов и коллоидов.

Использование *эквивалентной формы* основано на том, что ионы взаимодействуют между собой не в весовых количествах, а в количествах, зависящих от их веса и валентности.

Для перехода от весовой ионной формы к эквивалентной необходимо содержание иона, выраженное в г/дм³ (мг/дм³), разделить на величину эквивалента данного иона. Эквивалентом (эквивалентным весом) называется частное от деления ионного веса на валентность (таблица 9).

Таблица 9 – Эквиваленты некоторых ионов

Ион	Эквивалент	Ион	Эквивалент
Ca ²⁺	20,0	Cl ⁻	35,5
Mg ²⁺	12,2	SO ₄ ²⁻	48,0
Na ⁺	23,0	HCO ₃	61,0
K ⁺	39,1	CO ₃ ²⁻	30,5
NH ₄ ⁺	18,0		

Если содержание какого-либо иона выражается в эквивалентной форме, то перед химическим символом иона ставят букву г, например $гNa^{+}$.

Если все анионы и катионы выражаются в эквивалентной форме, то сумма анионов ($\sum r_a$) всегда должна быть равна сумме катионов ($\sum r_k$) (1):

$$\sum r_a = \sum r_k \quad (1)$$

Используя это равенство, можно определять содержание одного из главных ионов, если известно содержание пяти остальных главных ионов. Именно так и определяется содержание $Na^{+}+K^{+}$.

Процент-эквивалентная форма получается из эквивалентной формы. Она показывает относительную долю данного иона в общей сумме растворенных ионов в воде. Общая сумма всех ионов, взятых в эквивалентной форме, приравнивается 100 % (2):

$$\sum r_a + \sum r_k = \sum r = 100 \% \text{ экв.} \quad (2)$$

Сумма всех анионов равна сумме всех катионов и составляет 50 % экв (3):

$$\sum r_a = \sum r_k = 50 \% \text{ экв.} \quad (3)$$

Содержание каждого иона выражают в процентах от суммы всех ионов. Это и будет процент-эквивалентная форма изображения химического состава воды.

Обычно результаты химического анализа природных вод представляют в виде таблиц, где параллельно приведены весовая, эквивалентная и процент-эквивалентная формы. Кроме того, указывают дату и условия отбора пробы, физические и химические свойства воды. Пример представления результатов химического анализа воды приведён в таблице 10.

К химическим свойствам воды относятся щелочно-кислотные свойства и жесткость.

Щелочно-кислотные свойства воды определяются содержанием в воде водородных (H^+) и гидроксильных (OH^-) ионов. Кислотные свойства водного раствора определяются действием водородных ионов, а щелочные - гидроксильных. Поэтому количественно степень кислотности водной среды может быть охарактеризована концентрацией или активностью

иона

а степень его щелочности - концентрацией или активностью ионов OH^- . Общие кислотно-щелочные состояния водного раствора условно характеризуются концентрацией или активностью водородных ионов, выраженной величиной pH , которая равна – минус lgH^+ . При $pH = 7$ реакция нейтральная. В кислотной среде $pH < 7$, в щелочной $pH > 7$, pH подземных вод изменяется в пределах от 6 до 8,5.

Таблица 10 – Результаты химического анализа воды, отобранные на Краснодарском ПХГ

Химический анализ воды			
Анализ воды	№ 435		
Месторождение	Краснодарское ПХГ		
Номер скважины	15		
Интервал перфорации, м	1096-1108		
Возраст отложений	верхнемеловые К ₂		
Дата отбора	12.04.1977 г.		
Глубина отбора, м	1000		
Относительная плотность, d ₄ ²⁰	1,019		
pH	7		
	Формы выражения химического анализа воды		
	мг/дм ³	мг*экв/дм ³	%*экв
Катионы			
K ⁺ +Na ⁺	11053	480,56	49,51
NH ₄ ⁺	12	0,66	0,07
Ca ²⁺	31	1,53	0,16
Mg ²⁺	31	2,55	0,26
Анионы			
Cl ⁻	16502	465,5	47,96
SO ₄ ²⁻	29	0,60	0,06
CO ₃ ²⁻	отс.		
HCO ₃ ⁻	1171	19,2	1,98
Сумма ионов	28829	970,6	100
Микроэлементы мг/дм ³			
I ⁻	21,15		
Br ⁻	42,62		
Fe ³⁺	7,54		
Fe ²⁺	39,10		
Генетические коэффициенты*			
rNa/rCl		1,03	
r(Cl-Na)/rMg		-	
r(Na-Cl)/rSO ₄		25,1	
Генетический тип воды	Гидрокарбонатно-натриевый		
Температура, °C,	86		
Давление, МПа	7,63		

*Методика определения генетических типов подземных вод приведена в следующей лабораторной работе.

Окислительно-восстановительный потенциал Eh является мерой окислительно-восстановительной способности системы и может быть положительной (для процесса окисления) или отрицательной (для процесса восстановления)

Жесткость воды зависит от содержания ионов кальция (Ca²⁺) и магния (Mg²⁺). Различают общую, устранимую и постоянную жесткости. Общая жесткость равна сумме количеств кальция и магния. Устранимая – равна той части кальция и магния, которые выпадают в осадок при кипячении (они связаны с гидрокарбонатными ионами). Постоянная – равна разности между общей и устранимой жесткостями (это кальций и магний, связанные с хлорид- и сульфат-ионами).

Жесткость определяют и выражают по содержанию в воде калия и магния в ммоль/г или мг-экв/г.

Оборудование и материалы Исходными данными являются результаты химического анализа подземных вод.

Задания

1. Произвести пересчёт результатов химического анализа воды, представленных в таблице 6 из весовой в эквивалентную и процент-эквивалентную формы.

2. Охарактеризовать щелочно-кислотные свойства анализируемой пробы воды и определить её жёсткость.

Таблица 11 – Варианты заданий для выполнения лабораторной работы

Вариант	Месторазделение	Возраст отложения	Отн. пл. d_{20}^{20}	pH	Содержание ионов, мг/дм ³							Темпер., °C
					NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ²⁻	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	Малгобек-Вознесенское	K ₂	1,147	4,9	20	22144	1824	124264	318	отс.	37	31
2	Озек-Суат	J ₂	1,019	8,4	10	18	38	17158	78	168	872	27
3	Джебольшое	C ₁	1,135	5,2	отс.	1895	3702	141550	40	отс.	33	42
4	Мегионское	K ₁ пс	1,024	6,7	отс.	1551	30	14893	отс.	отс.	275	34
5	Селли	K ₂	1,020	8,3	18	27	11	17725	21	120	1049	35
6	Южно-Советское	K ₁ ар	1,004	7,2	отс.	40	119	2978	1743	отс.	323	37
7	Ленинградское	K ₂	1,024	8,0	22	36	39	21270	следы	48	878	42
8	Старогрозненское	K ₂	1,008	8,1	следы	9	13	7019	46	84	1135	49
9	Эхаби	P	1,001	5,7	отс.	5	3	624	1	отс.	1135	23
10	Войвожское	C ₁	1,123	7,2	отс.	1659	2834	99631	331	отс.	61	39
11	Небит-Даг	Q	1,016	8,6	27	14	6	14003	следы	216	488	19
12	Туймазинское	P ₁ ар	1,007	6,1	24	371	103	5944	56	отс.	1671	34
13	Западно-Сургутское	J	1,011	5,4	7	50	91	10281	следы	отс.	1013	47
14	Долинское	P	1,001	5,7	3	70	49	1702	74	отс.	842	29
15	Ачикулское	K ₁ пс	1,022	7,9	7	623	428	20815	403	отс.	73	53

Таблица 12 – Результаты обработки химического анализа подземных

Месторождение Возраст отложений Относительная плотность, d_{4}^{20} pH			
Температура, °C			
	Формы выражения химического анализа воды		
	мг/дм ³	мг*экв/дм ³	%*экв
Катионы			
K ⁺ +Na ⁺			
NH ₄ ⁺			
Ca ²⁺			
Mg ²⁺			
Анионы			
Cl ⁻			
SO ₄ ²⁻			
CO ₃ ²⁻ HCO ₃ ⁻			
Сумма ионов			
Микроэлементы мг/дм ³			
Г			
Br ⁻			
Fe ³⁺			
Fe ²⁺			
Генетические коэффициенты*			
rNa/rCl			
r(Cl-Na)/rMg			
r(Na-Cl)/rSO ₄			
Генетический тип воды			

Содержание отчета.

В отчете следует отразить: цель работы, краткое теоретическое обоснование, результаты пересчёта химического анализа воды в виде таблицы 12.

При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Перечислите главные ионы, содержащиеся в природных водах. Какие элементы являются макрокомпонентами и микроэлементами?

2. Какие классы подземных вод выделяются по величине минерализации?

3. Какие существуют формы выражения содержания ионов подземных вод? Каким образом производится пересчёт из одной формы в другую?

4. Что такое эквивалентный вес?

5. Охарактеризуйте наиболее значимые химические свойства воды.

Список литературы

1. Геология : учебник / А. М. Гальперин, В. С. Зайцев, Г. Н. Харитоненко, Ю. А. Норватов, Ч. 3, Гидрогеология. - М. : Мир горной книги : МГГУ : Горная книга, 2009. - 400 с. : ил. - (Горное образование). - ISBN 978-5-91003-043-9
4. Экологическая гидрогеология : учебник для вузов / А. П. Белоусова [и др.]. - Москва : Академкнига, 2007. - 397 с. : ил., табл. - Библиогр. в тексте. - ISBN 978-5-94628-317-5
5. Кирюхин, В. А. Общая гидрогеология : учебник / В. А. Кирюхин ; СПб. гос. горный ин-т. - СПб., 2008. - 439 с. : ил. - Библиогр.: с. 434-436. - ISBN 978-5-94211-330-8

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5 ОБРАБОТКА ГИДРОХИМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Тема (5): Изображение химического состава подземных вод.

Цель работы. изучение методики определения зон влияния нагнетательных скважин, доли нагнетаемой воды в продукции добывающих скважин и выявления сообщаемости отдельных зон продуктивного коллектора.

Теоретическая часть. В настоящее время большая часть нефти добывается из залежей с применением заводнения пластов. Гидрогеохимические наблюдения за заводнением нефтяных месторождений проводятся достаточно широко во всех нефтедобывающих районах. Получаемые данные о количестве внедряющейся воды, путях ее движения, скорости перемещения и другие подобные сведения представляют большую ценность и используются в комплексе мероприятий по регулированию процесса разработки.

При нагнетании воды в пласт необходимо знать пути ее внедрения в пределы контура нефтеносности, ширину зоны смешения, степень охвата залежи вытеснением, скорость продвижения воды по отдельным зонам и фронта вытеснения. Указанные сведения могут быть получены с помощью индикаторов – химических, радиоактивных и др. Однако использование их зачастую бывает связано определенными трудностями и большими затратами.

Одним из наиболее распространенных гидрогеохимических методов является – *метод смесей*. Индикатором служит сама закачиваемая вода, если она по составу существенно отличается от воды продуктивного горизонта. Данный метод позволяет определить долю нагнетаемой воды в смеси, что дает возможность проследить за распределением объемов нагнетаемых вод в заводненных частях залежи.

В основу метода смесей легли эксперименты по смешению вод. Для построения карт и расчетов использовались графики смешивания различных типов вод. В основу количественных оценок доли нагнетаемой воды в смесях положены зависимости только для тех ионов, которые не участвуют в процессе осадкообразования. Из всех ионов наиболее подходящим является хлор, который обычно не адсорбируется породой и легко определяется в ходе химического анализа.

Метод позволяет решать следующие задачи: рассчитать зоны влияния нагнетательных скважин; определить долю нагнетаемой воды в продукции добывающих скважин; устанавливать закономерности распределения нагнетаемых вод по отдельным направлениям и скорости перемещения фронта нагнетания; давать сравнительную качественную оценку коллекторских свойств пласта; выявить сообщаемость отдельных зон продуктивного коллектора; прогнозировать возможное осадкообразование при взаимодействии пластовых и закачиваемых вод.

Исходными данными служат данные экспериментов по смешиванию вод, а также получаемые на нефтепромыслах сведения о минерализации и составе пластовых вод, о текущем химическом составе вод по отдельным обводняющимся скважинам, интервалах работы добывающих и нагнетательных скважин, о времени нагнетания, объемах и химическом составе нагнетаемых вод

Оборудование и материалы. План расположения скважин. Структурная карта залежи с указанием границ ГВГ и ВНК, гидрогеохимические и гидрогеологические показатели пластовых вод по скважинам. Чертежные принадлежности, калькулятор.

Задания

1. Установить процентное содержание примеси нагнетаемой воды в извлекаемых смесях по формуле (А. М. Никаноров, Л. Н. Шалаев, 1969г.):
(5.1)

2. По результатам расчета составить таблицу по следующей форме:

Таблица 13 – Результаты расчетов текущего химического состава извлекаемых вод

Номер скважины	Начальное содержание Cl- в воде ($Cl_{нач}$), г/дм ³	Текущее содержание Cl- в воде ($Cl_{тек}$), г/дм ³	Содержание Cl- в нагнетаемой воде ($Cl_{нагн}$), г/дм ³	Примесь нагнетаемой воды R, %

3. Составить карту изменения содержания примеси нагнетаемой воды и выявить зоны влияния отдельных нагнетательных скважин, осветить равномерность распределения нагнетательных вод в заводненной части пласта.

Для выполнения работы рекомендуется использовать прилагаемые ниже варианты заданий и планы расположения скважин.

Содержание отчета. В отчете приводится цель работы, теоретическое обоснование, таблица результатов расчета текущего химического состава извлекаемых вод; карта изменения содержания примеси извлекаемой воды, мероприятия с целью обеспечения рациональной разработки залежи

При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Варианты заданий

Таблица 14 (к карте 1)

Номер скважины	Содержание нефти, %	Содержание воды, %	Начальное содержание СГ в воде ($C_{I_{нач}}$), г/дм ³	Содержание СГ в нагнетаемой воде ($C_{I_{нагн}}$), г/дм ³	Текущее содержание СГ в воде ($C_{I_{тек}}$), г/дм ³		
					Варианты		
					1	2	3
1	0	100	21,30	7,10	11,3	12,2	13,2
2	0	100	21,20	7,12	10,6	13,5	10,1
3	0	100	21,35	7,20	9,9	11,5	8,8
4	100	0	22,10	7,11			
5	0	100	21,12	7,18	11,1	11,2	11,6
6	100	0					
7	100	0					
8	0	100	21,45	7,19	10,1	7,5	8,9
9	100	0					
10	100	0					
11	100	0					
12	100	0					
13	100	0					
14	100	0					
15	0	100	21,33	7,23	11,1	13,3	7,5
16	0	100	21,45	7,10	14,2	9,4	8,5
17	0	100	21,23	7,12	8,5	9,2	9,5
18	0	100	21,37	7,13	10,6	10,1	11,5
19	0	100	21,41	7,14	14,9	18,4	11,9
20	0	100	21,28	7,20	9,6	14,2	9,8
21	0	100	21,29	7,21	15,6	11,5	9,6
22	0	100	21,25	7,13	11,3	17,2	11,2
23	0	100	21,25	7,16	17,0	13,5	12,2
24	0	100	21,23	7,10	12,5	13,1	14,6
25	0	100	21,30	7,15	8,5	9,0	10,5
26	0	100	21,32	7,12	17,0	8,8	11,1

Таблица 14 (к карте 2)

Номер скважины	Содержание нефти, %	Содержание воды, %	Начальное содержание Cl^- в воде ($\text{Cl}_{\text{нач}}$), г/дм ³	Содержание Cl^- в нагнет. воде ($\text{Cl}_{\text{нагн}}$), г/дм ³	Текущее содержание Cl^- в воде ($\text{Cl}_{\text{тек}}$), г/дм ³		
					Варианты		
					4	5	6
1	0	100	21,35	7,12	9,4	8,4	9,1
2	0	100	21,34	7,15	11,6	10,4	10,9
3	0	100	21,20	7,14	8,9	8,2	7,5
4	0	100	21,25	7,10	10,8	9,1	9,4
5	0	100	21,56	7,20	9,81	8,1	7,8
6	0	100	21,33	7,23	10,1	8,6	8,6
7	0	100	21,45	7,10	10,9	8,4	8,4
8	0	100	21,23	7,12	13,1	10,9	10,1
9	0	100	21,37	7,13	8,8	8,9	9,5
10	0	100	21,41	7,14	13,3	12,3	11,1
11	0	100	21,28	7,20	9,1	8,2	8,2
12	0	100	21,29	7,21	10,9	10,4	11,5
13	0	100	21,25	7,13	9,6	9,8	10,1
14	0	100	21,25	7,16	10,5	12,0	10,4
15	0	100	21,23	7,10	8,9	8,6	8,1
16	0	100	21,30	7,15	12,6	11,9	12,5
17	0	100	21,32	7,12	11,1	10,1	9,5
18	0	100	21,36	7,15	11,9	12,9	9,8
19	0	100	21,38	7,18	9,8	9,2	9,5
20	0	100	21,32	7,13	8,6	10,4	11,8
21	0	100	21,28	7,20	13,0	11,5	7,7
22	0	100	21,27	7,18	8,2	8,4	8,6
23	0	100	21,30	7,10	11,5	10,1	8,4
24	0	100	21,20	7,12	8,8	8,9	8,8
25	0	100	21,35	7,20	6,8	9,5	8,9
26	0	100	21,34	7,13	10,6	9,8	8,7

Таблица 15 (к карте 3)

Номер скважины	Содержание нефти, %	Содержание воды, %	Начальное содержание Cl^- в воде ($\text{Cl}_{\text{нач}}$), г/дм ³	Содержание Cl^- в нагнет. воде ($\text{Cl}_{\text{нагн}}$), г/дм ³	Текущее содержание Cl^- в воде ($\text{Cl}_{\text{тек}}$), г/дм ³		
					Варианты		
					7	8	9
1	0	100	21,23	7,12	18,2	16,0	16,3
2	0	100	21,37	7,13	18,3	17,0	17,7
3	0	100	21,41	7,14	16,9	16,3	16,4
4	0	100	21,28	7,20	15,2	15,3	15,5
5	0	100	21,29	7,21	13,9	13,0	13,2
6	0	100	21,25	7,13	12,6	12,1	12,2
7	0	100	21,25	7,16	14,7	13,6	13,8
8	0	100	21,23	7,10	15,4	14,5	14,6
9	0	100	21,30	7,15	16,0	15,0	15,2
10	0	100	21,32	7,12	14,0	12,5	12,3
11	0	100	21,36	7,15	13,3	13,0	13,2
12	0	100	21,38	7,18	12,5	12,1	12,2
13	0	100	21,32	7,13	11,1	10,6	10,8
14	0	100	21,28	7,20	11,2	10,9	10,9
15	0	100	21,35	7,12	11,9	11,1	10,5
16	0	100	21,34	7,15	12,3	11,3	11,6
17	0	100	21,20	7,14	9,8	9,2	9,2
18	0	100	21,25	7,10	9,5	8,8	8,9
19	0	100	21,56	7,20	10,1	9,6	9,2
20	0	100	21,33	7,23	8,5	8,1	7,8
21	0	100	21,45	7,10	8,4	8,4	7,9
22	0	100	21,34	7,13	8,9	8,1	7,9
23	100	0					
24	100	0					
25	100	0					
26	100	0					

Таблица 16 (к карте 4)

Номер скважины	Содержание нефти, %	Содержание воды, %	Начальное содержание Cl^- в воде ($\text{Cl}_{\text{нач}}$), г/дм ³	Содержание Cl^- в нагнет. воде ($\text{Cl}_{\text{нагн}}$), г/дм ³	Текущее содержание Cl^- в воде ($\text{Cl}_{\text{тек}}$), г/дм ³		
					Варианты		
					10	11	12
1	0	100	21,23	7,10	14,3	14,5	15,0
2	0	100	21,30	7,15	16,0	16,2	16,9
3	0	100	21,32	7,12	15,9	16,0	16,7
4	0	100	21,36	7,15	14,3	14,5	15,0
5	0	100	21,38	7,18	11,8	11,8	12,3
6	0	100	21,32	7,13	11,2	11,2	11,8
7	0	100	21,28	7,20	12,6	12,6	12,9
8	0	100	21,35	7,12	13,3	13,3	13,6
9	0	100	21,34	7,15	13,0	13,0	13,8
10	0	100	21,20	7,14	10,1	10,1	10,8
11	0	100	21,25	7,10	10,5	10,5	11,2
12	0	100	21,56	7,20	9,8	9,8	10,5
13	100	0					
14	100	0					
15	100	0					
16	100	0					
17	100	0					
18	0	100	21,33		12,9	13,2	13,8
19	0	100	21,45		13,2	13,3	13,9
20	0	100	21,34		11,5	11,8	12,2
21	0	100	21,41		9,5	9,8	10,2
22	0	100	21,28		10,9	11,1	11,8
23	0	100	21,29		9,6	9,8	10,1
24	0	100	21,25		10,5	10,8	10,9
25	0	100	21,25		10,1	10,4	10,8
26	100	0					

Содержание отчета В отчете следует отразить цель работы, привести расчеты текущего химического состава извлекаемых вод

При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Какие индикаторы используются в методе примесей?
2. Какие задачи решает метод примесей?
3. Пояснить методику расчета процентного содержания примеси.
4. Проанализировать результаты, представленные на карте и наметить мероприятия с целью обеспечения рациональной разработки залежи.

Список литературы

1. Геология : учебник / А. М . Гальперин, В. С. Зайцев, Г. Н. Харитоненко, Ю. А. Норватов, Ч. 3, Гидрогеология. - М. : Мир горной книги : МГГУ : Горная книга, 2009. - 400 с. : ил. - (Горное образование). - ISBN 978-5-91003-043-9
2. Экологическая гидрогеология : учебник для вузов / А. П. Белоусова [и др.]. - Москва : Академкнига, 2007. - 397 с. : ил., табл. - Библиогр. в тексте. - ISBN 978-5-94628-317-5
3. Кирюхин, В. А. Общая гидрогеология : учебник / В. А. Кирюхин ; СПб. гос. горный ин-т. - СПб., 2008. - 439 с. : ил. - Библиогр.: с. 434-436. - ISBN 978-5-94211-330-8

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПО ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ

Тема (4): Классификация подземных вод по химическому составу.

Цель работы Приобретение навык в по классифицированию природных вод по их составу. В теоретическом обосновании приведены наиболее часто используемые в нефтегазовой гидрогеологии классификации подземных вод.

Теоретическая часть

Существует много классификаций природных вод по их химическому составу, наиболее применяемы в нефтегазовой гидрогеологии классификации Н. И. Толстихина, В. А. Сулина, Ч. Пальмера.

В соответствии с классификацией *Н. И. Толстихина* все воды подразделены на три класса по преобладающему аниону на гидрокарбонатный, сульфатный и хлоридный. Внутри классов выделяются три подкласса (по преобладающему катиону): кальциевый, магниевый и натриевый.

Среди нефтяников широкое признание получила классификация *В. А. Сулина*. Воды подразделены на четыре типа по характерным соотношениям главных ионов, называемым генетическими коэффициентами (r_{Na^+/rCl^-} ; $r(Na^+-Cl^-)/rSO_4^{2-}$; $r(Cl^--Na^+)/rMg^{2+}$). С помощью этих коэффициентов выделены четыре генетических типа вод, характеристика которых приведена в таблице 17.

Таблица 17 – Генетические типы вод по В. А. Сулину

Тип воды	Коэффициенты		
	r_{Na^+/rCl^-}	$r(Na^+-Cl^-)/rSO_4^{2-}$	$r(Cl^--Na^+)/rMg^{2+}$
Сульфатно-натриевый	> 1	< 1	-
Гидрокарбонатно-натриевый	> 1	> 1	-
Хлоридно-магниевый	< 1	-	< 1
Хлоридно-кальциевый	< 1	-	> 1

Генетическими типами воды они называются потому, что приблизительно отвечают определенным обстановкам формирования и существования природных вод.

Воды сульфатно-натриевого типа характерны для зон раскрытого залегания пластов. Рассолы хлоридно-кальциевого типа обычно встречаются в глубоких горизонтах, в обстановке застойности или затрудненного водообмена. Воды гидрокарбонатно-натриевого типа малой минерализации известны в областях раскрытого залегания пород, а при высокой минерализации с повышенной хлоридностью - в глубоких горизонтах с затрудненным водообменом. Хлоридно-магниевый тип характерен для морских вод, а также появляется при смешивании вод хлоридно-кальциевого и гидрокарбонатно-натриевого типов.

В соответствии с классификацией *Ч Пальмера* выделяются шесть солевых групп: три солености и три щелочности:

1. Первая соленость S_1 - соли сильных оснований и сильных кислот (хлорид и сульфат натрия);

2. Вторая соленость S_2 - соли щелочноземельных металлов и сильных кислот (хлориды и сульфаты натрия и магния). Вторая соленость соответствует постоянной жесткости;

3. Третья соленость S_3 - получается при соединении сильных кислот и очень слабых катионов (хлориды и сульфаты алюминия, железа, свободные соляная и серная кислоты);

4. Первая щелочность A_1 - соли щелочных металлов и слабых кислот (наличие пищевой соды NaHCO_3);

5. Вторая щелочность A_2 - соли щелочноземельных металлов и слабых кислот (гидрокарбонаты кальция и магния);

6. Третья щелочность A_3 - соединение слабых кислот с трехвалентными катионами.

Если обозначить через: a - сильные основания ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$); b - основания ($\text{Ca}^{+} + \text{Mg}^{+}$); m - сильные кислоты ($\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^{2-}$); выраженные в процент - эквивалентной форме, то выделяются следующие классы вод по Пальмеру:

I - ($m < a$) - вода содержит A_1 , S_1 и возможно A_2 и A_3 . Это щелочные, мягкие воды;

II - ($m = a$) - вода обязательно содержит S_1 и возможно A_2 и A_3 . Практически не встречаются.

III - ($a < m < (a+b)$) - вода обязательно содержит S_1 , S_2 , A_2 и возможно и A_3 . Это жесткие воды.

IV - ($m = a+b$ и $m < a+b$) - вода обязательно содержит S_1 , S_2 и возможно и A_3 . Практически не встречаются.

V - ($m > a+b$) - вода обязательно содержит S_1 , S_2 , S_3 и возможно A_3 . Это кислые воды.

Для классифицирования подземных вод в соответствии с классификацией Ч. Пальмера производят расчёты $A_1, A_2, A_3, S_1, S_2, S_3, a, b, m$ и определяют в соответствии с вышеприведёнными неравенствами и наличием (отсутствием) соответствующих групп солености и щёлочности классы вод.

Достоинством характеристики Пальмера является отображение важнейших химических свойств воды (щелочность, жесткость, кислотность). Главными недостатками данной классификации являются объединение воды различной минерализации и объединение в одну группу компонентов, имеющих различную геохимическую обстановку формирования.

Для изображения химического состава вод используют *формулу М.Г. Курлова*. Она представляет собой ложную дробь, где в числителе указывают содержание анионов, а в знаменателе – содержание катионов в процент-эквивалентной форме. Перед чертой отмечают важнейшие компоненты газового состава и величину минерализации в г/дм³, после черты фиксируют температуру в °С:

$$M \frac{29 \text{ } C_{11} 16,5 HCO_3}{6 (Na + K) 11}$$

Оборудование и материалы. Исходными данными являются результаты пересчёта данных химического анализа подземных вод, выполненные в лабораторной работе 2.

Задания

1. Определить генетический тип воды по классификации В. А. Сулина
2. Определить классы вод по классификации Н. И. Толстихина
3. Определить классы вод по классификации Ч. Пальмера.

Содержание отчета. В отчете следует отразить: цель работы, краткое теоретическое обоснование, результаты классифицирования. При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют классификации вод по химическому составу?
2. Каким образом классифицируются воды по классификации Н.И. Толстихина?
3. Каким образом классифицируются воды по классификации В.А. Сулина?
3. Каким образом классифицируются воды по классификации Ч. Пальмера? Каковы достоинства и недостатки этой классификации?

Список литературы

1. Геология : учебник / А. М . Гальперин, В. С. Зайцев, Г. Н. Харитоненко, Ю. А. Норватов, Ч. 3, Гидрогеология. - М. : Мир горной книги : МГГУ : Горная книга, 2009. - 400 с. : ил. - (Горное образование). - ISBN 978-5-91003-043-9

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7 ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ХИМИЧЕСКИХ АНАЛИЗОВ

Тема (5): Изображение химического состава подземных вод.

Цель работы. Приобретение навыков по графическому представлению их состава. В теоретическом обосновании приведены наиболее часто используемые в нефтегазовой гидрогеологии графические изображения классификации вод для наглядного представления результатов их химического состава.

Теоретическая часть

Графическое изображение состава вод применяют для наглядности: оно полезно для быстрого сравнения состава различных вод, для изображения на картах, планах, разрезах.

График-круг Н. И. Толстихина, представленный на рисунке 1, изображает состав воды в процент-эквивалентной форме. Минерализация воды фиксируется возле круга или соответствует радиусу круга в определенном масштабе.

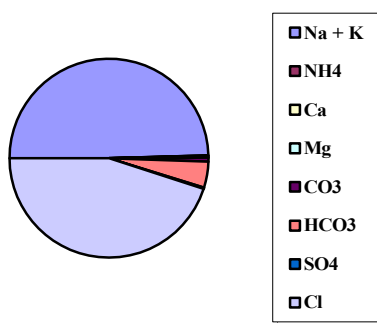


Рисунок 1 – Представление состава воды в виде графика – круга Н. И. Толстихина

В верхней полуплоскости слева на право изображается процент-эквивалентное содержание катионов в следующем порядке: $\text{Na}^+ + \text{K}^+$; Mg^{2+} ; Ca^{2+} . В нижней полуплоскости так же слева на право изображаются анионы: Cl^- ; SO_4^{2-} ; HCO_3^- .

График-квадрат В. А. Сулина отображает четыре генетических типа вод: гидрокарбонатно-натриевый, сульфатно-натриевый, хлоридно-магниевый, хлоридно-кальциевый. Воды с коэффициентом $r(\text{Na}+\text{K})/r\text{Cl}=1$ попадает в центр графика; в нижнем квадрате размещаются воды континентальной обстановки ($r(\text{Na}+\text{K})/r\text{Cl}>1$); в верхнем – воды морской и глубинной обстановок ($r(\text{Na}+\text{K})/r\text{Cl}<1$).

Построение графика производится по следующей схеме: в прямоугольной системе координат, по оси ординат в процентах откладывается значение $(\text{Cl} - (\text{Na}+\text{K}))$ - вверх, вниз – $((\text{Na}+\text{K}) - \text{Cl})$. вправо по оси абсцисс от нуля откладывается величина значения Mg , влево – SO_4 . Предельные значения каждой величины 50 %. Из конечных точек абсцисс и ординат проводят линии перпендикулярные им, образуя два квадрата. Диагональ делит график на четыре треугольника в соответствии с выделенными генетическими типами воды: 1 – хлоридно-кальциевый (верхний слева); 2 – хлоридно-магниевый (верхний справа); 3 – сульфатно-натриевый (нижний слева); 4 – гидрокарбонатно-натриевый (нижний справа).

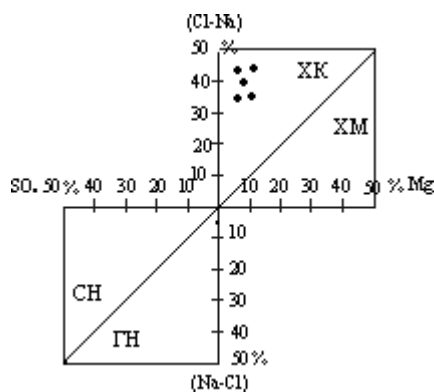


Рисунок 2 – Представление состава воды в виде графика – квадрата В.А. Сулина: генетические типы: XK – хлоридно-кальциевый, XM – хлоридно-магниевый, CH – сульфатно-натриевый, ГН – гидрокарбонатно-натриевый.

Оборудование и материалы. Исходными данными являются результаты пересчёта данных химического анализа подземных вод, выполненные в лабораторной работе 2.

Задания

1. Изобразить химический состав воды в виде формулы М.Г. Курлова,
2. Графика-круга Н.И. Толстихина
3. Графика-квадрата В.А. Сулина.

Содержание отчета. В отчете следует отразить: цель работы, краткое теоретическое обоснование, произвести графическое изображение химического состава подземных вод.

При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Какие способы используются для наглядного изображения химического состава вод?

Список литературы

1. Геология : учебник / А. М . Гальперин, В. С. Зайцев, Г. Н. Харитоненко, Ю. А. Норватов, Ч. 3, Гидрогеология. - М. : Мир горной книги : МГГУ : Горная книга, 2009. - 400 с. : ил. - (Горное образование). - ISBN 978-5-91003-043-9
2. Экологическая гидрогеология : учебник для вузов / А. П. Белоусова [и др.]. - Москва : Академкнига, 2007. - 397 с. : ил., табл. - Библиогр. в тексте. - ISBN 978-5-94628-317-5
3. Кирюхин, В. А. Общая гидрогеология : учебник / В. А. Кирюхин ; СПб. гос. горный ин-т. - СПб., 2008. - 439 с. : ил. - Библиогр.: с. 434-436. - ISBN 978-5-94211-330-8

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8

СОСТАВЛЕНИЕ И АНАЛИЗ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ КАРТ

Тема (5): Изображение химического состава подземных вод.

Цель работы. Приобретение навыков по построению и анализу гидрогеохимических карт. В теоретическом обосновании приведена характеристика наиболее часто используемых в нефтегазовой гидрогеологии гидрогеохимических карт.

Теоретическая часть

Гидрохимические карты, характеризующие изменение химического состава подземных вод по площади, необходимы при детальном изучении гидрогеологии месторождений полезных ископаемых, в том числе нефтяных и газовых. Такие карты могут строиться как для отдельных водоносных горизонтов, так и для крупных стратиграфических единиц (ярусов, отделов и т.д.).

Масштабы гидрохимических карт могут быть различными, в зависимости от целей, для которых эти карты строятся, и объема фактического материала. Карты мелкомасштабные обычно составляются для крупных регионов и показывают общие закономерности изменения типов вод и их минерализации. На таких картах отмечают области питания и разгрузки, стрелками – направления возможного движения подземных вод. На некоторых картах условными обозначениями могут быть показаны литологические особенности водовмещающих пород и установлено влияние их на изменение минерализации вод.

С целью выяснения пространственного распространения типов вод в различных комплексах пород, слагающих разрез региона, может быть построена серия карт по различным стратиграфическим интервалам от современных до наиболее древних.

Основой для построения гидрохимических карт обычно являются тектонические схемы или структурные карты, с нанесенными на них данными об изменениях литологического состава водовмещающих пород. Минерализация вод на гидрохимических картах показывается *изоминерами* - изолиниями, соединяющими точки с равной минерализацией (выражаемой чаще всего в мг/дм³, г/дм³ или мгэкв/дм³).

Кроме карт минерализации строятся карты содержания отдельных компонентов (как макро, так и микрокомпонентов), например, ионов

хлора, сульфатов, йода, брома. Содержание макрокомпонентов часто берется в эквивалентной форме, а микрокомпонентов – в весовой. На гидрохимических картах могут выделяться зоны распространения вод различного состава и типа.

Гидрохимические карты крупного масштаба составляются для отдельных участков водоносных горизонтов, обычно содержащих залежи полезных ископаемых. Они также составляются на основе структурных карт, на которых отмечается положение разрывных нарушений. Воды участков распространения полезных ископаемых обычно имеют характерный химический состав, поэтому на картах указывают зоны гидрохимических аномалий по ассоциации компонентов, положенных в основу выделения перспективных территорий.

Например, если нефтяные и газовые залежи приурочены к антиклинальным поднятиям, то часто наблюдается понижение минерализации вод от этих поднятий в сторону прогибов. При этом в водах, окружающих залежи, отмечается более высокое содержание хлоридов, чем в водах периферийных участков. Аналогичные изменения могут наблюдаться и в тех случаях, когда залежи приурочены к зонам выклинивания или связаны с тектоническими нарушениями. Указанные изменения минерализации и метаморфизации вод в приведенных случаях объясняются тем, что участки залежей характеризуются застойными гидрогеологическими условиями.

Перед построением карт анализируется весь фактический материал, причем используются только вполне достоверные анализы вод.

Гидрохимические карты необходимы при решении вопросов формирования состава подземных вод, при составлении карт прогнозов территорий в отношении наличия месторождений полезных ископаемых, для контроля за разработкой месторождений полезных ископаемых и др.

Оборудование и материалы. Исходными данными являются координаты положения устья скважин и данные, характеризующие величины минерализаций и генетических коэффициентов подземных вод вскрытого водоносного горизонта (таблица 18).

Задания

На основу (в масштабе 1 : 10000) по координатам нанести положение устья скважин.

Провести на схеме линии равной минерализации вод (в мг·экв/дм³) и значения натрий-хлорного коэффициента ($r_{Na/rCl}$).

Выделить на карте зоны преимущественного распространения различных типов вод по В. А. Сулину, используя приведенные в таблицах варианты значения генетических коэффициентов.

Таблица 18 – Варианты заданий для выполнения лабораторной работы 8

вариант 1

Номер скважины	X	Y	Минерализация, мг*экв/дм ³	rNa ⁺ /rCl ⁻	(rCl ⁻ -rNa ⁺)/rMg ²⁺	(rNa ⁺ -rCl ⁻)/rSO ₄ ²⁻
1	40	500	860	0,88	1,21	-
2	120	1330	596	0,95	1,11	-
3	320	42	598	0,99	1,56	-
4	520	710	1054	0,84	2,50	-
5	240	1040	830	0,87	3,12	-
6	680	500	815	0,88	2,31	-
7	1040	125	482	1,27	-	1,41
8	1040	1370	690	0,79	3,39	-
9	1160	1000	846	0,86	2,78	-
10	1400	880	790	0,78	2,92	-
11	1360	83	611	0,99	1,17	-
12	1600	670	820	0,89	3,46	-
13	1720	100	795	0,80	4,15	-
14	1950	330	540	1,15	-	3,25
15	1870	420	605	0,95	1,37	-

вариант 2

Номер скважины	X	Y	Минерализация, мг*экв/дм ³	rNa ⁺ /rCl ⁻	(rCl ⁻ -rNa ⁺)/rMg ²⁺	(rNa ⁺ -rCl ⁻)/rSO ₄ ²⁻
1	116	77	430	1,30	-	1,75
2	116	1080	380	1,26	-	1,54
3	384	538	720	0,79	2,30	-
4	451	269	512	0,98	1,94	-
5	500	808	460	0,99	1,32	-
6	538	1308	310	1,79	-	3,66
7	769	1115	240	1,38	-	2,59
8	1000	654	550	0,80	1,83	-
9	925	154	342	1,42	-	4,15
10	1190	538	470	1,02	-	1,96
11	1230	845	430	1,01	-	1,42
12	1500	1230	93	1,83	-	5,16
13	1885	885	290	2,90	-	3,77
14	1770	232	110	1,45	-	2,83

вариант 3

Номер скважины	X	Y	Минерализация, мг*экв/дм3	rNa^+/rCl^-	$(rCl^- - rNa^+)/rMg^{2+}$	$(rNa^+ - rCl^-)/rSO_4^{2-}$
1	38	1155	638	0,88	1,21	-
2	77	116	287	2,36	-	3,15
3	384	693	560	0,98	2,30	-
4	538	1309	648	0,89	3,70	-
5	576	232	371	1,71	-	4,56
6	845	1155	765	0,90	2,15	-
7	925	769	640	0,81	2,38	-
8	1155	116	520	1,03	-	1,96
9	1345	615	705	0,80	1,78	-
10	1423	1000	810	0,79	4,20	-
11	1770	1309	630	0,82	1,54	-
12	1885	154	646	0,79	3,25	-
13	1965	576	725	0,78	2,41	-
14	654	500	505	1,14	-	8,26
15	576	1000	371	1,71	-	4,58

вариант 4

Номер скважины	X	Y	Минерализация, мг*экв/дм3	rNa^+/rCl^-	$(rCl^- - rNa^+)/rMg^{2+}$	$(rNa^+ - rCl^-)/rSO_4^{2-}$
1	116	693	112	1,46	-	1,15
2	116	1115	93	1,11	-	0,78
3	693	154	129	3,15	-	1,89
4	615	730	94	1,19	-	0,90
5	693	154	122	2,88	-	2,60
6	845	1309	65	2,46	-	0,38
7	691	730	97	1,38	-	0,99
8	1191	961	72	1,96	-	0,25
9	1385	77	107	2,25	-	4,10
10	1460	500	87	1,25	-	1.11
11	1460	923	68	2,02	-	0,55
12	1575	1270	47	2,91	-	0,49
13	1961	923	96	1,36	-	0,91
14	2000	232	136	2,17	-	1,62
15	1770	693	97	1,15	-	1.10

вариант 5

Номер скважины	X	Y	Минерализация, мг*экв/дм3	rNa ⁺ /rCl ⁻	(rCl ⁻ -rNa ⁺)/rMg ²⁺	(rNa ⁺ -rCl ⁻)/rSO ₄ ²⁻
1	77	77	202	1,01	-	1,95
2	192	615	615	0,82	1,56	-
3	154	1270	200	1,03	-	1,88
4	615	346	298	0,98	1,44	
5	693	77	81	1,36	-	1,62
6	730	1155	240	1,02	-	1,94
7	769	654	503	0,89	1,65	-
8	1000	423	336	0,99	1,21	-
9	1190	925	299	0,96	1,15	-
10	1255	38	132	1,25	-	1,58
11	1385	1308	50	2,61	-	1,71
12	1538	500	352	1,73		1,98
13	1965	1121	62	2,17	-	2,69
14	1965	134	196	1,15	-	2,46
15	2040	615	160	1,29	-	2,55

вариант 6

Номер скважины	X	Y	Минерализация, мг*экв/дм3	rNa ⁺ /rCl ⁻	(rCl ⁻ -rNa ⁺)/rMg ²⁺	(rNa ⁺ -rCl ⁻)/rSO ₄ ²⁻
1	77	232	1003	0,81	0,42	-
2	115	1190	991	0,84	1,32	-
3	154	615	995	0,83	1,25	-
4	500	615	1191	0,81	1,17	-
5	615	769	1223	0,80	1,72	-
6	693	115	1136	0,79	1,59	-
7	730	1308	732	0,94	1,28	-
8	1000	346	1355	0,78	2,46	-
9	1230	1080	590 '	1,01	-	1,31
10	1308	654	870	0,89	2,97	
11	1460	38	1196	0,81	0,79	-
12	1460	925	582	0,99	1,40	
13	1848	730	650	1,02	-	1,71
14	1848	1230	252	1,64	-	3,15
15	1965	192	1178	0,78	2,51	-

вариант 7

Номер скважины	X	Y	Минерализация, мг*экв/дм ³	rNa ⁺ /rCl ⁻	(rCl ⁻ -rNa ⁺)/rMg ²⁺	(rNa ⁺ -rCl ⁻)/rSO ₄ ²⁻
1	77	1270	583	0,89	2.15	-
2	115	654	1043	0,90	2,34	-
3	269	269	1310	0,91	1.96	-
4	576	925	951	0,92	1,89	-
5	693	1308	706	0,99	0,94	-
6	885	615	1112	0,94	1.71	-
7	960	1080	900	0,96	1.01	-
8	960	77	1029	0,90	1,66	-
9	1308	769	989	0,97	0.95	-
10	1385	384	955	0,97	1.05	-
11	1385	77	894	0,98	0.91	-
12	1423	1345	787	0,95	0,72	-
13	1885	693	800	0,92	0,64	-
14	1810	269	791	0,97	0,69	-
15	1885	1270	765	0,94	0.56	-

вариант 8

Номер скважины	X	Y	Минерализация, мг*экв/дм ³	rNa ⁺ /rCl ⁻	(rCl ⁻ -rNa ⁺)/rMg ²⁺	(rNa ⁺ -rCl ⁻)/rSO ₄ ²⁻
1	38	500	500	1,40	-	1,25
2	38	1270	490	1,56		1,42
3	269	77	698	0,98	1,15	-
4	384	451	740	0,99	1,21	-
5	451	885	750	1,01	-	1,34
6	654	38	955	0,89	1,54	-
7	845	451	1003	0,87	1,72	-
8	960	1308	445	1,46	-	1,96
9	1460	845	650	0,99	1,83	-
10	1306	38	1315	0,79	1,99	-
11	1500	451	985	0,88	1,58	-
12	1731	1270	289	1,65	-	2,15
13	1921	885	646	1,01	-	2,31
14	1921	115	1330	0,78	1,89	
15	885	925	700	1,01	-	1,44

вариант 9

Номер скважины	X	Y	Минерализация, мг*экв/дм ³	rNa ⁺ /rCl ⁻	(rCl ⁻ -rNa ⁺)/rMg ²⁺	(rNa ⁺ -rCl ⁻)/rSO ₄ ²⁻
1	38	693	404	1,71	-	1,50
2	116	154	430	1,56	-	1,39
3	193	1000	435	1,59	-	1,86
4	451	154	305	1,13	-	0,99
5	654	654	285	1,15	-	1,03
6	769	1230	460	1,31	-	1,65
7	1000	384	184	1,29	-	0,54
8	1000	769	275	1,25	-	0,98
9	1155	1230	458	1,33	-	1,92
10	1345	885	320	1,30	-	0,97
11	1385	77	84	1,83	-	0,46
12	1500	1080	340	1,28	-	1,15
13	1575	451	153	1,41	-	0,45
14	1849	1230	295	1,17	—	1,02
14	1965	808	125	1,75	-	0,36

вариант 10

Номер скважины	X	Y	Минерализация, мг*экв/дм ³	rNa ⁺ /rCl ⁻	(rCl ⁻ -rNa ⁺)/rMg ²⁺	(rNa ⁺ -rCl ⁻)/rSO ₄ ²⁻
1	38	693	404	1,71	-	1,50
2	116	154	430	1,56	-	1,39
3	193	1000	435	1,59	-	1,86
4	451	154	305	1,13	-	0,99
5	654	654	285	1,15	-	1,03
6	769	1230	460	1,31	-	1,65
7	1000	384	184	1,29	-	0,54
8	1000	769	275	1,25	-	0,98
9	1155	1230	458	1,33	-	1,92
10	1345	885	320	1,30	-	0,97
11	1385	77	84	1,83	-	0,46
12	1500	1080	340	1,28	-	1,15
13	1575	451	153	1,41	-	0,45
14	1849	1230	295	1,17	—	1,02
14	1965	808	125	1,75	-	0,36

вариант 11

Номер скважины	X	Y	Минерализация, мг*экв/дм ³	rNa ⁺ /rCl ⁻	(rCl ⁻ -rNa ⁺)/rMg ²⁺	(rNa ⁺ -rCl ⁻)/rSO ₄ ²⁻
1	77	38	482	1,26	-	1,72
2	193	451	780	0,98	1,34	-
3	308	384	712	1,02	-	1,56
4	346	885	1010	0,78	2,71	-
5	384	1270	973	0,79	4,15	
6	654	538	806	0,88	3,69	-
7	1000	538	708	1,12	-	2,17
8	1080	1155	675	0,99	1.21	
9	1115	1000	581	1,15	-	3,01
10	1385	615	609	1,20	-	2,74
11	1500	116	371	1,84	-	6,32
12	1654	1080	805	0,97	1,39	-
13	1733	769	723	1,10	-	1,89
14	1849	1343	1017	0,86	2,13	-
15	1883	384	550	1,52	-	3,31

Контрольные вопросы

1. Для чего используются гидрогеохимические карты?
2. С какой целью производится построение мелкомасштабных карт?
Что на них изображается?
3. Что такое изоминеры?
4. С какой целью производится построение крупномасштабных карт?
Что на них изображается?

Список литературы

1. Геология : учебник / А. М . Гальперин, В. С. Зайцев, Г. Н. Харитоненко, Ю. А. Норватов, Ч. 3, Гидрогеология. - М. : Мир горной книги : МГГУ : Горная книга, 2009. - 400 с. : ил. - (Горное образование). - ISBN 978-5-91003-043-9
2. Экологическая гидрогеология : учебник для вузов / А. П. Белоусова [и др.]. - Москва : Академкнига, 2007. - 397 с. : ил., табл. - Библиогр. в тексте. - ISBN 978-5-94628-317-5
3. Кирюхин, В. А. Общая гидрогеология : учебник / В. А. Кирюхин ; СПб. гос. горный ин-т. - СПб., 2008. - 439 с. : ил. - Библиогр.: с. 434-436. - ISBN 978-5-94211-330-8

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9

СОСТАВЛЕНИЕ И АНАЛИЗ КАРТ ГИДРОГЕОИЗОГИПС

Тема (5): Изображение химического состава подземных вод.

Цель работы. Познакомиться с методикой построения карт гидроизогипис, изучить особенности равномерного движения подземных вод, научиться определять его элементы.

Теоретическая часть

Движение жидкости или газа в пористых или трещинно-пористых средах называется фильтрацией. Фильтрация жидкости обусловлена естественными или искусственными факторами. Естественные потоки вод могут осложняться искусственными (эксплуатация месторождений жидких и твердых полезных ископаемых, работа водозаборов подземных вод и др.).

Граница подземной гидросферы не совпадает с земной поверхностью, поэтому выделяют две зоны: зону аэрации и зону полного насыщения. В том случае, когда вода не полностью заполняет все поры породы, ее движение происходит в виде отдельных капелек и струек под действием силы тяжести. Такое движение называется свободным просачиванием или инфильтрацией. Зона, где происходит свободное просачивание, называется зоной аэрации – это буферный слой между атмосферой и подземной гидросферой, которая заполняется водами периодически.

В зоне полного насыщения, где гравитационные воды образуют водоносные горизонты, их фильтрация происходит под влиянием гидростатического давления, от мест с большим к местам с меньшим напором.

В гидродинамическом отношении эти зоны разделяют на воды напорные и безнапорные (грунтовые).

Грунтовые воды характеризуются следующими особенностями:

1. Область питания обычно совпадает с областью распространения;
2. Основные источники питания – атмосферные и конденсационные воды, реже нижезалегающие напорные;
3. В большинстве случаев поверхность грунтовых вод сообщается с атмосферой; она носит название свободной поверхности или «зеркало грунтовых вод»;
4. Грунтовые воды гидравлически связаны с поверхностными водотоками и водоемами (реками, озерами, заболоченными понижениями);

5. Режим грунтовых вод испытывает непосредственное влияние гидрометеорологических факторов, характеризуется сезонными колебаниями уровня, дебита и химического состава.

Характеристиками фильтрационного потока являются: направление движения потока, гидравлический уклон, скорость движения подземных вод и их расход.

Линии, соединяющие точки одинаковой величины напора подземных вод, называются линиями равного напора. Проекция этих линий на горизонтальную плоскость называются *гидроизопьезами* (в случае напорных вод). Линии, соединяющие одинаковые высоты поверхности (зеркала) грунтовых вод называются *гидроизогипсами* (для безнапорных вод).

Основным законом, которому подчиняется движение подземных вод, является закон Дарси. Следуя закону Дарси можно определить количество воды, проходящей через породу в единицу времени, которое будет прямо пропорционально площади поперечного сечения потока и величине напора, и обратно пропорционально длине пути фильтрации (4):

$$Q = k_{\phi} F \frac{\Delta H}{L}, \quad 4)$$

где Q – объемный расход фильтрующейся жидкости, м³/сут; k_{ϕ} – коэффициент фильтрации, который зависит от физических свойств породы и фильтрующейся жидкости, м/сут; F – площадь поперечного сечения потока, м²; ΔH – разность напоров в двух сечениях, м; L – расстояния между двумя сечениями, м.

Отношение $\Delta H/L$, характеризует величину падения напора на единицу длины фильтрации и называется напорным градиентом или гидравлическим напором I (5):

$$I = \frac{\Delta H}{L}, \quad 5)$$

С учётом зависимости (7) закон Дарси будет иметь следующий вид (6):

$$Q = k_{\phi} F I \quad 6)$$

Разделив обе части уравнения (8) на величину площади поперечного сечения потока F , определим скорость фильтрации (7):

$$v = \frac{Q}{F} = k_{\phi} I, \quad 7)$$

Следует отметить, что полученная скорость фильтрации является фиктивной величиной, так как площадь поперечного сечения потока F значительно меньше истинной площади фильтрации (вода движется по порам и трещинам породы). Чтобы получить среднее значение действительной v_u скорости движения подземных вод для данного участка, следует разделить скорость фильтрации v на коэффициент пористости m (8):

$$v_u = \frac{v}{m} \quad 8)$$

Кроме карт гидроизогипс строятся карты гидроизобат – карты глубин залегания поверхности грунтовых вод. Изобатами называют линии, соединяющие точки с одинаковыми глубинами залегания грунтовых вод (h).

Оборудование и материалы. Исходным материалом для выполнения работы являются значения абсолютных отметок залегания уровня грунтовых вод, а также характеристика коллектора, представленные в таблице 19;

Задания

1. Полученные при замерах глубины залегания уровня грунтовых вод пересчитайте на абсолютные отметки по формуле:

$$U_a = Al - h, \quad 9)$$

где U_a – абсолютная отметка уровня воды в данном пункте; Al абсолютная отметка поверхности земли в том же пункте; h – глубина залегания воды.

2. Вычисленные отметки уровня грунтовых вод нанесите на топографическую основу и методом интерполяций постройте гидроизогипсы. При построении соблюдайте следующие правила:

- а) не интерполируйте точки, расположенные по разные стороны поверхностных водотоков и водоемов;
- б) не проводите интерполяцию между группами скважин, расположенных далеко друг от друга.

3. Постройте карту гидроизогипс по данным скважин, пробуренных в аллювиальном пласте в виде квадратной сетки. Расстояние между скважинами 40 м. Масштаб 1:1000.

4. По карте гидроизогипс определить:

- Направление движения подземных вод;
- Значение напорного градиента (гидравлического уклона) (I) по формуле (5);
- Скорость фильтрации v подземного потока по формуле (7)
- Истинную скорость движения вод – v_u по зависимости (8)
- Области питания и дренирования грунтовых вод (заштриховать).
- Определить расход воды в пласте по формуле (6). Для определения Q выбирают сечение потока (створ) вкост направления движения, при этом учитывают толщину пласта.

Таблица 19 – Абсолютные отметки залегания уровня грунтовых вод

№ вар.	Сеч. изогипс	K _ф	m, % H, м	Номера скважин и абсолютные отметки залегания уровня грунтовых вод															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.	0,5	1,5	10/2	5,5	6,0	7,0	6,5	6,5	4,5	5,0	5,5	6,5	6,8	7,0	8,0	8,5	7,0	7,5	6,5
2.	0,1	3,5	15/2,5	7,0	6,8	6,7	6,6	6,8	6,6	6,2	6,3	6,6	6,3	5,9	6,0	6,2	6,1	6,0	5,9
3.	0,1	5,5	20/ 4	6,9	6,7	6,6	6,5	6,9	6,6	6,5	6,3	6,6	6,3	5,9	6,0	6,2	6,1	6,0	5,9
4.	0,5	4,5	10/1,5	5,0	6,5	5,5	4,5	6,0	7,5	6,5	5,5	7,0	8,0	7,0	6,0	8,0	9,0	9,5	8,0
5	0,1	2,5	25/2,6	5,9	6,0	6,1	6,2	6,0	5,9	6,3	6,6	6,3	6,5	6,6	6,9	6,5	6,6	6,7	6,9
6.	0,5	3,0	20/2,7	8,0	9,5	9,0	8,0	6,0	7,0	8,0	7,0	5,5	6,5	7,5	6,0	4,5	5,5	6,5	5,0
7.	0,5	1,5	20/3,5	6,5	7,5	7,0	8,5	8,0	7,0	6,8	6,5	5,5	5,0	4,5	5,5	6,5	7,0	6,0	5,5
8.	0,5	1,5	10/3,2	6,0	6,5	4,5	5,5	6,8	8,0	7,0	6,5	5,5	7,0	6,5	5,0	6,5	7,0	8,5	7,5
9.	0,1	5,0	15/3,4	6,8	6,6	6,6	6,3	6,3	6,0	6,1	5,9	7,0	6,7	6,8	6,2	6,6	5,9	6,2	6,0
10	0,1	3,5	20/2,7	6,7	6,5	6,6	6,3	6,3	6,0	6,1	5,9	6,9	6,6	6,9	6,5	6,6	5,9	6,2	6,0
11.	0,5	5,5	10/2,8	6,5	4,5	7,5	5,5	8,0	6,0	9,0	8,0	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,0	8,0	9,5
12.	0,1	4,0	20/4,1	6,0	6,2	5,9	6,6	6,5	6,9	6,6	6,9	5,9	6,1	6,0	6,3	6,3	6,6	6,5	6,7
13.	0,5	4,5	25/5,0	9,5	8,0	7,0	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	8,0	9,0	6,0	8,0	5,5	7,5	4,5	6,5
14.	0,5	2,5	15/1,8	7,5	8,5	7,0	6,5	5,0	5,5	7,0	5,5	6,5	7,0	8,0	6,8	5,5	4,5	6,5	6,0
15.	0,5	1,5	10/1,4	7,0	4,5	6,5	8,0	7,5	6,5	8,5	6,8	5,0	6,5	5,5	6,0	6,5	5,5	7,0	7,0
16.	0,1	3,5	15/3,7	6,7	6,6	6,6	6,0	6,0	5,9	6,2	6,3	6,2	6,6	7,0	6,8	6,8	6,3	5,9	6,1
17.	0,1	5,5	20/4,2	6,6	6,6	6,6	6,0	6,0	5,9	6,2	6,3	6,5	6,5	6,9	6,7	6,9	6,3	5,9	6,1
18.	0,5	4,5	10/2,1	5,5	7,5	7,0	6,0	9,5	8,0	8,0	8,0	6,5	4,5	5,0	6,5	6,0	5,5	7,0	9,0
19.	0,1	2,5	25/3,3	6,1	5,9	6,3	6,9	6,7	6,9	6,5	6,5	6,3	6,2	5,9	6,0	6,0	6,6	6,6	6,6
20.	0,5	3,0	20/4,5	9,0	7,0	5,5	6,0	6,5	5,0	4,5	6,5	8,0	8,0	8,0	9,5	6,0	7,0	7,5	5,5
21.	0,5	1,5	20/3,1	7,0	7,0	5,5	5,5	6,0	5,5	6,5	5,0	6,8	8,5	6,5	7,5	8,0	6,5	4,5	7,0
22.	0,5	1,5	10/2,7	4,5	8,0	5,5	5,0	8,5	7,5	6,5	7,0	7,0	5,5	6,0	6,5	6,8	6,5	6,5	7,0
23.	0,1	5,0	15/1,3	6,6	6,0	7,0	6,2	6,2	6,0	6,6	6,7	6,1	6,3	6,8	6,6	6,3	5,9	6,8	5,9
24.	0,1	3,5	20/1,4	6,6	6,0	6,9	6,5	6,2	6,0	6,6	6,6	6,1	6,3	6,7	6,5	6,3	5,9	6,9	5,9
25	0,5	5,5	10/2,2	7,5	6,0	5,0	6,5	8,0	9,5	7,0	5,5	9,0	5,5	6,5	4,5	8,0	8,0	6,0	7,0
26	0,1	4,0	20/3,6	5,9	6,9	5,9	6,3	6,5	6,7	6,3	6,1	6,6	6,6	6,0	6,2	6,5	6,9	6,0	6,6
27.	0,5	4,5	25/3,9	7,0	6,0	8,0	8,0	4,5	6,5	5,5	9,0	5,5	7,0	9,5	8,0	6,5	5,0	6,0	7,5
28.	0,5	2,5	15/2,5	7,0	5,5	6,5	6,8	6,5	6,0	5,5	7,0	7,0	6,5	7,5	8,5	5,0	5,5	8,0	4,5
29	0,5	3,0	20/4,1	8,0	9,5	9,0	8,0	6,0	7,0	8,0	7,0	5,5	6,5	7,5	6,0	4,5	5,5	6,5	5,0
30	0,5	2,5	15/2,9	7,5	8,5	7,0	6,5	5,0	5,5	7,0	5,5	6,5	7,0	8,0	6,8	5,5	4,5	6,5	6,0
31.	0,1	2,5	25/1,5	6,1	5,9	6,3	6,9	6,7	6,9	6,5	6,5	6,3	6,2	5,9	6,0	6,0	6,6	6,6	6,6

Содержание отчета.

При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Что такое фильтрация?
2. Охарактеризуйте движение подземных вод в зонах аэрации и полного насыщения.
3. Что такое гидроизопъезы и гидроизогипсы?
4. Приведите основные расчётные формулы для определения характеристик фильтрационного потока

Список литературы

1. Геология : учебник / А. М. Гальперин, В. С. Зайцев, Г. Н. Харитоненко, Ю. А. Норватов, Ч. 3, Гидрогеология. - М. : Мир горной книги : МГГУ : Горная книга, 2009. - 400 с. : ил. - (Горное образование). - ISBN 978-5-91003-043-9
2. Экологическая гидрогеология : учебник для вузов / А. П. Белоусова [и др.]. - Москва : Академкнига, 2007. - 397 с. : ил., табл. - Библиогр. в тексте. - ISBN 978-5-94628-317-5
3. Кирюхин, В. А. Общая гидрогеология : учебник / В. А. Кирюхин ; СПб. гос. горный ин-т. - СПб., 2008. - 439 с. : ил. - Библиогр.: с. 434-436. - ISBN 978-5-94211-330-8

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 10

ОБРАБОТКА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГЕОТЕРМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Тема (5): Изображение химического состава подземных вод.

Цель работы. Приобретение навыков по построению и анализу геотермических разрезов и карт. В теоретическом обосновании приведена информация о наиболее часто используемых в нефтегазовой гидрогеологии геотермических параметрах отложений, особенностях проведения геотермических исследований и графическом представлении полученной информации.

Теоретическая часть

Геотермические исследования позволяют выявить степень динамичности или, наоборот, застойности подземных вод, а также дают возможность сделать обоснованное заключение о направлении подземного стока вод и его интенсивности. Изучение геотермических особенностей нефтегазовых месторождений позволяет уточнить геологическое строение месторождений.

Естественная температура пород определяется по термограммам, зарегистрированным в скважинах с установившемся тепловым режимом. Замеры температур в скважинах производят либо максимальным термометром, либо электротермометром. Максимальный термометр позволяет определить температуру лишь в данной точке пласта. Основные его свойства – сохранение температуры при условии, если он не попадет в среду с более высокой температурой. Более удобно пользоваться электрическим термометром, опускаемым в скважину на каротажном кабеле. Перед замером температуры скважина должна быть остановлена на 20-25 суток, для того, чтобы в ней восстановился нарушенный бурением или эксплуатацией температурный режим.

При геотермических исследованиях установлено, что с углублением скважины температура пород возрастает. Это возрастание количественно может быть охарактеризовано геотермическим градиентом и геотермической ступенью.

Геотермический градиент – это прирост температуры при углублении скважины на единицу длины и вычисляется как отношение

приращений температур, определенным по геотермограммам на известных глубинах, к разности этих глубин по формуле (10):

$$\Gamma = \frac{t_2 - t_1}{h_2 - h_1}, \quad (10)$$

где Γ – геотермический градиент, $^{\circ}\text{C}/\text{м}$; t_2 , t_1 – температуры на глубинах соответственно h_2 , h_1 .

В нефтепромысловой практике геотермический градиент принято относить к интервалам глубин в 100 и 1000 м.

Геотермическая ступень – это расстояние в метрах, при углублении на которое температура пород повышается на 1°C , определяется по формуле (11):

$$G = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1}, \quad (11)$$

где G – геотермическая ступень, $\text{м}/^{\circ}\text{C}$. Геотермический градиент и ступень связаны между собой соотношением (12):

$$G = \frac{1}{\Gamma}, \quad (12)$$

В литосфере теплоперенос осуществляется главным образом за счет кондуктивного теплопереноса и конвекции. Общий тепловой поток q представляет собой сумму кондуктивной q_d и конвективной q_v составляющих теплопереноса, $\text{Вт}/\text{м}^2$ (13):

$$Q = q_d + q_v \quad (13)$$

Кондуктивная составляющая теплового потока характеризует поверхностную плотность теплового потока или удельный тепловой поток. *Кондуктивный теплоперенос* – основной механизм перераспределения тепла, это непосредственная передача энергии от частиц (молекул, атомов, электронов) с большей энергией к частицам с меньшей энергией.

Конвективная составляющая плотности теплового потока характеризует передачу тепла в горных породах движущимся потоком подземных вод.

Геотермические разрезы и карты. Наиболее распространенным методом графической обработки геотермических материалов является график изменения температуры с глубиной (геотермический разрез). Обычно этот график совмещается с графиком изменения геотермической ступени (градиента). Вначале строят геологический разрез скважины, а затем с правой стороны от него по оси ординат откладывают глубину, а по оси абсцисс — температуру. Значения геотермической ступени для каждого стратиграфического комплекса или выделенных интервалов разреза наносят тоже на график.

Геотермические профильные разрезы оказывают большую помощь при изучении отдельных месторождений и нефтегазоносных бассейнов.

При выборе направления профиля считается наилучшим то сечение, где располагается наибольшее количество скважин, по которым произведены геотермические исследования. Профили могут быть поперечными (вкрест простирания или по падению пород) и продольными (по простиранию пород).

Геотермические профили составляют для выявления закономерностей распространения естественных геотермических зон, для определения геологического строения исследуемого региона по данным геотермии. Эти профили используют также при составлении геотермических карт.

Геотермические карты дают четкое представление о распределении температуры на значительной площади нефтегазовых месторождений. Геотермические карты строят только в том случае, если имеется достаточно большое количество геотермических исследований по скважинам, равномерно расположенным в различных частях региона.

Обычно при изучении нефтегазовых месторождений или бассейнов строят следующие геотермические карты: 1) карты геоизотерм для различных глубин, отображающих температуру на одинаковой глубине; 2) карты геоизотерм по кровлям стратиграфических горизонтов или водоносных комплексов; 3) карты равных величин геотермических ступеней; 4) карты равных величин геотермических градиентов; 5) карты термоизогипс, или карты равных глубин при заданной температуре; 6) карты равных величин тепловых потоков.

Оборудование и материалы. Исходными данными являются геологические карты, профили и разрезы, а также данные, полученные в результате геотермических исследований поисковых, разведочных и параметрических скважин.

Задания

1. По исходным данным построить карту изотерм (вариант 1, 4-7), карту геотермических ступеней (варианты 8-11, 13), геотермический профильный разрез (вариант 2, 3, 12), геотермический разрез (вариант 14);
2. На основании построений охарактеризовать гидрогеотермические условия исследуемого района.

Вариант 1

Участок долины реки сложен толщей известняков протерозоя. Известняки участками доломитизированные с мощными прослоями графитизированных известняков. Толща пород пересечена многочисленными тектоническими нарушениями, создающими в толще известняков зоны дроблений с обильной тектонической трещиноватостью, по которым возможно внедрение минеральных вод с повышенной температурой.

Построить карту изотерм через 1 градус для глубины 50 м на участке долины реки, представленной на рисунке 3, используя данные замеров температур (таблица 20). Выявить и охарактеризовать зоны восходящих минеральных вод.

Таблица 20 - Температуры замеренные в скважинах на глубине 50 м

ы	Номер скважин	Температ ура Т, °С	ы	Номер скважин	Температу ра Т, °С
	20	10,5		14	10,1
	19	11,8		6	12,5
	7	12,4		26	12,1
	18	12,5		8	10,3
	10	12,4		3	9,0
	12	9,9			

Вариант 2

Под толщей аллювиальных отложений небольшой мощности располагаются сильно трещиноватые флишневые карбонатные породы мела и палеогена, образующие в районе брахиантиклинальные складки, осложненные тектоническими нарушениями, по которым возможна циркуляция термальных вод.

Используя данные термометрических наблюдений по глубоким скважинам (табл. 21, рис. 4), построить изотермический разрез, определить величину геотермической ступени по скважинам и определить область разгрузки термальных вод.

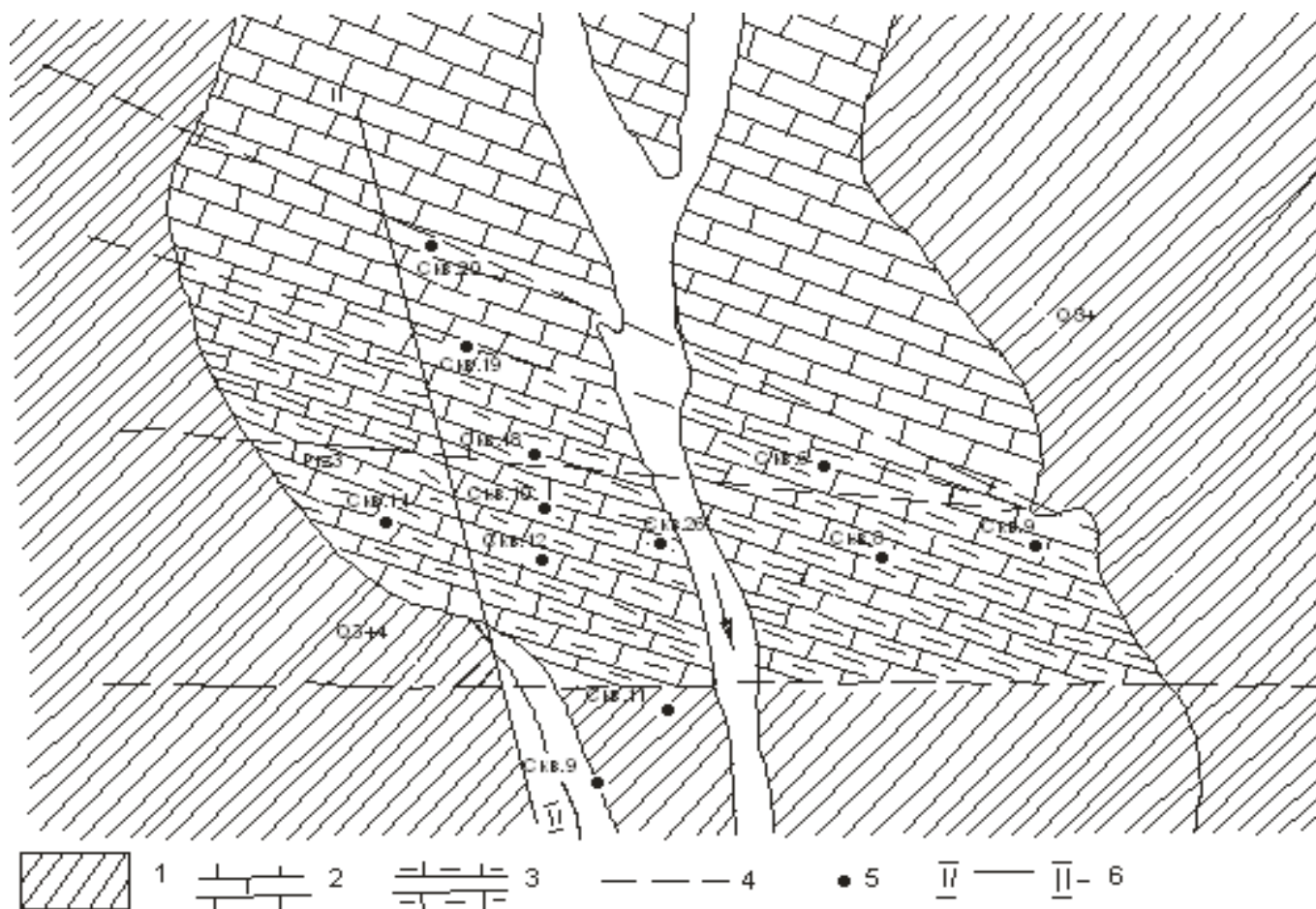


Рисунок 3 – Схематическая карта долины реки с планом расположения скважин:

1 – Q_{3+4} – валуны, галька, песок; 2 – Pz_2 – известняки трещиноватые; 3 – известняки графитизированные; 4 – линия тектонических нарушений; 5 – скважина и ее номер; 6 – линия разреза II–II

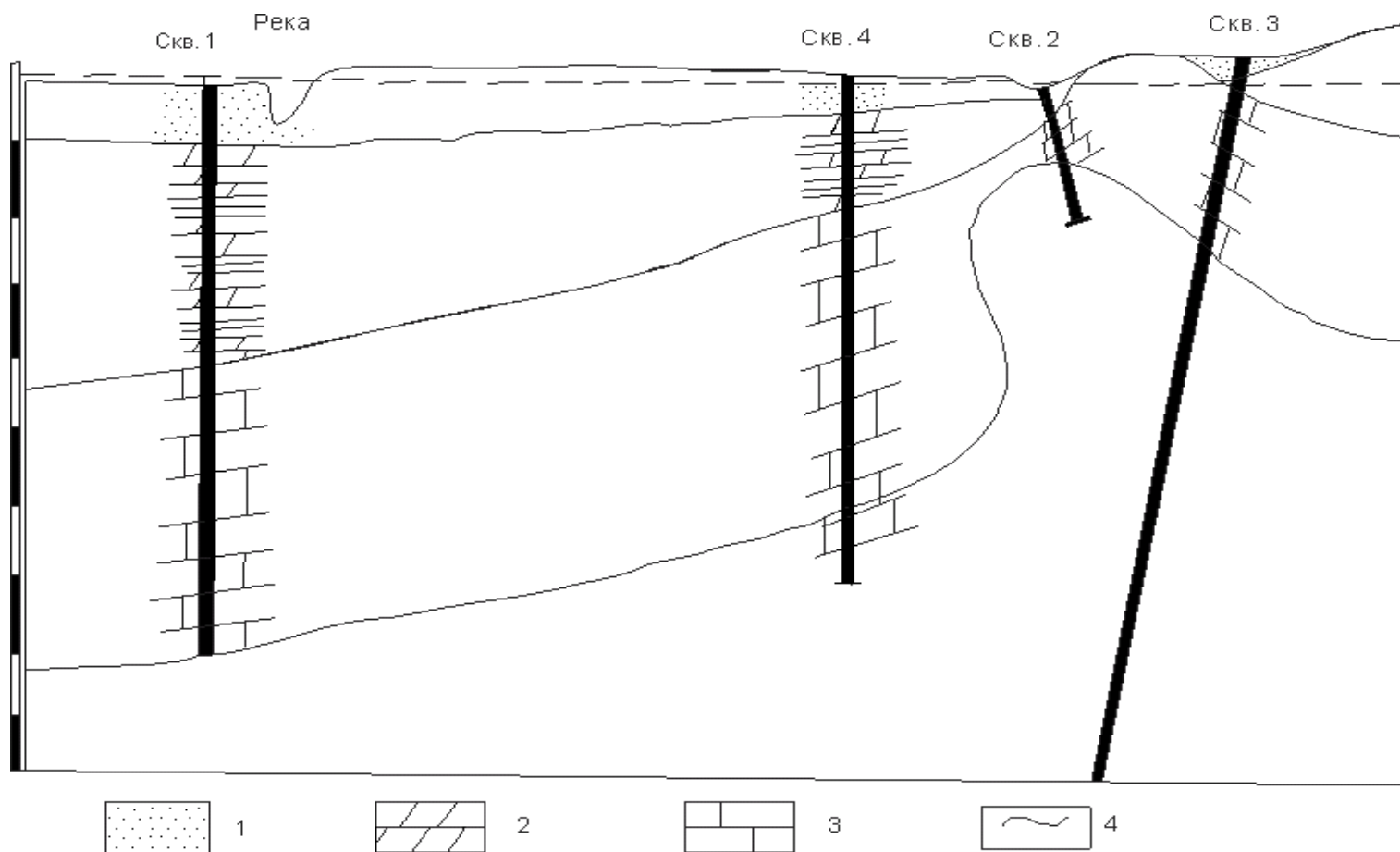


Рисунок 4 – Схематический геологический разрез для построения изотермического разреза:

1 – аллювиальные пески; 2 – мергелисто-глинистые отложения палеогена; 3 – карбонатный флиш верхнего мела; 4 – геологические границы

Таблица 21 - Данные изменения температур

Номер скважины	Глубина, м	Температура, м	Номер скважины	Глубина, м	Температура, м
1	120	20,8	3	60	21,4
	150	23,2		75	23,8
	201	24,9		100	25,7
2	10	21,0	4	65	21,0
	15	23,1		75	22,0
	24	25,0		100	23,2

Вариант 3

Используя данные замеров температур (табл. 22) и схематический геологический профиль

Центрального и Восточного Предкавказья (рис. 5) построить изотермический разрез, определить величину геотермической ступени по скважинам.

Таблица 22 – Данные замеров температур в скважинах Центрального и Восточного Предкавказья

Номер скв.	Абс. отм. глуб. зам., м	Температ., °C	Номер скв.	Абс. отм. глуб. зам., м	Температ., °C
42 РШ	500	38	1 ПК	500	38
	1000	62		1000	59
	1500	80		1500	91
	2000	99		2000	115
	2500	110		2500	139
	3000	120		3500	158
162 СС	250	41	3 ОС	500	35
	1000	67		1000	55
	1750	93		2000	99
	2250	115		2500	120
1 ЛЕТ	500	58		3000	131
	1000	85		3500	138
	1250	109	1 СТ	500	30
	1500	120		1500	74,7
	2000	130		2500	109
11 ЖР	2500	153		3000	115
	250	45		3500	126
	750	63		4000	142
	1250	117	1 АЛ	500	25
	1750	123		1500	64
	2000	137		2500	97
	2500	140		3500	122
	3000	157			

Варианты 4–7

С целью анализа геотермической обстановки по данным таблицы 23 и рис. 6 построить карту изотерм Центрального Предкавказья для глубин 100, 250, 500, 750 м.

Таблица 23 - Данные замеров температур в скважинах Центрального Предкавказья

Структурное поднятие	Номер скважины	Температура в °С на различных глубинах, м			
		Вариант 4	Вариант 5	Вариант 6	Вариант 7
		100 м	250 м	500 м	750 м
Ивановское	3	15,5	19,5	-	-
	7	17,2	22,6	36,4	-
Кугультинское	30	14,2	22,2	36,1	-
	37	14,0	21,0	34,8	-
Расшеватское	16	14,3	21,0	30,4	44,1
Безопасненское	7	-	23,7	38,3	-
Труновское	2	-	28,0	39,8	-
Казинское	16	-	27,8	41,5	58,4
	19	-	25,2	40,4	58,0
	22	-	25,8	41,3	59,1
Северо-Ставропольское	13	20,1	29,1	44,5	-
	18	-	29,6	45,0	675,5
	37	17,3	26,3	42,0	60,0
	39	-	28,5	45,0	-
	40	-	27,3	43,4	61,2
Сенгилеевское	3	21,8	29,6	43,0	57,0
	7	19,4	30,1	48,9	-
Александровско	23	-	30,0	49,3	68,8
Невыномысское	5	28,2	41,2	55,6	65,0
	6	22,1	29,0	51,9	60,2
Ипатовская	1	17,2	25,2	39,1	51,3

Варианты 8–11

Построить карты геотермических ступеней Центрального Предкавказья, используя данные таблицы 24 и рис. 6.

Таблица 24 – Усредненные значения геотермической ступени в пределах Центрального Предкавказья

Ном п/п	Структурное поднятие	Номер скважины	Интервалы глубин, м			
			Вариант 8	Вариант 9	Вариант 10	Вариант 11
			100-250	250-500	500-750	750-1000
1	Ивановское	3	33,3	18,8	21,9	-
		7	27,7	18,1	22,3	-
2	Кугультинское	30	23,3	17,4	17,3	-
		37	23,1	18,8	16,7	-
3	Безопасненское	7	-	17,2	17,1	-
4	Расшеватское	16	28,9	21,3	18,2	16,3
5	Северо-Ставропольское	13	16,0	16,7	15,3	-
6	Труновское	2	-	21,2	14,4	-
7	Казинское	16	-	18,2	14,8	15,8
		19	-	16,4	14,2	15,7
		22	-	16,1	14,0	14,5
		18	-	14,8	13,3	-
		37	16,6	15,9	13,8	-
		40	-	15,5	14,0	-
8	Сенгилеевское	3	18,0	18,0	18,7	17,1
		7	14,0	13,3	13,9	-
9	Невыномысское	5	11,5	17,4	26,8	26,6
		6	8,9	19,4	29,7	26,4
10	Ипатовская	1	18,7	18,0	20,5	25,8

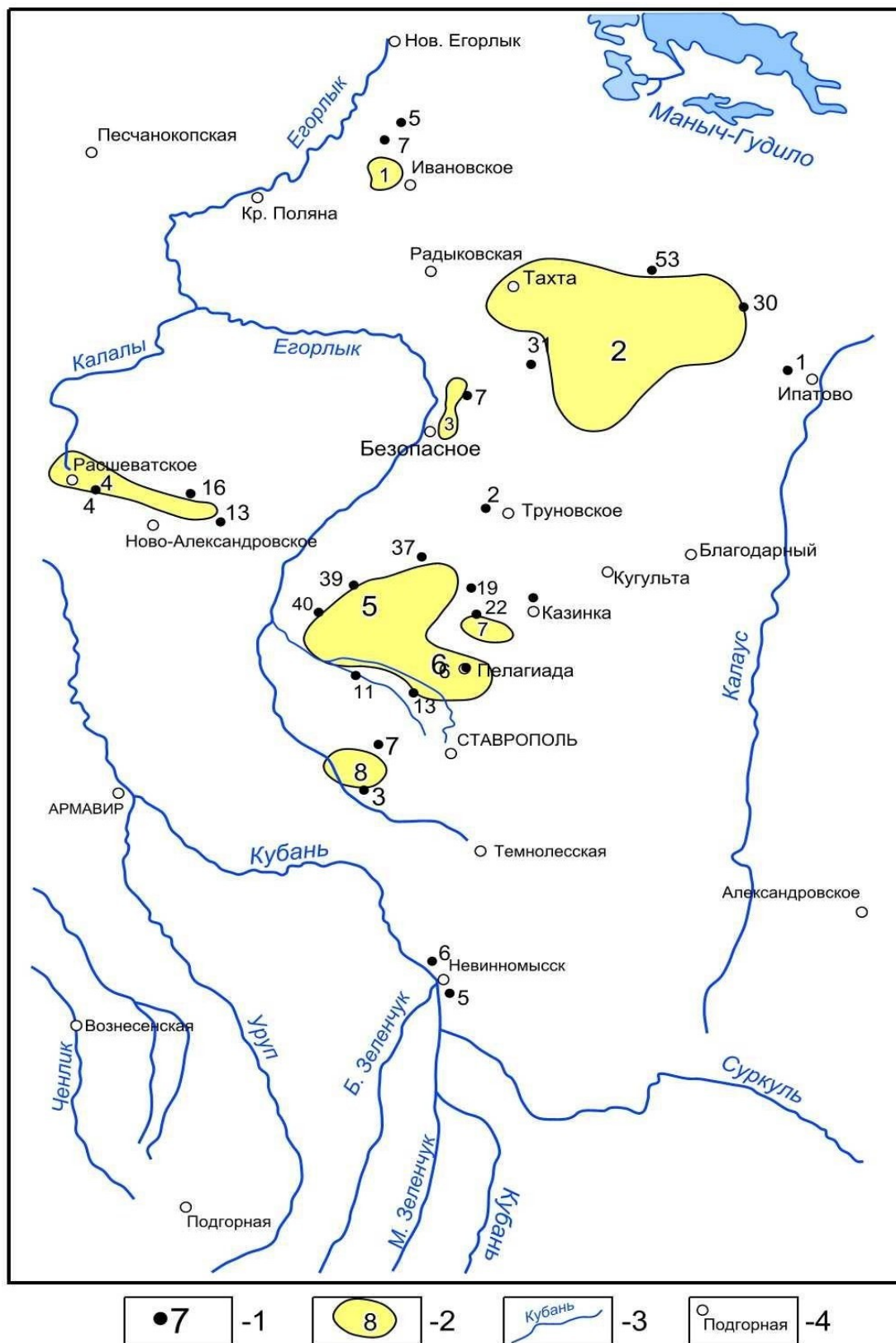


Рисунок 6 – Схематическая карта газовых месторождений Центрального Предкавказья:

1 – скважина и ее номер, 2 - газовая залежь и ее номер по списку, 3 – реки и их названия, 4 – населённые пункты.

Вариант 12

Построить геотермический разрез мезо-кайнозойских отложений Прасковейской и Чкаловской площадей по данным геотермических исследований (табл. 25, рис. 7).

Таблица 25 – Результаты геотермических исследований Прасковейской и Чкаловской площадей

Глубина замера, м	Температура, °С	Глубина замера, м	Температура, °С
65	21	1600	103
150	27	1690	110
250	32	1800	114
350	35	1880	116
450	42	1980	120
550	48	2080	124
650	52	2160	131
750	55	2280	137
850	58	2380	140
950	65	2450	143
1030	70	2550	147
1120	78	2650	149
1220	83	2750	150
1320	88	2850	152
1410	95	2950	154
1500	98	3050	155

Вариант 13

Построить карту геотермической ступени для верхнемеловых отложений Центрального и Восточного Предкавказья, используя данные табл. 26 и рис. 8

Таблица 26 – Значения величин геотермических ступеней верхнемелового водоносного комплекса Центрального и Восточного Предкавказья

Месторождение	Геотермическая ступень, м/°С	Месторождение	Геотермическая ступень, м/°С
Курская	50,0	Заманкульская	35,0
Александровская	37,8	Зольская	42,6
Журавская	32,1	Черкеская	36,7
Озек-Суатская	33,3	Галюаевская	31,0
Ипатовская	35,7	Благодарненская	39,5
Каспийская	28,3	Расшеватская	36,8
Артезианская	33,7	Надзорненская	20,4
Отказненская	38,2	Чкаловская	30,5
Карабулак-Аачалукская	35,0	Южно-Ачикулакская	35,0
Нагутская	31,4	Кавминводская	31,9

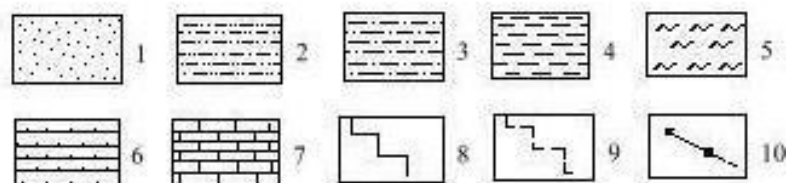
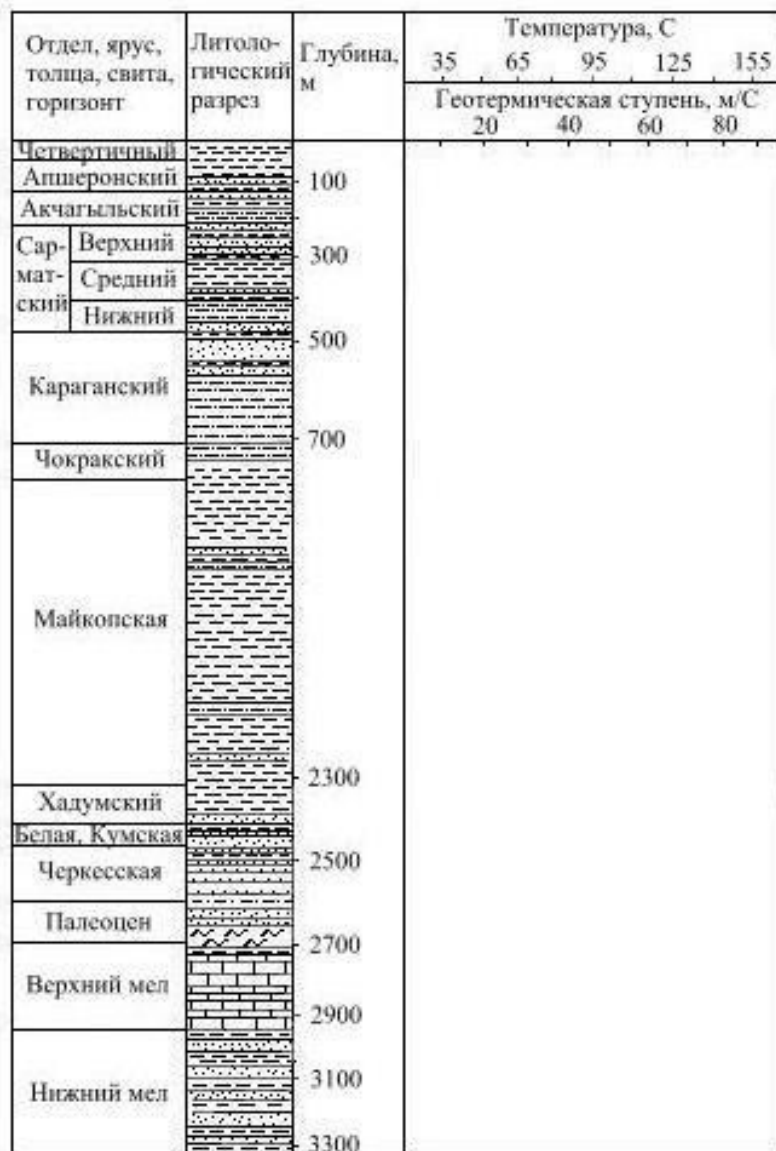


Рисунок 7 – Геологический разрез мезо-кайнозойских отложений Прасковейской и Чкаловской площадей: 1 – пески, песчаники, алевролиты; 2 – пески и песчаники глинистые; 3 – глины песчанистые; 4 – глины и суглинки; 5 – аргиллиты; 6 – мергели; 7 - известняки.

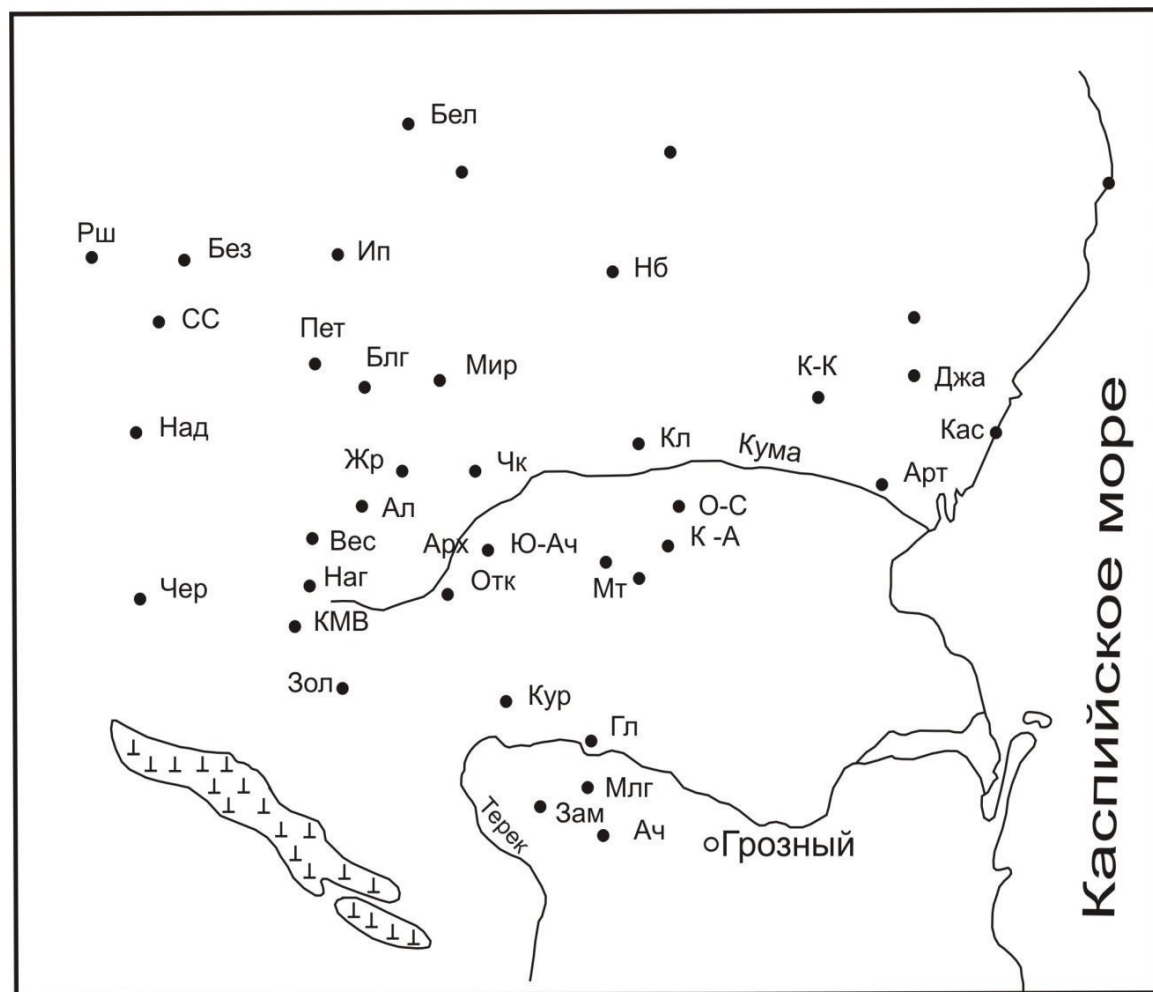


Рисунок 8 – - Схематическая карта нефтяных и газовых месторождений Центрального и Восточного Предкавказья

Вариант 14

Построить геотермический разрез мезо-кайнозойских отложений Ново-Минской площади по данным геотермических исследований (табл. 27, рис. 9),

Таблица 27 – Данные геотермических исследований Ново-Минской площади

Глубина замера, м	Температура, °С	Глубина замера. м	Температура, °С
100	8,5	1100	43,6
200	9,8	1200	46,6
300	12,4	1300	49,0
400	15,0	1400	51,7
500	18,4	1500	55,0
600	22,2	1600	57,8
700	27,5	1700	60,7
800	30,7	1800	63,0
900	34,6	1900	66,0
1000	38,3	2000	

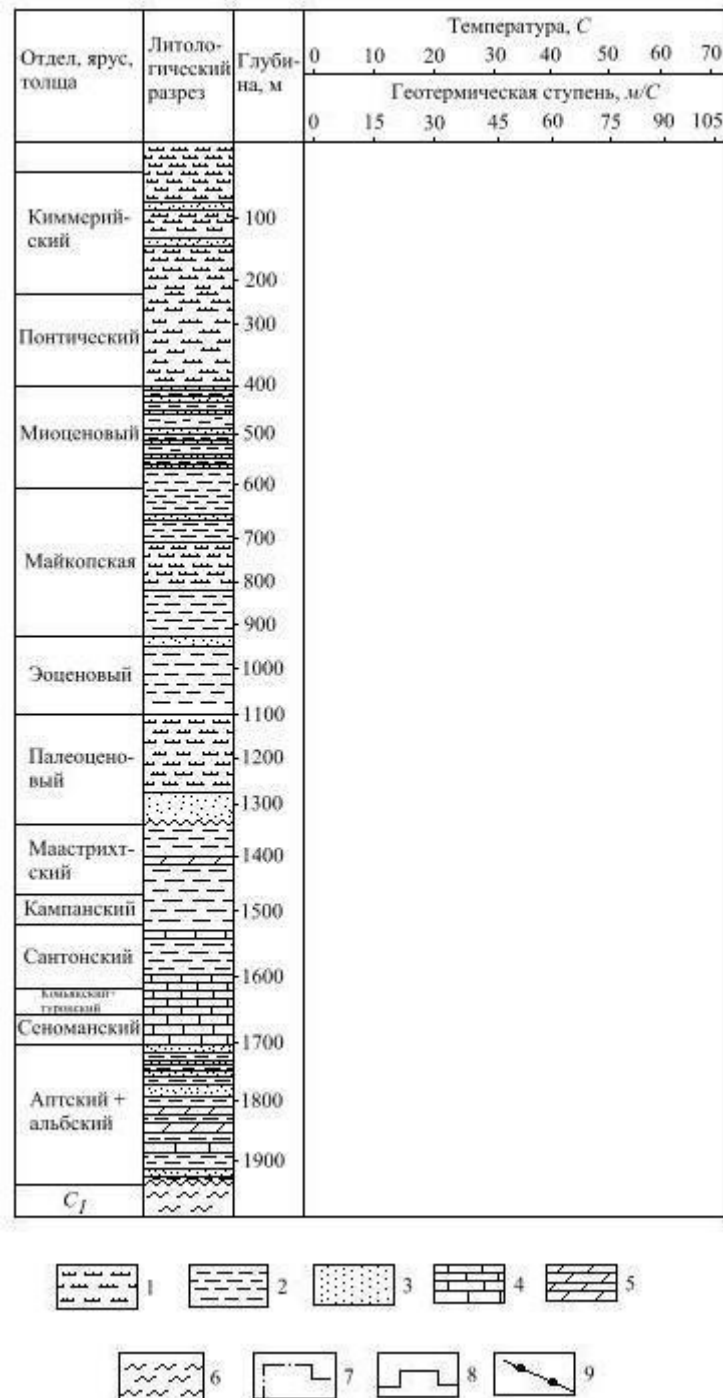


Рисунок 9 – Геологический разрез мезо-кайнозойских отложений Ново-Минской площади:

1 – суглинки; 2 – глины; 3 – песчаники; 4 – известняки; 5 – мергели; 6 – сланцы; 7 – геотермическая ступень для отдельных участков разреза; 8 – геотермическая ступень для отдельных стратиграфических горизонтов.

Содержание отчета. В отчете следует отразить: цель работы, краткое теоретическое обоснование, результаты графических построений и анализ геотермических условия исследуемого района.

Защита работы проводится в устной форме.

При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Какие задачи можно решить с помощью геотермических исследований в скважинах?
2. Каким образом проводятся геотермические исследования и какие приборы при этом используются?
3. Охарактеризуйте наиболее часто используемые в нефтегазовой гидрогеологии геотермические параметры горных пород.
4. Каким образом производят построение геотермического разреза?
5. Каким образом производят построение профильных геотермических разрезов? Какую информацию они позволяют получить?
6. Перечислите геотермические карты, используемые при изучении нефтегазовых месторождений или отдельных геологических структур.

Список литературы

1. Геология : учебник / А. М. Гальперин, В. С. Зайцев, Г. Н. Харитonenko, Ю. А. Норватов, Ч. З, Гидрогеология. - М. : Мир горной книги : МГГУ : Горная книга, 2009. - 400 с. : ил. - (Горное образование). - ISBN 978-5-91003-043-9
2. Экологическая гидрогеология : учебник для вузов / А. П. Белоусова [и др.]. - Москва : Академкнига, 2007. - 397 с. : ил., табл. - Библиогр. в тексте. - ISBN 978-5-94628-317-5
3. Кирюхин, В. А. Общая гидрогеология : учебник / В. А. Кирюхин ; СПб. гос. горный ин-т. - СПб., 2008. - 439 с. : ил. - Библиогр.: с. 434-436. - ISBN 978-5-94211-330-8

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 11 СОСТАВЛЕНИЕ СРЕДНЕНОРМАЛЬНОГО ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

Тема (5): Изображение химического состава подземных вод.

Цель работы. Приобретение навыков составления гидрогеохимического разреза. В теоретическом обосновании приведены методические приемы, используемые для построения гидрогеохимического разреза.

Теоретическая часть

Гидрогеохимический разрез строится на основе нормального (типового) геологического разреза месторождения. Он характеризует средний химический состав, тип вод, приуроченных к различным стратиграфическим горизонтам. Гидрогеологический разрез отражает также газовый состав, температурные условия, приведенные уровни по отдельным пластам. Если гидрогеологические условия сильно изменяются по площади, составляют несколько гидрогеохимических разрезов.

Для построения их используются типичные или средние анализы вод, значения уровней и других показателей. По гидрогеологическим (гидрогеохимическим) разрезам можно получить представление об изменении минерализации, содержания отдельных компонентов, температуры по разрезу.

Полученные в процессе разведки и разработки новые фактические данные при помощи гидрогеологических разрезов можно легко и надежно сопоставить с уже известными. Они также могут сопоставляться с аналогичными разрезами соседних месторождений, гидрогеологические особенности которых изучены не в полной мере.

Оборудование и материалы. Табличные данные по минерализации, химическому составу, температуре и т.д.

Задания

1. По данным таблицы 28 постройте нормальный геологический разрез. Масштаб разреза 1: 5000 (варианты 1-8) или 1 : 2500 (варианты 9-15).

2. Рассчитайте коэффициенты $r_{Na/rCl}$, $r_{(Na-Cl)/rSO_4}$, $r_{(Cl-Na)/rMg}$ и установите тип воды по В. А. Сулину.

3. Постройте кривые химического анализа общей минерализации, $r\text{Na}^+/\text{rCl}^-$, $r\text{SO}_4^{2-}/\text{rCl}^-$, $r\text{Ca}^{2+}/r\text{Mg}^+$, $r\text{SO}_4^{2-}$.
4. Рассчитайте значения процент-эквивалентов, постройте графики-круги Н. И. Толстихина.
5. Выделите глубины распространения различных типов вод по В. А. Сулину.

Таблица 28 – Исходные данные для составления средненормального гидрогеохимического разреза

Вариант 1										
Глубина, м	Возраст	Литологическая характеристика	Интервал опробования, м	Содержание ионов, мг-экв/дм ³						Минерализация, мг-экв/дм ³
				Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
0-60	Q	Супеси, суглинки	-	-	-	-	•			
60-90	N ₂ ар	Глины с прослоями песков	75-89	6.03	21,19	6.39	17,11	10,58	5,92	67.22
90-210	N ₂ ак	Песчаники с прослоями глин	180-190	21.09	24,80	3,25	28,18	13,97	6,99	98.28
210-310	N ₁ ³ S	Глины и алевролиты	280-294	87,73	0,62	10,10	87,94	2,13	4,38	188,90
310-430	N ₁ ²	Глины с прослоями песчаников	410-430	168.2	0,07	17.80	177,13	2,94	6.00	372.11
430-700	N ₁ ¹ +P ₃	Глины	-	-	-	-	-	-	-	-
700-830	P ₂	Глин и мергелей	770-785	431.74	0,13	4,92	415,39	7,80	13.60	873.58
830-890	P ₁	Пески и глины	860-970	599,98	2,16	18,00	568,93	40,48	10,73	1240.28
890-1050	K ₂	Известняки	900-970	634.98	8,05	16,50	627,37	25.92	6,24	1319,06
Вариант 2										
Глубина, м	Возраст	Литологическая характеристика	Интервал опробования, м	Содержание ионов, мг-экв/ дм ³						Минерализация, мг-экв/дм ³
				Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
0-35	Q	Суглинки, глины	-	-	-	-	-	• -	-	-
35-190	N ₂ ар+ак	Глины с прослоями песков	110-130	6.03	21.19	639	17.11	10.58	5.92	6722
190-240	N ₂ р	Глины песчанистые	-							
240-260	N ₁ ³ м	Глины								
260-440	N ₁ ³ S	Глины с прослоями песчаников	310-350	90 89	3.53	17.39.	107.33	1.60	298	223.72
440-890	N ₁ ²	Глины с прослоями песчаников	690-750	51.10	1.05	12 90	60.73	1.50	2.82	130.10
890-1440	N ₁ ¹ +P ₃	Глины в нижней части прослоев песчаников	1370-1430	504 92	4.38	281	473.52	3443	4.16	1024 22
1440-1550	P ₂	Мергели с прослоями глин	1470-1520	87425	10.81	9.70	827 42	53.79	1355	1789 52
1550-1630	P ₁	Глины песчанистые								
1630-2020	K ₂	Известняки с прослоями мергелей	1870-1930	1031 95	13.03	11	940 48	102.19	13.31	2111 96

Продолжение 1 таблицы 28

Вариант 3										
Глубина , м	Возраст	Литологическая характеристика	Интервал опробования. м	Содержание ионов, мг-экв/ дм ³						Минерализация, мг-экв/дм ³
				Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
0-30	Q	Суглинки	-	-	-	-	-	-	-	-
30-210	N ₂ ap+ak	Глины с прослоями песков	160-180	44.75	4880	3.67	49 69	33 38	14 15	194 44
210-260	N ₂ p	Глины песчанистые	-							
260-280	N ₁ ³ m	Глины	-							I
280-460	N ₁ ³ s	Глины и песчаники	340-370	4081	0.68	73 17	104 17	523	5.25	229 32
460-910	N ₁ ²	Песчаники с прослоями мергелей и глин	710-760	607 06	1285	17 54	599 63	24 31	13 51	1274 90
910-1460	N ₁ ^{1+P} ₃	Глины, в нижней части прослои песчаников	1390-1450	1119 71	1.71	670	104401	7056	1356	225626
1460-1570	P ₂	Мергели с прослоями глин	1490-1540	800 88	1045	166	18.16	33 53	387	1655 86
1570-1650	P ₁	Глины								
1650-2020	K ₂	Известняки	1680-1950	2257 87	484	280	171986	474 30	71 40	4531 12
Вариант 4										
Глубина , м	Возраст	Литологическая характеристика	Интервал опробования. м	Содержание ионов, мг-экв/ дм ³						Минерализация, мг-экв/дм ³
				Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
0-50	Q	Суглинки	-	-	-	-	-	-	-	-
50-220	N ₂ ap+ak	Глины и пески	140-160	42.83	6.17	6.20	21 81	8.09	25 30	110.40
220-270	N ₂ p	Глины		-	-	-				
270-290	N ₁ ³ m	Глины песчанистые	-	-	-	-	-	-	-	-
280-460	N ₁ ³ s	Глины и песчаники	340-390	76.50	1,16	26,39	102.32	0.59	1.14	208.10
460-910	N ₁ ²	Песчаники с прослоями мергелей и глин	720-780	48,03	4,11	31,41	80,41	1.27	1,87	167.10
910-1460	N ₁ ^{1+P} ₃	Глины, в нижней части прослои песчаников	1400-1460	543.89	12,48	10,70	535,52	23,49	8,06	1134.14
1460-1570	P ₂	Мергели с прослоями глин	1490-1550	760.86	13.09	7,40	715,66	55.38	10.31	1562,70
1570-1650	P ₁	Глины	-	-	-	-	-	-	-	-
1650-2020	K ₂	Известняки	1680-1940	1333.36	7,88	17,54	1225,49	115.2	18.09	2717,56

Продолжение 2 таблицы 28

Вариант 5										
Глубина, м	Возраст	Литологическая характеристика	Интервал опробования, м	Содержание ионов, мг-экв/ дм ³						Минерализация, мг-экв/дм ³
				Сl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
0-30	Q	Суглинки	-	-	-	-	-	*	-	-
30-220	N _{2ap} +ak	Песчаники с прослоями глин	140-180	21,09	24,80	3,25	28,18	13,97	6,99	98,28
220-270	N _{2p}	Глины	-	-	-	-	-	-	-	-
270-380	N ₁ ^{3m}	Мергели и глины	330-370	20,59	194,98	4,15	99,12	31,84	88,16	438,24
380-550	N ₁ ^{3s}	Глины с прослоями песчаников	470-520	362,06	1,54	36,78	395,96	2,45	1,67	800,76
550-930	N ₁ ²	Песчаники с прослоями глин	695-740	210,77	0,33	20,19	219,77	2,88	8,64	462,58
930-1450	N ₁ ¹ +P ₃	Глины	-	-	-	-	-	-	-	-
1450-1580	P ₂	Песчаники с прослоями мергелей и глин	1480-1550	634,98	8,05	16,50	627,37	25,92	6,24	1319,06
1580-1700	P ₁	Глины с прослоями песчаника	1610-1660	921,18	4,46	14,0	893,29	38,22	8,03	1879,28
1700-2010	K ₂	Известняки	1800-1850	1099,97	6,89	6,97	870,98	217,11	25,74	2227,66
Вариант 6										
Глубина, м	Возраст	Литологическая характеристика	Интервал опробования, м	Содержание ионов, мг-экв/ дм ³						Минерализация, мг-экв/дм ³
				Сl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
0-25	Q	Глины	-	-	-	-	-	-	-	-
25-230	N _{2ap}	Глины с прослоями песчаников	150-190	73,0	28,09	3,55	62,09	23,80	18,75	209,28
230-280	N _{2p}	Глины	-	-	-	-	-	-	-	-
280-390	N ₁ ^{3m}	Мергели и глины	330-380	183,67	0,10	15,19	183,91	3,54	17,51	397,92
390-560	N ₁ ^{3s}	Глины и песчаники	470-520	210,09	35,39	2,0	265,48	0,01	0,01	530,96
560-940	N ₁ ²	Песчаники с прослоями глин и мергелей	690-754	20,59	194,38	4,15	99,2	31,84	88,16	438,24
440-1460	N ₁ ¹ +P ₃	Глины в нижней части просл. песчаника	1400-1450	502,23	8,40	17,02	497,76	16,99	12,90	1055,30
1460-1580	P ₂	Песчаники с прослоями мергелей	1490-1550	817,5	1,75	15,5	806,5	25,5	2,75	1669,50
1580-1650	P ₁	Глины	.	.	.	-	-	-	.	-
1650-2010	K ₂	Известняки	1920-1980	1309,96	0,33	6,80	1164,43	132,26	20,40	2634,18

Продолжение 3 таблицы 28

Вариант 7										
Глубина , м	Возраст	Литологическая характеристика	Интервал опробования. м	Содержание ионов, мг-экв/ дм ³						Минерализация, мг-экв/дм ³
				Сl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
0-50	Q	Суглинки и супеси	-	-	-	-	-	-	-	-
50-140	N ₂ ap	Пески и глины	90-130	2,0	6,68	6,38	3,20	3,00	2,50	23,76
140-220	N ₂ ak	Песчаники, известняки и глины	180-200	12,75	10,38	16,33	4,20	4,80	6,20	54,66
220-340	N ₁ ³ s	Глины с прослоями песков и алевролитов	270-295	126,98	3,56	136,83	1,23	3,00	5,00	289,68
340-70	N ₁ ² c+kg	Глины, песчаники и мергели	390-415	282,83	1,13	290,55	18,12	3,60	8,18	604,16
470-700	N ₁ ¹ +P ₃	Глины, в нижней части прослойки песчаника								
700-810	P ₂	Мергели с прослоями глин	750-775	362,06	1,54	395,96	36,78	2,45	1,97	800,76
810-900	P ₁	Аргиллиты	840-865	966,31	20,71	922,25	6,12	67,37	3,52	1986,28
900-1050	K ₂	Известняки	980-1010	1539,95	1,71	1272,27	10,59	247,99	3,99	3104,50
Вариант 8										
Глубина , м	Возраст	Литологическая характеристика	Интервал опробования. м	Содержание ионов, мг-экв/ дм ³						Минерализация, мг-экв/дм ³
				Сl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
0-70	Q	Суглинки, супеси	-	-	-	-	-	-	-	-
70-145	N ₂ ap+ak	Глины, пески и песчаники	79-94	7,96	6,30	4,90	5,91	6,38	6,87	38,32
145-210	N ₁ ³ s	Глины, песчаники и мергели	151-165	16,35	12,13	2,90	22,66	12,8	7,44	62,76
210-340	N ₁ ² c+kg	Алевролиты, глины и прослойки известняков	238-249	90,89	3,53	17,39	107,33	1,60	2,98	223,82
340-600	N ₁ ¹ +P ₃	Глины	-	-	-	-	~			-
600-750	P ₂	Мергели с прослоями глин	690-710	263,72	1,85	4,20	244,46	8,45	16,68	539,54
750-850	P ₁	Глины с прослоями песчаников	790-815	305,91	4,0	31,30	346,51	69,00	5,70	842,42
850-1020	K ₂	Известняки с прослоями мергелей	930-950	595,87	10,08	7,80	572,75	35,5	6,00	1228,50

Продолжение 4 таблицы 28

Вариант 9										
Глубина , м	Возраст	Литологическая характеристика	Интервал опробования. м	Содержание ионов, мг-экв /дм ³						Минерализация, мг-экв/дм ³
				Сl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
0-30	Q	Суглинки	-	-	-	-	-	-	-	-
30-145	N ₂ ap+ak	Песчаники глинистые	90-115	8,00	9,60	4,60	9.88	6.79	5.53	44.40
145-180	N ₂ p	Аргиллиты и глины	-	-	-	-	-	-	-	-
180-29Q	N ₁ ³ s	Глины и песчаники	250-270	48,03	4,11	31,41	80,41	1.27	1,87	167.10
299-450	N ₁ ² c+kg	Песчаники с прослоями глин	375-398	78,77	1,47	21.53	97.14	1.40	3.23	203.54
450-670	N ₁ ¹ +P ₃	Глины	-	-	-	-	-	-	-	-
670-780	P ₂	Глины с про- слоями мергелей	695-720	309.64	51.61	7,80	264.22	29.70	75.13	738.10
780-810	P ₁	Песчаники сильно глинистые	-	-	-	•	-	-	-	•
810-990	K ₂	Известняки	890-930	889,97	-	9.99	761.06	119.99	20,0	1X02,10
990-1070	K ₁	Песчаники и глины	IO3O- IO5O	1159.96	1,36	7.79	1052.55	92,12	24,44	2388,22
Вариант 10										
Глубина , м	Возраст	Литологическая характеристика	Интервал опробования. м	Содержание ионов, мг-экв/ дм ³						Минерализация, мг-экв/дм ³
				Сl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
0-100	Q	Глины с прослоями песков	50-75	1,00	4,11	4.00	3,11	4.50	1,50	18,22
100-250	N ₂ ap+ak	Песчаники с прослоями глин	175-200	6,66	14,27	7.60	18.28	4.75	5.50	57,06
250-370	N ₂ p	Песчаники, мергели и глины	300-325	21,00	15.. 16	8.1	37,94	1,80	4,52	88,52
370-460	N ₁ ³ m	Глины песчанистые, мергели	390-415	24,97	0,32	21,60	45,07	1,11	0,71	93,78
460-500	N ₁ ³ s	Глины	-	-	-	-	-	-	-	-
500-675	N ₁ ²	Песчаники с прослоями глин	590-615	42,83	-	6,20	21,81	8,90	25,30	110,40
675-800	N ₁ ¹ +P ₃	Глины	-	-	-	-	-	-	-	-
800-910	P ₂	Мергели с про- слоями глин	850-875	57,89	26,40	0.38	52.73	15.35	16.59	169.34
910-1030	P ₁	Песчаники с прослоями глин	970-995	89,27	3,01	2,20	86.94	5,28	2.26	188.96

Вариант 11										
Глубина, м	Возраст	Литологическая характеристика	Интервал опробования, м	Содержание ионов, мг-экв/дм ³						Минерализация, мг-экв/дм ³
				Сl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
0-50	Q	Суглинки и супеси	-	-	-	-	-	-	-	-
50-130	N _{2ap}	Пески и глины	100-120	7,96	6,30	4,90	5,91	6,38	6,87	38,32
130-210	N _{2ak}	Песчаники, известняки и глины	170-190	6,03	21,19	6,39	17,11	10,58	5,92	67,22
210-330	N ₁ ^{3s}	Глины песчаные, песчаники	270-295	205,63	15,32	13,20	193,79	11,66	28,70	468,30
330-450	N ₁ ²	Песчаники и мергели	390-415	57,59	0,24	8,10	62,20	1,75	1,98	131,86
450-600	N ₁ ¹ +P ₃	Глины	-	-	-	-	-	-	-	-
600-750	P _{2pp}	Мергели с прослоями глин	690-715	431,74	0,13	4,92	415,39	7,80	13,60	873,58
750-840	P ₁	Аргиллиты с прослоями песчаников	800-820	634,98	8,05	16,50	627,37	25,92	6,24	1319,06
840-1015	K ₂	Известняки с прослоями мергелей	895-920	1339,96	1,40	13,59	1232,95	108,00	6,24	2709,90

Содержание отчета. В отчете следует отразить: цель работы, краткое теоретическое обоснование, результаты графических построений.

Защита работы проводится в устной форме.

Контрольные вопросы

1. Для чего используются гидрогеохимические разрезы?
2. Каким образом производится построение гидрогеохимических разрезов?

Список литературы

1. Геология : учебник / А. М. Гальперин, В. С. Зайцев, Г. Н. Харитonenko, Ю. А. Норватов, Ч. З, Гидрогеология. - М. : Мир горной книги : МГГУ : Горная книга, 2009. - 400 с. : ил. - (Горное образование). - ISBN 978-5-91003-043-9
2. Экологическая гидрогеология : учебник для вузов / А. П. Белоусова [и др.]. - Москва : Академкнига, 2007. - 397 с. : ил., табл. - Библиогр. в тексте. - ISBN 978-5-94628-317-5

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 12

ЗНАКОМСТВО С ФИЗИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ГРУНТОВ

Тема (11): Свойства грунтов: физические, физико-химические, физико-механические.

Цель работы. Приобретение навыков по обработке результатов лабораторных анализов грунтов. В теоретическом обосновании приведены методические приемы классификации по степени плотности

Теоретическая часть. В инженерной геологии используют несколько показателей физических свойств грунтов.

Плотность грунта в естественном сложении – отношение массы грунта в естественном сложении к его объему. Зависит от минерального состава, влажности и пористости:

$$\rho = m/V \quad (12.1)$$

где m – масса грунта,

V – объем грунта в естественном сложении.

Выражается ρ в г/см^3 ;

Плотность скелета грунта – отношение массы твердых частиц грунта к объему в естественном сложении.

Определяется расчетным путем:

$$\rho_d = \rho / (1 + 0,01W), \quad (12.2)$$

где ρ – плотность грунта в естественном сложении,

W – естественная, весовая влажность грунта в %. Зависит от минерального состава и пористости, выражается в г/см^3 ;

Плотность твердых частиц грунта ρ_s – масса твердых частиц к объему твердых частиц, определяется опытным путём. Зависит от минерального состава, выражается в г/см^3 ;

Значения плотности твердых частиц грунта и плотности скелета грунта позволяют рассчитать значения пористости и коэффициента пористости, которые являются структурными характеристиками грунта.

Пористость – n – характеризует объем пор к объему всего грунта и выражается в %:

$$n = (\rho_s - \rho_d) / \rho_s. \quad (12.3)$$

Коэффициент пористости – ε – характеризует объем пор к объему твердых частиц и выражается в долях единицы:

$$\varepsilon = (\rho_s - \rho_d) / \rho_d. \quad (12.4)$$

Для песков (в особенности водонасыщенных) трудно определить плотность, соответствующую естественному или искусственному сложению, поскольку отбор ненарушенных проб связан с большими сложностями. В связи с этим определяют плотность **при максимально плотном и максимально рыхлом состояниях** для одной и той же влажности, которая зависит от гранулометрического состава, формы и окатанности зерен. Полученные показатели характеризуют относительную плотность, а также способность песков к уплотнению.

Степень плотности – показывает способность песков к дополнительному уплотнению. Определяется по формуле:

$$I_p = (\varepsilon_{\max} - \varepsilon) / (\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}) \quad (12.5)$$

Для расчета степени плотности необходимо рассчитать коэффициенты пористости в рыхлом и плотном сложении, используя данные $\rho_{\min}$ и $\rho_{\max}$, приведенные в таблице исходных данных. Градация песков по степени плотности приведена в таблице 5.1.

Весовая влажность W – отношение массы воды к массе сухого грунта

$$W = (g - g_0) / g_0, \quad (12.6)$$

где g – масса образца грунта при естественной влажности, %%;
 g_0 – масса высушенного грунта. Весовая влажность выражается в

Объемная влажность W_v – отношение объема воды, содержащейся в грунте, к общему объему грунта.

$$W_v = W \times \rho_d, \quad (12.7)$$

Относительная влажность (коэффициент водонасыщения) S_r – отношение объема воды к объему пор – степень заполнения пор водой (плотность воды принимается равной 1 г/см³):

$$S_r = W_v / n. \quad (12.8)$$

По степени водонасыщения грунты подразделяются:

- Малой степени водонасыщения 0–0,50
- Средней степени влажности 0,05–0,80
- Насыщенные водой 0,80–1,00

Полная влагоемкость – влажность грунта, соответствующая полному заполнению пор водой:

$$W_{\max} = n \times \rho_w / \rho_d, \quad (12.9)$$

где n – пористость грунта, ρ_w – плотность воды = 1 г/см³, ρ_d – плотность скелета.

Таблица 29 – Подразделение песков по степени плотности (ГОСТ 25100–95)

Разновидность песков	Степень плотности, доли единицы, I_p
Слабоуплотненный	0–0,33
Среднеуплотненный	0,33–0,66
Сильноуплотненный	0,66–1

Таблица 30 – Исходные данные для расчета физических свойств глинистых грунтов

Вариант	g	g_0	V	ρ_s
1	87,52	81,09	50	2,69
2	86,14	75,62	50	2,71
3	88,35	72,41	50	2,74
4	94,46	70,34	50	2,80
5	99,67	78,48	50	2,79
6	100,05	87,35	50	2,81
7	87,52	81,09	50	2,69
8	86,14	75,62	50	2,71
9	88,35	72,41	50	2,74
10	94,46	70,34	50	2,80
11	99,67	78,48	50	2,79
12	100,05	87,35	50	2,81
13	87,52	81,09	50	2,69
14	86,14	75,62	50	2,71
15	88,35	72,41	50	2,74
16	94,46	70,34	50	2,80
17	99,67	78,48	50	2,79
18	100,05	87,35	50	2,81

Таблица 31 – Исходные данные для расчета физических свойств песчаных грунтов

Вариант	g	g_0	V	ρ_s	$\rho_{\min}$	$\rho_{\max}$
1	80,55	75,43	50	2,65	1,48	1,69
2	79,57	69,94	50	2,58	1,36	1,65
3	83,15	71,12	50	2,62	1,39	1,69
4	81,25	75,06	50	2,68	1,45	1,67
5	74,18	69,33	50	2,49	1,32	1,62
6	85,09	74,22	50	2,67	1,43	1,73
7	80,55	75,43	50	2,65	1,48	1,69
8	79,57	69,94	50	2,58	1,36	1,65
9	83,15	71,12	50	2,62	1,39	1,69
10	81,25	75,06	50	2,68	1,45	1,67
11	74,18	69,33	50	2,49	1,32	1,62
12	85,09	74,22	50	2,67	1,43	1,73
13	80,55	75,43	50	2,65	1,48	1,69
14	79,57	69,94	50	2,58	1,36	1,65
15	83,15	71,12	50	2,62	1,39	1,69
16	81,25	75,06	50	2,68	1,45	1,67
17	74,18	69,33	50	2,49	1,32	1,62
18	85,09	74,22	50	2,67	1,43	1,73

Оборудование и материалы. Микроскопы, набор объективов и окуляров, набор шлифов.

Задания.

По данным, приведенным в таблице 30 и 31, рассчитать для глинистых и песчаных грунтов:

1. Естественную влажность грунта (W)
2. Плотность скелета грунта (ρ_d);

3. Объемную влажность (W_v);
 4. Пористость (n), коэффициент пористости (ϵ);
 5. Коэффициент водонасыщения (S_r) и охарактеризовать грунт по степени водонасыщенности;
 6. Полную влагоемкость (W_{max}).
 7. Для песчаного грунта дополнительно рассчитать степень плотности (I_p)
- Дать название грунту по значению степени плотности (таблица 29).

Содержание отчета. В отчете следует отразить: цель работы, краткое теоретическое обоснование, в т.ч. привести методические приёмы, используемые при характеристике грунтов по значению степени плотности.

Защита работы проводится в устной форме.

Контрольные вопросы

1. Какими показателями оценивается плотность грунтов? Приведите расчётные формулы.
2. Какими показателями оценивается пористость грунтов? Приведите расчётные формулы
3. Какими показателями оценивается влажность грунтов? Приведите расчётные формулы
4. Назовите разновидности грунтов по значению степени плотности.

Список литературы

1. Геология : учебник / А. М. Гальперин, В. С. Зайцев, Г. Н. Харитonenко, Ю. А. Норватов, Ч. З, Гидрогеология. - М. : Мир горной книги : МГГУ : Горная книга, 2009. - 400 с. : ил. - (Горное образование). - ISBN 978-5-91003-043-9
 2. Экологическая гидрогеология : учебник для вузов / А. П. Белоусова [и др.]. - Москва : Академкнига, 2007. - 397 с. : ил., табл. - Библиогр. в тексте. - ISBN 978-5-94628-317-5
- Кирюхин, В. А. Общая гидрогеология : учебник / В. А. Кирюхин ; СПб. гос. горный ин-т. - СПб., 2008. - 439 с. : ил. - Библиогр.: с. 434-436. - ISBN 978-5-94211-330-8

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 13

ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУНТОВ ПО ИХ СОСТАВУ

Тема (11): Свойства грунтов: физические, физико-химические, физико-механические.

Цель работы. Приобретение навыков по обработке результатов лабораторных анализов грунтов. В теоретическом обосновании приведены методические приемы классификации грунтов по показателям физико-химических свойств грунтов.

Теоретическая часть

В инженерной геологии используют несколько показателей физико-химических свойств грунтов.

Пластичность грунтов

Пластичность грунтов – это способность грунтов деформироваться без разрыва сплошности. Пластичность зависит от гранулометрического и минерального состава грунтов, емкости катионного обмена, состава обменных катионов и содержания органического вещества.

Пластичность характеризуется **верхним пределом пластичности** W_L – влажностью, при превышении которой грунт начинает течь и **нижним пределом пластичности** W_P – влажностью между полутвердым и пластичным состоянием. Разница значений верхнего и нижнего предела пластичности называется **числом пластичности**:

$$I_P = W_L - W_P. \quad (13.1)$$

По значению числа пластичности глинистые грунты подразделяются на супеси, суглинки и глины (табл. 32).

Таблица 32 – Подразделение глинистых грунтов по числу пластичности (ГОСТ 25100–95)

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности
Супесь	1–7
Суглинок	7–17
Глина	>17

Величины естественной влажности, нижнего предела пластичности и числа пластичности позволяют оценить консистенцию глинистого грунта по **показателю текучести**:

$$I_T = (W - W_P) / (I_P). \quad (13.2)$$

Таблица 33 – Подразделение глинистых грунтов по показателю текучести (ГОСТ 25100–95)

Разновидность глинистых грунтов	Показатель текучести
Супесь: –твердая –пластичная –текучая	<0 0–1 >1
Суглинки и глины: –твердые –полутвердые –тугопластичные –мягкопластичные –текучепластичные –текучие	<0 0–0,25 0,25–0,50 0,50–0,75 0,75–1,00 >1

Набухаемость грунтов

Набухаемость грунтов – способность грунтов увеличивать объем в процессе смачивания. Характеризуется **величиной относительного набухания, влажностью набухания и давлением набухания**. Влажность набухания рассчитывается как весовая влажность набухшего грунта. Давление набухания определяет то минимальное давление, при котором процесс набухания отсутствует. Величина относительного набухания это относительная деформация набухания без нагрузки ε_{st} – отношение увеличения высоты образца грунта после свободного набухания в условиях невозможности бокового расширения $(h-h_0)$ к начальной высоте образца h_0 при природной влажности:

$$\varepsilon_{st} = (h - h_0) / h_0 \quad (13.3)$$

Глинистые грунты подразделяются по степени относительной деформации набухания без нагрузки на 4 разновидности (табл. 34)

Таблица 34 – Подразделение глинистых грунтов по относительной деформации набухания без нагрузки

Разновидность глинистых грунтов	Относительная деформация набухания без нагрузки, ε_{st}
Ненабухающий	<0,04
Слабонабухающий	0,04–0,08
Средненабухающий	0,08–0,12
Сильнонабухающий	>0,12

Усадочность грунтов

Усадкой грунта называется уменьшение его объема в результате удаления воды при высыхании или под влиянием физико-химических процессов (осмос). Усадка грунтов выражается как линейная усадка и объемная усадка, а также характеризуется влажностью предела усадки.

Линейная усадка – уменьшение линейных размеров образца в результате усадки:

$$\Delta L = (d - d_1) / d, \quad (13.4)$$

где d и d_1 начальный и конечный линейный размер образца соответственно;

Объемная усадка – уменьшение объемных размеров образца в результате усадки:

$$\Delta V = (V - V_1) / V, \quad (13.5)$$

где V и V_1 начальный и конечный объемный размер образца соответственно;

Влажность предела усадки $W_{\text{пу}}$ – это величина влажности, при которой усадка прекращается. Рассчитывается как величина весовой влажности.

Оборудование и материалы. Табличные данные для определения физико-химических свойств грунтов

Задания

1. По данным верхнего и нижнего пределов пластичности и величине естественной влажности (таблица 35) рассчитать число пластичности и дать название грунту по показателю пластичности (таблица 32) и текучести (таблица 33);

Таблица 35 – Данные для расчета характеристик пластичности грунтов

Вариант	Естественная влажность W , %	Нижний предел пластичности W_p , %	Верхний предел пластичности W_L , %	Вариант	Естественная влажность W , %	Нижний предел пластичности W_p , %	Верхний предел пластичности W_L , %
1	36	38	60	10	34	24	45
2	35	42	73	11	29	41	66
3	39	40	72	12	38	31	69
4	34	24	45	13	36	38	60
5	29	41	66	14	35	42	73
6	38	31	69	15	39	40	72
7	36	38	60	16	34	24	45
8	35	42	73	17	29	41	66
9	39	40	72	18	38	31	69

3. По величине значений высоты образца до и после набухания подсчитать величину относительного набухания и дать название грунту (таблицы 36, 34).

Таблица 36 – Исходные данные для расчета набухаемости грунтов

Вариант	Нач.высота обр. h_0 , мм	Высота обр. после своб. набух. h , мм	Естественная влажность, %	Вариант	Нач.высота обр. h_0 , мм	Высота обр. после своб. набух. h , мм	Естественная влажн., %
1	5	5,47	36	10	5	5,47	34
2	5	5,75	35	11	5	5,11	29
3	5	6,71	39	12	5	5,23	38
4	5	5,47	34	13	5	5,47	36
5	5	5,11	29	14	5	5,75	35
6	5	5,23	38	15	5	6,71	39

7	5	5,47	36	16	5	5,47	34
8	5	5,75	35	17	5	5,11	29
9	5	6,71	39	18	5	5,23	38

3. Из монолита глинистого грунта вырезан цилиндрический образец диаметром (d) и высотой (H) 4 см, масса которого оказалась равной g (г). С целью определения усадки образец высушивался на воздухе. Усадка прекратилась при диаметре и высоте образца соответственно d_1 и H_1 (см) и массе g_1 (г). После полного высушивания масса образца стала g_0 .

По полученным результатам (таблица 34) определить относительные линейную и объемную усадки, плотность грунта до и после усадки (формула 13.4, 13.5) начальную весовую влажность и влажность предела усадки (рассчитывается как величина весовой влажности).

Таблица 37 – Исходные данные для определения показателей усадочности грунта

Варианты	$g, \text{г}$	$d_1, \text{см}$	$H_1, \text{см}$	$g_1, \text{г}$	$g_0, \text{г}$
1	94,38	3,76	3,76	81,12	78,00
2	99,40	3,70	3,63	83,98	75,97
3	100,41	3,76	3,76	89,25	79,69
4	96,39	3,77	3,77	86,32	83,81
5	94,38	3,84	3,84	81,12	78,00
6	99,40	3,70	3,70	83,98	77,05
7	94,38	3,76	3,76	81,12	78,00
8	99,40	3,70	3,63	83,98	75,97
9	100,41	3,76	3,76	89,25	79,69
10	96,39	3,77	3,77	86,32	83,81
11	94,38	3,84	3,84	81,12	78,00
12	99,40	3,70	3,70	83,98	77,05
13	94,38	3,76	3,76	81,12	78,00
14	99,40	3,70	3,63	83,98	75,97
15	100,41	3,76	3,76	89,25	79,69
16	96,39	3,77	3,77	86,32	83,81
17	94,38	3,84	3,84	81,12	78,00
18	99,40	3,70	3,70	83,98	77,05

Содержание отчета. В отчете следует отразить: цель работы, краткое теоретическое обоснование, в том числе, привести методические приёмы, используемые при выделении разновидностей грунтов по физико-химическим свойствам.

Защита работы проводится в устной форме.

Контрольные вопросы

1. Что такое пластичность грунтов? От каких факторов зависит это свойство?
2. Какими показателями характеризуется пластичность грунтов? Приведите расчётные формулы.
3. Какие разновидности глинистых грунтов выделяются по числу пластичности и по показателю текучести?
4. Что такое набухаемость грунтов?
5. Какие разновидности глинистых грунтов выделяются по относительной деформации набухания без нагрузки?
6. Что такое усадочность грунтов?

Список литературы

1. Геология : учебник / А. М . Гальперин, В. С. Зайцев, Г. Н. Харитоненко, Ю. А. Норватов, Ч. З, Гидрогеология. - М. : Мир горной книги : МГГУ : Горная книга, 2009. - 400 с. : ил. - (Горное образование). - ISBN 978-5-91003-043-9
2. Экологическая гидрогеология : учебник для вузов / А. П. Белоусова [и др.]. - Москва : Академкнига, 2007. - 397 с. : ил., табл. - Библиогр. в тексте. - ISBN 978-5-94628-317-5
3. Кирюхин, В. А. Общая гидрогеология : учебник / В. А. Кирюхин ; СПб. гос. горный ин-т. - СПб., 2008. - 439 с. : ил. - Библиогр.: с. 434-436. - ISBN 978-5-94211-330-8

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 14

ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЬНОГО РАЗРЕЗА ПО ОСИ СООРУЖЕНИЯ

Тема (12): Инженерно-геологические изыскания. Виды, этапы, методы изысканий.

Цель работы. Познакомить студентов с методикой построения профильных разрезов. Научить их правильно оценивать по профилям инженерно-геологические условия строительства.

Теоретическая часть

Инженерно-геологический разрез — графическая модель вертикального сечения исследуемой территории, отображающая ее пространственные структуры и свойства — компоненты инженерно-геологических условий. В отличие от геологического или гидрогеологического разреза инженерно-геологический разрез должен отображать следующие компоненты: геологическое строение, тектоническое строение и трещиноватость пород, геоморфологическую структуру, гидрогеологическое строение, проявления экзогенных геологических процессов. Разрезы разделяются по масштабам. По результатам детальной инженерно-геологической разведки разрезы составляют по расчетным сечениям, осям и контурам сооружения с учетом наиболее полного освещения инженерно-геологических условий строительства объекта.

На инженерно-геологических разрезах при помощи условных обозначений должны быть показаны:

- геологические выработки (шурфы и скважины), их номера, отметки устья;
- инженерно-геологические слои (элементы);
- характер их залегания ;
- возраст грунтов;
- установившийся уровень грунтовых вод;
- прогнозируемый уровень грунтовых вод;
- места взятия проб грунта и воды;

Условные обозначения помещаются на свободном месте первого листа разрезов. На остальных листах делается ссылка на эти условные обозначения.

Инженерно-геологические разрезы, как правило, строятся только на основании проходки горных выработок и бурения скважин. Расположение разрезов на топографическом плане принимается с учетом наиболее полного

освещения инженерно-геологических условий строительства объекта (по оси проектируемого здания или сооружения, при сложной конфигурации - по отдельным блокам, по сетке).

Разрезы строятся в направлении с юго-запада, запада, северо-запада на северо-восток, восток, юго-восток. Разрезы меридионального направления берут начало на юге. Угол поворота линии разреза на топографическом плане не должен превышать 90° . Линиям разрезов присваиваются номера, обозначенные римскими цифрами по концам линий. Каждый разрез должен иметь типовой заголовок, например, «Разрез по линии I - I». Слева разрез ограничивается линейным вертикальным масштабом (шкалой абсолютных отметок). За величину основания линейного масштаба принимается 1 см. Снизу разрезы следует ограничивать горизонтально расположенной колонкой с высотой каждой строки 1 см.

На колонке слева от разреза даются наименования строк: «Вид и номер выработки», «Отметки устья, м», «Расстояние между выработками, м». Масштаб разрезов по горизонтали должен соответствовать масштабу топографической основы, по вертикали же - отличаться не более чем в 10 раз. Наиболее распространенный вертикальный масштаб 1:100, реже 1:50 или 1:200. Глубина освещения инженерно-геологических условий разрезами должна соответствовать глубине пройденных выработок (но быть не менее мощности активной зоны основания сооружения).

Построение геологического разреза начинается с вычерчивания топографического профиля по соответствующей линии (оси). Затем на этот профиль наносят вертикальные линии, изображающие шурфы и буровые скважины. Небольшими горизонтальными штрихами показывают границы распространения тех или иных инженерно-геологических слоев (элементов по вертикали). Затем штрихи, изображающие границы одинаковых грунтов в соседних геологических выработках, соединяют плавными линиями, т. е. производят графическую интерполяцию данных, полученных в отдельных точках (шурфах и скважинах). Если слой, обнаруженный в одной выработке, отсутствует в соседней выработке, то на разрезе изображается его постепенное выклинивание к середине расстояния между скважинами. У вертикальных линий, изображающих скважины и шурфы, указываются отметки и глубины залегания по вертикали различных слоев.

Инженерно-геологические слои (элементы) выделяются в соответствии учета их возраста, происхождения, текстурно-структурных особенностей или физического состояния и номенклатурного вида. При этом используются следующие показатели свойств грунтов: для крупнообломочных - зерновой (гранулометрический) состав и дополнительно общая влажность и влажность заполнителя (для крупнообломочных грунтов с глинистым заполнителем); для песчаных - зерновой состав, коэффициент пористости и дополнительно влажность для пылеватых песков; для глинистых грунтов - характеристики пластичности (пределы и число пластичности), коэффициент пористости и влажность.

Возможно объединение двух соседних слоев одного номенклатурного вида (например, суглинков) в один инженерно-геологический элемент при наличии идентичности их физико-механических свойств или же, наоборот, разделение одного слоя на два и более элементов, если свойства внутри слоя различны. Инженерно-геологическим слоям (элементам), начиная с более поздних (молодых) отложений, дается нумерация арабскими цифрами. На каждом слое приводятся характеристики основных инженерно-геологических свойств грунта: модуль деформации E , угол внутреннего трения ϕ , удельное сцепление C , удельный вес γ . Границы слоев обозначаются линиями толщиной 0,3...0,5 мм в соответствии с приложением Д (сплошными или пунктирными в зависимости от их обоснованности).

Литологический состав грунтов изображается штриховыми знаками в соответствии с условными обозначениями. На фоне обозначений литологического состава редкими наложенными знаками показываются дополнительно наиболее характерные диалогические особенности пород (гумусированность, иловатость, песчанистость и т.д.). На разрезах, сложенных просадочными грунтами, указывается (сплошной линией толщиной 1 мм) и подписывается граница просадочной толщи при нагрузке 0,3 МПа или других принятых нагрузках. Кроме того, в соответствующих условных обозначениях на инженерно-геологических разрезах могут быть показаны особенности залегания слоев грунтов, элементы тектоники, геоморфологии и физико-геологических явлений и процессов, имеющих место на данной территории.

При расчленении пород по возрасту следует руководствоваться принципами стратиграфической классификации, утвержденной межведомственным федеральным стратиграфическим комитетом и местными (региональными) стратиграфическими схемами, принятыми государственной геологической службой для данной территории. Возраст и генезис грунтов обозначают буквенными и цифровыми индексами в соответствии с принятой индексацией. На разрезах по каждой выработке, вскрывшей воду, отмечаются установившиеся уровни подземных вод; для напорных вод изображаются также уровни их появления. Положение уровня подземных вод на разрезах показывается пунктирной линией толщиной 0,5 мм, которая характеризует уровни по отдельным выработкам, пройденным в одном сезоне. Максимальный прогнозируемый уровень подземных вод отмечается штрихпунктирной линией толщиной 1 мм с указанием отметки. На разрезах, пересекающих поверхностные водотоки и водоемы, указываются отметки уровня поверхностных вод на момент изысканий. Условные обозначения помещаются на свободном месте первого листа разрезов. На остальных листах делается ссылка на эти условные обозначения. Скважины, точки опытных работ вычерчиваются на разрезах сплошными линиями с указанием глубины исследования и пунктирными линиями, если они снесены на разрез. Места взятия проб грунта и воды, точки проведения полевых испытаний грунтов изображаются на разрезах на соответствующих глубинах принятыми условными знаками.

Оборудование и материалы. Таблицы с данными для построения профильных инженерно-геологических разрезов (абсолютные отметки устьев скважин и подошвы стратиграфических горизонтов, значения коэффициентов фильтрации, мощности пластов (Н,м) и пористости грунтов).

Задания

Линии профилей выбираются в общем случае с таким расчетом, чтобы они охватили максимальное количество опорных, наиболее хорошо изученных разрезов или проходили по оси сооружения. Последнее имеет место в данной лабораторной работе. Построение профилей рекомендуется проводить в следующем порядке:

1. В нижней части рисунка сделать три строки для характеристики скважин и указания расстояний между ними.

2. Наметить начало профиля и отложить вправо длину разреза в принятом масштабе.

3. У начала разреза построить шкалу абсолютных отметок с таким расчетом, чтобы максимальная отметка была несколько выше верхней точки рельефа, а минимальная ниже забоя самой глубокой скважины.

4. Для построения топографического профиля от левой шкалы по горизонтальному направлению отложить расстояния до каждой скважины, нанести положение стволов скважин и провести вертикальный штрих в верхней из трех строк, расположенных внизу рисунка. Под штрихами указать номера скважин, а ниже - абсолютные отметки их устьев.

5. Нанести на стволы скважин абсолютные отметки устья скважин, и, соединив все точки плавными линиями, получить топографический профиль поверхности земли по заданному направлению.

6. На отмеченные стволы скважин нанести колонки буровых скважин. При крупном масштабе разреза ствол скважин обозначают двумя вертикальными отрезками, в остальных случаях – одним.

7. На нижнем конце отрезка, соответствующем абсолютной отметке низшей точки пробуренной скважины (забою), поставить короткий поперечный штрих. Справа от штриха записать абсолютную отметку забоя, вычисляемую как разность между абсолютной отметкой устья и глубиной скважины.

8. Вдоль линии скважины разметить границы слоев и проставить их абсолютные отметки, которые вычисляют как разность абсолютной отметки устья скважины и глубин залегания соответствующих слоев.

9. В интервале каждого слоя (на полосе шириной 1, 2 см) условными обозначениями, отметить карандашом состав и относительный возраст и фациальную принадлежность пород.

10. Соединить разновозрастные границы слоев.

Прежде чем проводить границы слоев на разрезе, следует восстановить в общих чертах доступную нам историю геологического развития изучаемого участка. Рассматривая стратиграфическую колонку и колонки скважин на разрезе, видим, что наиболее древними породами, вскрытыми скважинами, являются кембрийские известняки. Между ними и залегающими выше верхнеюрскими глинами и аргиллитами имеется стратиграфический перерыв, во время которого происходило разрушение известняков и формировался рельеф, поверхность которого могла иметь сложную форму.

В послекамменноугольное (иногда в послеюрское) время вплоть до начала четвертичного периода осадконакопления на данном участке не происходило.

В нижнечетвертичное время по пониженным частям рассматриваемой территории проходил ледниковый поток, частично разрушивший юрские глины и даже каменноугольные известняки. После таяния и отступления ледника образовались ледниковые отложения, представленные валунными суглинками, и флювиогляциальные образования в виде крупных песков с гравием и галькой (fgQ_2). В верхнечетвертичное время река размывала водноледниковые отложения (частично), а затем оставила свои аллювиальные (Q_3). Позже уровень реки несколько раз менялся, в результате чего были частично размывы верхнечетвертичные осадки, затем отложены современные (aQ_4).

Сделав этот анализ, на разрезе необходимо провести возрастные границы, то есть выделить площади с одноименными индексами. Проще всего ограничить слой C_3 , сложнее оконтурить линзы Q_3 и Q_4 .

Увязывая все разрезы, попадающие на профиль, можно получить картину изменений литологического состава и условий образования пород, залегающих в основании сооружений. На законченных инженерно-геологических профилях соответствующими условными обозначениями следует нанести горизонты, различающиеся по условиям образования, и литологию пород.

11. Горизонтальный масштаб берется, как правило, в несколько раз меньше, чем вертикальный. Например, горизонтальный масштаб берется 1:200000, а вертикальный – 1:1000 или 1:5000.

Для построения профилей предлагается использовать приведенные ниже варианты заданий (Таблица 38).

Таблица 38 - Варианты заданий.

Скв. 1 Альтитуда устья 129 м				
№ слоя	Индекс возраста и генетического типа	Описание пород	Мощность слоя, м	Альт. подошвы слоя, м
1	pQ_2	Суглинки с обломками щебня	6	123
2	gQ_2	Суглинки валунные	5	118
3	fQ_2	Пески светлые кварцевые	3	115
4	gQ_2	Суглинки валунные	2,5	112,5
5	mC_3	Известняки плотные белые	5,5	107

Скв. 2 Альтитуда устья 115 м				
1	a Q ₃	Пески, суглинки , супеси	6	109
2	a Q ₃	Пески косослоистые с гравием	3	106
3	m J ₃	Глины	5	101
4	mC ₃	Известняки плотные белые	7	94

Скв. 3. Альтитуда устья 122,5

1	gQ ₂	Суглинки валунные	4,5	118
2	f Q ₂	Пески рыхлые кварцевые	4	114
3	gQ ₂	Суглинки валунные	2,5	111,5
4	m J ₃	Глины черные пластичные	5	106
5	mC ₃	Известняки плотные белые	6	100

Скв.4. Альтитуда устья 126,5

1	g Q ₂	Суглинки валунные	4,5	122
2	f Q ₂	Пески серые кварцевые	3	119
3	g Q ₂	Суглинки валунные	2	117
4	m J ₃	Глины черные плотные	4,5	112,5
5	m C ₃	Известняки светлые крепкие	6	106,5

Скв. 5. Альтитуда устья 123 м

1	gQ ₂	Суглинки валунные	4	119
2	f Q ₂	Пески серые кварцевые	3	116
3	g Q ₂	Суглинки валунные	2,5	113,5
4	m J ₃	Глины черные плотные	3	110,5
5	m C ₃	Известняки светлые крепкие	5	105,5

Скв.6 Альтитуда устья 122м

1	g Q ₂	Суглинки валунные	4	118
2	f Q ₂	Пески серые кварцевые	5	113
3	gQ ₂	Суглинки валунные	5	108
4		Глины черные плотные	3	105
	m C ₃	Известняки серые органогенные	4,5	100,5

Скв.7Альтитуда устья 110м

1	a Q ₄	Супеси,суглинки,пески	4	106
2	a Q ₄	Гравелиты, пески	8	98
3	m C ₃	Известняки белые органогенные	4	94

Скв. 8. Альтитуда устья 117 м

1	a Q ₃	Супеси,суглинки	3	114
2	a Q ₄	Пески косослоистые с гравием	7	107
3	m J ₃	Глины черные аргиллитоподобные	8	99
4	mC ₃	Известняки плотные белые	5	94

Скв. 9. Альтитуда устья 128

1	gQ ₂	Суглинки валунные	4	124
2	f Q ₂	Пески рыхлые кварцевые	3	121
3	gQ ₂	Суглинки валунные	4	117
4	m J ₃	Глины черные пластичные	5,5	111,5
5	mC ₃	Известняки плотные белые	6	105,5

Скв10. Альтитуда устья 121,5

1	b Q ₄	Торф	0,5	121
2	l Q ₃	Глины темно-серые пластичные	1	120
3	f Q ₂	Пески серые кварцевые	2	118
4	gQ ₂	Суглинки валунные	4	114
5	m J ₃	Глины черные плотные	3	111
6	m C ₃	Известняки светлые крепкие	5	106

Скв.11. Альтитуда устья 124 м

1	gQ ₂	Суглинки пластичные валунные	5	119
2	f Q ₂	Пески серые кварцевые	2	117
3	gQ ₂	Суглинки валунные	7	110

4	m C ₃	3. Известняки серые органогенные	5	103
---	------------------	----------------------------------	---	-----

Скв. 12 Альтитуда устья 109м

1	b Q ₄	Торф	1	108
2	a Q ₄	Косослоистые пески	2	106
3	a Q ₄	Гравелиты, пески	8	98
4	m C ₃	Известняки серые плотные	4	94

Скв.13 Альтитуда устья 120м.

1	f Q ₂	Пески серые кварцевые	3	117
2	gQ ₂	Суглинки валунные	7	110
3	m J ₃	Аргиллиты черные	4	106
4	m C ₃	Известняки серые плотные	4,5	101,5

Скв.14 Альтитуда устья 126 м

1	pQ ₂	Суглинки с обломками щебня	6	120
2	gQ ₂	Суглинки валунные	5	115
3	f Q ₂	Пески светлые кварцевые	3	112
4	mC ₃	Известняки плотные белые	4	108

Таблица 39 - Варианты заданий

№ варианта	№№ скважин	№варианта	№№ скважин	№варианта	№№ скважин
1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	7	7, 6, 5, 4, 3, 2, 1	13	13, 11, 9, 7, 5, 3, 1
2	2, 4, 6, 8, 10, 12, 14	8	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14	14	14, 13, 12, 11, 10, 9, 8
3	3,5,7,9,11,13,1	9	9, 11, 13, 3, 5, 7, 1	15	11, 8, 12, 13, 1, 6, 7
4	4, 7, 10, 13, 1, 4, 8	10	10, 13, 4, 1, 7, 8, 12	16	12, 14, 11, 4, 9, 6, 8
5	5,7,11,14, 3, 13, 9	1	11, 1, 7, 5, 3, 13, 14	17	13, 4, 6, 8, 5, 4, 3, 10
6	6, 8, 10, 12, 14, 4, 2	12	12, 10, 14, 8, 6, 2, 4	18	14, 11, 12, 7, 5, 3, 9

Содержание отчета. В отчете следует отразить: цель работы, краткое теоретическое обоснование; построить профиль в соответствии с требованиями к геологической графике.

При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Какими знаками, на инженерно-геологических профильных разрезах, показывают литологический состав грунтов?
2. В каком порядке рекомендуется проводить описание профилей?

Список литературы

1. Геология : учебник / А. М . Гальперин, В. С. Зайцев, Г. Н. Харитоненко, Ю. А. Норватов, Ч. 3, Гидрогеология. - М. : Мир горной книги : МГГУ : Горная книга, 2009. - 400 с. : ил. - (Горное образование). - ISBN 978-5-91003-043-9
2. Экологическая гидрогеология : учебник для вузов / А. П. Белоусова [и др.]. - Москва : Академкнига, 2007. - 397 с. : ил., табл. - Библиогр. в тексте. - ISBN 978-5-94628-317-5

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 15 ОБРАБОТКА ГЕОТЕРМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Тема (12): Инженерно-геологические изыскания. Виды, этапы, методы изысканий.

Цель работы. Ознакомиться с геотермическими особенностями пород; научиться вычислять геотермические параметры, выполнить построения используя полученные параметры.

Теоретическая часть

Геотермические исследования дают большой и надежный материал для выяснения степени динамичности или, наоборот, застойности подземных вод, а также возможность сделать обоснованное заключение о направлении подземного стока вод и его интенсивности. Изучение геотермической особенностей нефтегазовых месторождений позволяют также уточнять геологическое строение месторождений.

Естественная температура пород определяется по термограммам, зарегистрированным в скважинах с установившемся тепловым режимом. Замеры температур в скважинах производят либо максимальным термометром, либо электротермометром. Максимальный термометр позволяет определить температуру лишь в данной точке пласта. Основные его свойства – сохранение температуры при условии, если он не попадет в среду с более высокой температурой. Более удобно пользоваться электрическим термометром, опускаемым в скважину на каротажном кабеле. Перед замером температуры скважина должна быть остановлена на 20-25 суток, для того, чтобы в ней восстановился нарушенный бурением или эксплуатацией температурный режим.

При геотермических исследованиях установлено, что углублением скважины температура пород возрастает. Это возрастание количественно может быть охарактеризовано геотермическим градиентом и геотермической ступенью.

Геотермический градиент – это прирост температуры при углублении скважины на единицу длины и вычисляется как отношение приращений температур, определенным по геотермограммам на известных глубинах, к разности этих глубин по формуле 1:

$$\Gamma = \frac{t_2 - t_1}{h_2 - h_1},$$

где Γ – геотермический градиент, $^{\circ}\text{C}/\text{м}$;

t_2, t_1 – температуры на глубинах соответственно h_2, h_1 .

Геотермическая ступень – это расстояние в метрах, при углублении на которое температура пород повышается на 1°C , определяется по формуле 2:

$$G = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1},$$

где G – геотермическая ступень, $\text{м}^{\circ}\text{C}$.

Геотермический градиент и ступень связаны между собой соотношением 3:

$$G = \frac{1}{\Gamma},$$

Геотермические разрезы и карты: Наиболее распространенным методом графической обработки геотермических материалов является график изменения температуры с глубиной.

Геотермические профильные разрезы оказывают большую помощь при изучении отдельных месторождений и нефтегазоносных бассейнов. При выборе направления профиля считается наилучшим то сечение, где располагается наибольшее "количество скважин, по которым произведены геотермические исследования. Профили могут быть поперечными (вкрест простирания или по падению пород) и продольными (по простиранию пород).

Геотермические профили составляют для выявления закономерностей распространения естественных геотермических зон, для определения геологического строения исследуемого региона по данным геотермии. Эти профили используют также при составлении геотермических карт.

Геотермические карты дают четкое представление о распределении температуры на значительной площади нефтегазовых месторождений. Геотермические карты строят только в том случае, если имеется достаточно большое количество геотермических исследований по скважинам, равномерно расположенным в различных частях региона.

Обычно при изучении нефтегазовых месторождений или бассейнов строят следующие геотермические карты: 1) карты геоизотерм для различных глубин, отображающих температуру на одинаковой глубине; 2) карты геоизотерм по кровлям стратиграфических горизонтов или водоносных комплексов; 3) карты равных величин геотермических ступеней; 4) карты равных величин геотермических градиентов; 5) карты термоизогипс, или карты равных глубин при заданной температуре; 6) карты равных величин тепловых потоков.

Оборудование и материалы. Таблица температур по разным районам и на разных глубинах.

Задания

1. Рассчитать геотермические градиенты и геотермические ступени по скважинам.

2. По имеющимся данным построить карты геоизотерм, термоизогипс и геотермических ступеней.

3. Проанализировав построенные карты, оценить геотермический режим недр изучаемых нефтегазоносных районов.

Для расчетов и построений использовать приведенные ниже схемы расположения скважин (рис. 10, 11, 12) и результаты температурных замеров. Варианты заданий в таблице 40.

СХЕМА ГЕОТЕРМИЧЕСКОГО ГРАДИЕНТА
для глубин ____ - ____ м
нефтяных месторождений Восточного Предкавказья
Масштаб 1:500000
Вариант __



Рисунок 10 – Схема геотермического градиента

СХЕМА ТЕРМОИЗОГИПС
для температуры ____ °С
нефтяных месторождений Восточного Предкавказья
Масштаб 1:500000
Вариант ____



Рисунок 11 - Схема термоизогипс

СХЕМА ГИДРОИЗОТЕРМ
для глубины _____ м
нефтяных месторождений Восточного Предкавказья
Масштаб 1:500000
Вариант ____



Рисунок 12 – Схема гидроизотерм

Таблица 40 – Варианты заданий

Вариант	Месторождение	Глубина для построения схемы геоизотерм, м	Температура для построения схемы термоизогипс, °С
1	Березовое	300	25
2	Луговое	400	30
3	Мирное	500	35
4	Советское	600	40
5	Киевское	800	45
6	Заветное	1000	50
7	Степное	1200	55
8	Совхозное	1400	60
9	Кумское	1600	52
10	Кубанское	1800	42
11	Лесное	1900	32
12	Заветное	2300	57

Содержание отчета. В отчете следует отразить цель работы, привести краткое теоретическое обоснование, рассчитанные значения геотермических градиентов и геотермических ступеней, построенные карты геотермических градиентов, геоизотерм, термоизогипс и выводы о геотермическом режиме недр изученной территории.

При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Для каких целей изучается геотермический режим нефтегазовых месторождений?

2. Каким образом определяется изменение температуры по глубине?

3. Какими параметрами может быть количественно охарактеризовано изменение температуры по глубине?

4. Что такое геотермический градиент и геотермическая ступень? Приведите формулы, по которым они рассчитываются.

5. Что характеризуют карты геоизотерм? Термоизогипс? Геотермических градиентов?

Список литературы

1. Геология : учебник / А. М. Гальперин, В. С. Зайцев, Г. Н. Харитоненко, Ю. А. Норватов, Ч. З. Гидрогеология. - М. : Мир горной книги : МГГУ : Горная книга, 2009. - 400 с. : ил. - (Горное образование). - ISBN 978-5-91003-043-9

2. Экологическая гидрогеология : учебник для вузов / А. П. Белоусова [и др.]. - Москва : Академкнига, 2007. - 397 с. : ил., табл. - Библиогр. в тексте. - ISBN 978-5-94628-317-5

3. Кирюхин, В. А. Общая гидрогеология : учебник / В. А. Кирюхин ; СПб. гос. горный ин-т. - СПб., 2008. - 439 с. : ил. - Библиогр.: с. 434-436. - ISBN 978-5-94211-330-8

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине

ОСНОВЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Специальность
Специализация

21.05.02 Прикладная геология
Геология месторождений нефти и газа

Методические рекомендации предназначены для студентов специальности-

21.05.02. Прикладная геология, специализация -Геология месторождений нефти и газа.

Цель методических рекомендаций:

1. Методическое сопровождение процесса введения и реализации требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее ФГОС ВО), помощь при разработке рабочих учебных программ дисциплин образовательной программы (далее ОП).

2. Создания в образовательном учреждении учебно-методического обеспечения образовательного процесса.

Методические рекомендации определяют сущность самостоятельной работы студентов в вузе, ее назначение, планирование, формы организации и виды контроля.

Содержание

1. Нормативное обеспечение самостоятельной работы в ФГОС ВО
2. Назначение и виды самостоятельной работы студентов
3. Контроль самостоятельной работы студентов преподавателями

1. Нормативное обеспечение самостоятельной работы в ФГОС ВО

Требования к условиям реализации ОП:

- требования к обязательному минимуму содержания образовательной программы подготовки бакалавра, к условиям ее реализации и срокам ее освоения определяются настоящим ФГОС ВО;

- в программу специалитета входит «Дисциплины (модули)», который включает дисциплины (модули), относящиеся к обязательной части программы и дисциплины (модули), относящиеся к части, формируемой участниками образовательных отношений. Дисциплины (модули), относящиеся к обязательной части программы специалитета, являются обязательными для освоения обучающимся вне зависимости от направленности (профиля) программы, которую он осваивает. Набор дисциплин (модулей), относящихся к обязательной части программы специалитета, вуз определяет самостоятельно в объеме, установленном настоящим ФГОС ВО. Дисциплины (модули), относящиеся к части, формируемой участниками образовательных отношений определяют направленность (профиль) программы. Набор дисциплин (модулей), относящихся к части, формируемой участниками образовательных отношений, определяет вуз самостоятельно в объеме, установленном настоящим ФГОС ВО. После выбора обучающимся направленности (профиля) программы, набор соответствующих дисциплин (модулей) становится обязательным для освоения обучающимся;

- максимальный объем учебной нагрузки студента устанавливается 54 часа в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся должны быть оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации. Библиотека вуза должна иметь достаточное количество современных учебников и учебных пособий по всем дисциплинам и постоянно восполняться научной литературой и периодическими изданиями нефтегазового профиля.

Объем времени, отведенный на внеаудиторную самостоятельную работу, находит отражение:

- в рабочем учебном плане,
- в рабочих программах учебных дисциплин с распределением по разделам или конкретным темам.

2. Назначение и виды самостоятельной работы студентов

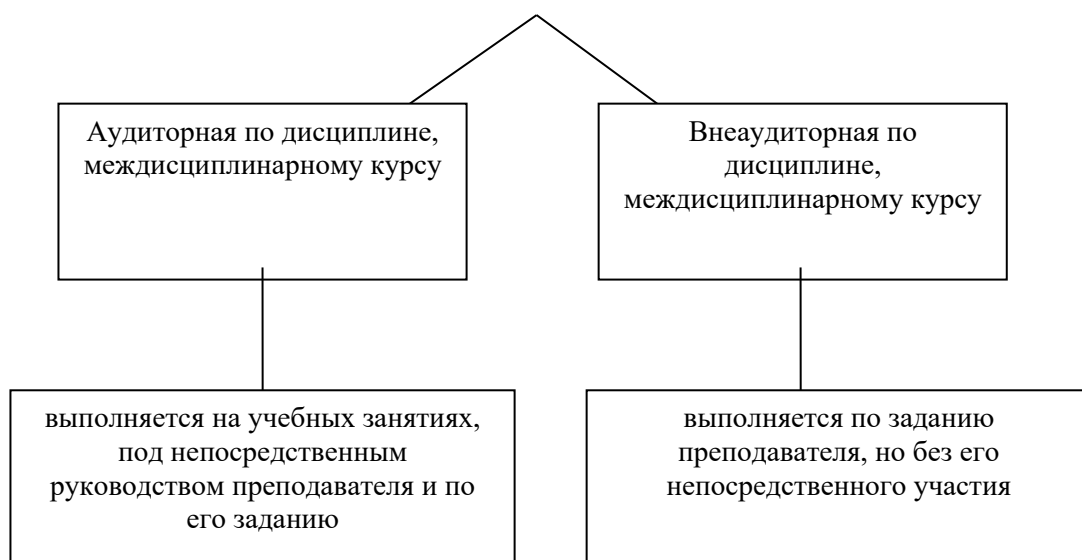
Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;

- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, совершенствованию и самоорганизации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитию исследовательских умений.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В учебном процессе образовательного учреждения выделяются два вида самостоятельной работы:



3. Контроль самостоятельной работы студентов преподавателями

Контроль самостоятельной работы студентов предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- валидность контроля (соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить);
- дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

Формы контроля самостоятельной работы

1. Просмотр и проверка выполнения самостоятельной работы преподавателем.
2. Самопроверка, взаимопроверка выполненного задания в группе.
3. Обсуждение результатов выполненной работы на занятии.
4. Тестирование.
5. Письменный опрос.
6. Устный опрос.
7. Индивидуальное собеседование.

8. Коллоквиум.
9. Отчет о проделанной работе.
10. Защита рефератов или курсовой работы.
11. Творческий конкурс.
12. Интернет-конференции.
13. Контрольная работа.

Критерии оценки результатов самостоятельной работы

Критериями оценок результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентами учебного материала;
- умения студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- сформированность общеучебных умений;
- умения студента активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- умение четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- умение показать, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- умение сформировать свою позицию, оценку и аргументировать ее.

Содержание внеаудиторной самостоятельной деятельности студентов

Методические указания для студентов по выполнению самостоятельной работы:

1. Подготовка к лекциям;
2. Подготовка к практическим занятиям;
3. Самостоятельное изучение учебной литературы.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

1. Гледко, Ю. А. Гидрогеология / Ю.А. Гледко. - Минск : Высшая школа, 2012. - 448 с. - ISBN 978-985-06-2126-9

2. Геология : учебник / А. М. Гальперин, В. С. Зайцев, Г. Н. Харитonenко, Ю. А. Норватов, Ч. З. Гидрогеология. - М. : Мир горной книги : МГГУ : Горная книга, 2009. - 400 с. : ил. - (Горное образование). - ISBN 978-5-91003-043-9

3. Платов, Н. А. Основы инженерной геологии : учебник для техникумов / Н. А. Платов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ИНФРА-М, 2009. - 192 с. : ил. - (Среднее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 191. - ISBN 978-5-16-003011-1

4. Ананьев, В. П. Инженерная геология : [учебник] / В.П. Ананьев, А.Д. Потапов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 2002. - 511 с. : ил. - На учебнике гриф: Доп.МО. - Библиогр.: с. 572-573. - ISBN 5-06-003690-18.2.

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

1. Электронная версия методического обеспечения по выполнению лабораторных работ по данной дисциплине

2. Электронная версия методического обеспечения по выполнению самостоятельной работы по данной дисциплине