



Министерство образования и науки Украины
ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

Специальности:
103 (Науки о Земле)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению практических работ
по дисциплинам:
«ГИДРОГЕЛОГИЯ», «ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА»

Харьков 2017

Министерство образования и науки Украины
ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

Направление подготовки:
10 (Науки о природе)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению практических работ
по дисциплинам:
«ГИДРОГЕЛОГИЯ», «ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА»

Утверждено на заседании
кафедры геотехники
и подземных сооружений
Протокол № 10 от 07.03. 2017г.

Харьков 2017

Методические указания к выполнению практических работ по дисциплинам: «Гидрогеология», «Геология нефти и газа», для студентов-иностранцев направления подготовки: 10 (Науки о природе) / Составители: В.Ю. Егупов, А.И. Бондаренко, А.Ю. Купрейчик.– Харьков, ХНУСА, 2017. – 40с.

Рецензент Г. Г. Стрижельчик

Кафедра геотехники и подземных сооружений

ВВЕДЕНИЕ

Основная цель и задачи дисциплин «Гидрогеология», «Инженерная геология», а также «Геология нефти и газа» - сформировать у студентов теоретические и практические навыки при изучении внутреннего строения Земли, земной коры, размещенных в ней полезных ископаемых (в том числе подземных вод), а также геологии нефти и газа. Экономическое развитие и стабильность любого государства во многом зависит от наличия этих полезных ископаемых. Поэтому геология нефти и газа стала самостоятельной дисциплиной в комплексе геологических дисциплин. С каждым годом усложняются процессы поисков и разведки месторождений углеводородов и к тому же растут глубины месторождений. Соответственно усложняется и дорожает строительство глубоких скважин. Поэтому растут требования к достоверности геологической информации, требуется применение более качественных и технически разработанных методов поиска и разведки месторождений нефти и газа.

В результате изучения учебных дисциплин студент должен:

- ЗНАТЬ:
 - Строение Земли и земной коры
 - Горные породы, их генетическую классификацию;
 - Основные законы движения подземных флюидов – воды, нефти, газа;
 - Динамику, физические и химические свойства подземных вод;
 - Породы-коллекторы, покрышки, их физические свойства;
 - Понятие нефтематеринских и нефтеносных пород;
 - Пути и направления миграции углеводородов и геологические условия образования их скоплений;
 - Типы залежей и месторождений нефти и газа и распределение углеводородов по площади структуры;
 - Закономерности распространения месторождений углеводородов на Земле.
 - Основные принципы охраны геологической среды
 - Условия залегания подземных вод; их влияние на сооружения. Классификация подземных вод из условий залегания: почвенная влага, верховодка, грунтовые воды, межпластовые напорные и безнапорные воды.
 - Виды движения подземных вод. Инфильтрация и фильтрация. Закон Дарси в условиях ламинарного и турбулентного движения. Определение направления, скорости фильтрации и действительной скорости движения подземных вод.

УМЕТЬ:

- Оценивать коллекторские свойства горных пород;
- Описывать залежи или месторождения, определять их тип;
- Определять направление и скорость движения подземных вод.

ОЗНАКОМИТЬСЯ:

- С геохронологией, стратиграфией и приемами изображения геологической ситуации на разрезах и картах;
- С условиями и факторами, определяющими накопления и миграцию углеводородов;
- С историей добычи и использования нефти и природного газа.

При изучении курса предусматриваются лекции и практические работы. На лекциях изучается теоретический материал дисциплины, а на практических работах - прикладные вопросы. На занятиях используются схемы, таблицы, плакаты, фотодокументы и тому подобное.

Дисциплина базируется на знаниях математики, физики, химии, геологии, геодезии.

Примечание.

Названия отраслей, специальностей и коды приведены согласно постановлению Кабинета Министров УКРАИНЫ от 29 апреля 2015 № 266 Об утверждении перечня отраслей знаний и специальностей, по которым осуществляется подготовка соискателей высшего образования (с изменениями, внесенными согласно Постановлению КМ № 674 от 27.09.2016 и № 53 от 01.02.2017) <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/266-2015-%D0%BF>

1. СТРАТИГРАФИЯ И ГЕОХРОНОЛОГИЯ

Определение стратиграфии и геохронологии. Абсолютный и относительный возраст горных пород. Геохронологическая шкала.

Для оценки свойств горных пород, в том числе с целью их использования для строительства, а также перспективности их нефте-газоносности, необходимо установить их возраст и условия залегания. Показатели возраста пород указывают во всей геологической документации, на геологических разрезах и картах. Общие закономерности условий развития и изменений земной коры изучает историческая геология, а непосредственно залегание слоев осадочных пород отдельных территорий и их возраст – стратиграфия и геохронология.

Стратиграфия (от лат. *stratum* – слой, настил и древнегреч. *γράφω* – пишу, черчу, рисую) — это раздел геологии, который занимается изучением залегания осадочных (и пирокластических) горных пород и определением их относительного геологического возраста. Стратиграфию какого-либо района составляет последовательность напластования слагающих его пород, положение других геологических образований, которые изображают на геологических разрезах.

В основе стратиграфии заложены два теоретических принципа: закон напластования Стено и закон соответствия флоры и фауны Гексли. Согласно закону напластования, введенному в геологию Николасом Стено ещё в XVII веке, пласты горных пород выше лежащие, как правило, являются более молодыми, чем залегающие глубже. Согласно закону Гексли, слои, содержащие остатки одинаковых ископаемых видов живых организмов, имеют одинаковый возраст.

Геохронология – это учение о хронологической (временной) последовательности формирования и возрасте горных пород, слагающих земную кору. Различают абсолютную и относительную геохронологию.

Абсолютная геохронология устанавливает, т.н. абсолютный возраст горных пород, который выражается в единицах времени (обычно в миллионах лет). Для определения абсолютного возраста разработаны методы, основанные на изучении процессов радиоактивного распада урана, тория, рубидия, изотопа углерода C^{14} и других элементов, которые содержатся в минералах, составляющих горные породы. Например, определив в минерале уранинит совместное содержание U^{238} и один из продуктов его радиоактивного распада Pb^{206} , можно узнать время, прошедшее с момента образования минерала и породы, то есть их абсолютный возраст.

Относительная геохронология заключается в определении относительного геологического возраста горных пород, т.е. какие отложения в земной

коре являются более молодыми, а какие более древними. Относительный возраст пород имеет специальные буквенные и цифровые обозначения, а на геологических картах и разрезах обозначается определенным цветом.

Для установления возраста пород и сравнения стратиграфии удалённых друг от друга территорий (материков, стран, регионов) используется палеонтологический метод, основанный на изучении окаменевших остатков и следов вымерших животных и растений захороненных в пластах горных пород. Лучше всего сохраняются остатки водных организмов (морские раковины, кораллы, скелеты и зубы рыб и др.), но нередко находят и следы жизни на суше: отпечатки листьев деревьев, окаменевшие скелеты наземных животных, следы лап и т.д. Сопоставление окаменелостей из различных пластов позволило установить закономерности процесса развития органической жизни и выделить в истории Земли ряд геологических этапов со свойственным каждому из них комплексом флоры и фауны. Горные породы, образованные в эти этапы составляют основу общей стратиграфической шкалы, а время, за которое образовались эти породы — основа геохронологической шкалы.

Геохронологическая (хроностратиграфическая) шкала – это шкала относительного геологического времени, построенная на основе определенных исторической геологией этапов формирования земной коры и, установленных палеонтологией, истории развития различных форм жизни на Земле. Она представляет собой последовательность стратиграфических элементов в соответствии со временем их образования. Геохронологическая шкала имеет вид полной идеальной геологической колонки всех земных отложений без пропусков и является эталоном для корреляции различных местных стратиграфических единиц. Границы между стратиграфическими элементами проходят по существенным событиям геологических изменений земной коры или этапам эволюции живых организмов. Пример геохронологической шкалы приведен на рис. 1.

Геохронологическая шкала – отражает естественные этапы в истории Земли в восходящем порядке от самых древних к современному этапу. В левом верхнем углу – голоцен (т.е. геологическое "наше время"). В правом нижнем – самый ранний период существования планеты.

Основные единицы подразделений этой шкалы: зоны, эры, периоды, эпохи, века. Стратиграфические подразделения являются неотъемлемыми составляющим геохронологической шкалы, ее вещественным выражением. Если главным объектом геохронологической шкалы является геологическое время, то объектом стратиграфической части шкалы являются комплексы горных пород, образовавшиеся в течение этого геологического времени. Каждому геохронологическому подразделению соответствует стратиграфи-

ческое подразделение: эре – группа, периоду – система и т.д. (табл. 1). В иностранной литературе группы называют эратемами, отделы – сериями, а ярусы – стадиями.

Таблица 1

Соотношение геохронологических и стратиграфических единиц

Отрезки геологического времени по геохронологической шкале	Комплексы слоев горных пород по стратиграфической шкале
Эон	Эонотема
Эра	Группа (эратема)
Период	Система
Эпоха	Отдел (серия)
Век	Ярус (стадия)

Например, названия эр (групп) обозначаются двумя заглавными буквами: архей – AR, кайнозой – KZ и т.д. Периоды (системы) обозначают одной заглавной буквой: четвертичный период – Q, юрский период – J, меловой период – K. Эпохи (отделы) обозначаются с помощью цифровых нижних индексов: поздне триасовая эпоха – T3, средне триасовая – T2, ранне триасовая – T1. Индекс яруса размещают справа от индекса отдела в виде одной или двух строчных букв в названии яруса. Две буквы используются в тех случаях, когда в одной системе имеются ярусы, названия которых начинаются с одинаковой буквы. При этом в индексе более древнего яруса указывается одна строчная начальная буква из названия яруса, а в индексе более молодых ярусов будут две буквы из названия яруса (первая и ближайшая согласная). Например: франкий ярус верхнего девона D3f, фаменский ярус верхнего девона - D3fm; лландоверийский ярус нижнего силура – S1l, лудловский ярус верхнего силура - S2ld.

ЭОНОТЕМА (ЭОН)	ЭРАТЕМА (ЭРА)	СИСТЕМА/ПОДСИСТЕМА (ПЕРИОД)		ОТДЕЛ (ЭПОХА) (для четвертичной системы – РАЗДЕЛ)
	КАЙНО- ЗОЙСКАЯ	ЧЕТВЕРТИЧНАЯ (АНТРОПОГЕНОВЫЙ)	Q 1,6	ГОЛОЦЕН ПЛЕЙСТОЦЕН ЭОПЛЕЙСТОЦЕН
И О З О Р Е Н А Ф	КАЙНО- ЗОЙСКАЯ 65 KZ	НЕОГЕНОВАЯ (НЕОГЕНОВЫЙ) (бывш. верхний отд. третичной системы)	N 21,4	ПЛИОЦЕН N ₂ Ч. Лейель, 1833
		ПАЛЕОГЕНОВАЯ (ПАЛЕОГЕНОВЫЙ) (бывш. нижний отд. третичной системы)	P 42,0	МИОЦЕН N ₁ Ч. Лейель, 1833
	МЕЗОЗОЙСКАЯ 185 MZ	— 23,03 — Хорнс, 1853 г.		ОЛИГОЦЕН P ₃ Бейрих, 1854
		— 65±0,3 — К. Науманн, 1866 г.		ЭОЦЕН P ₂ Ч. Лейель, 1833
		— 145±4,0 —		ПАЛЕОЦЕН P ₁ Шимпер, 1874
		МЕЛОВАЯ (МЕЛОВОЙ) д'Омалиус д'Аллау, 1822 г.	K 80,0	ВЕРХНИЙ K ₂ (поздняя)
		ЮРСКАЯ (ЮРСКИЙ) А. Броньяр, 1829 г.	J 55,0	НИЖНИЙ K ₁ (ранняя)
				ВЕРХНИЙ (поздняя) J ₃ А. Оппел, 1856
				СРЕДНИЙ (средняя) J ₂ А. Оппел, 1856
	ПАЛЕОЗОЙСКАЯ 292 PZ	ТРИАСОВАЯ (ТРИАСОВЫЙ) Ф. Альберти, 1834 г.	T 50,0	НИЖНИЙ (ранняя) J ₁ Орбини, 1850
		ПЕРМСКАЯ (ПЕРМСКИЙ) Р. Мурчисон, 1841 г.	P 50,0	ВЕРХНИЙ (поздняя) T ₃
		КАМЕННОУГОЛЬНАЯ (КАМЕННОУГОЛЬНЫЙ) С В. Конибир и В. Филлипс, 1822 г.	P 50,0	СРЕДНИЙ (средняя) T ₂
				НИЖНИЙ (ранняя) T ₁
		ДЕВОНСКАЯ (ДЕВОНСКИЙ) А. Седжвик и Р. Мурчисон, 1839 г.	D 56,0	ВЕРХНИЙ (поздняя) P ₂
		СИЛУРИЙСКАЯ (СИЛУРИЙСКИЙ) Р. Мурчисон, 1839 г.	S 28,0	НИЖНИЙ (ранняя) P ₁
		ОРДОВИКСКАЯ (ОРДОВИКСКИЙ) Ч. Лапворт, 1879 г.	O 44,0	ВЕРХНИЙ (поздняя) C ₃
		КЕМБРИЙСКАЯ (КЕМБРИЙСКИЙ) А. Седжвик, 1835 г.	Є 54,0	СРЕДНИЙ (средняя) C ₂
				НИЖНИЙ (ранняя) C ₁
				ВЕРХНИЙ (поздняя) C ₃

Рис. 1. Геохронологическая шкала (упрощенная версия)

2. ТЕКТОНИКА

Слоистость и складчатость. Пликативные и дизъюнктивные нарушения и их влияние на строительство

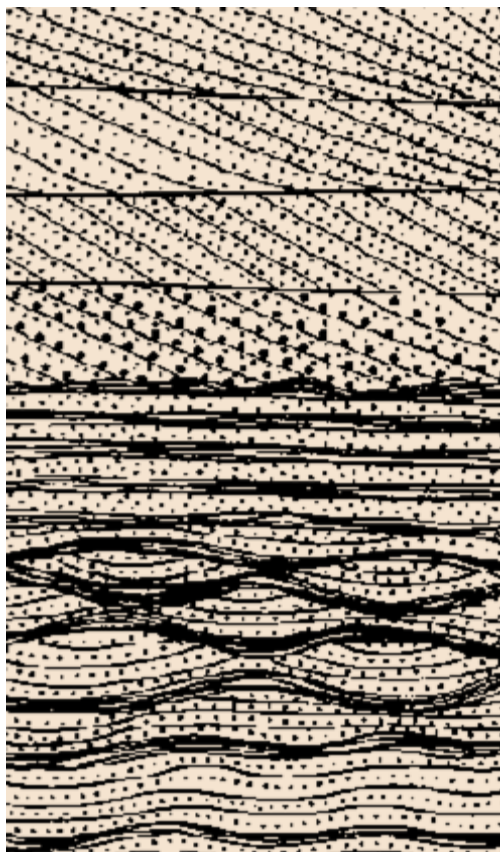
Тектоническими (от греч. Tektonike) – строительное искусство, созидание) называются процессы, под воздействием которых происходят вертикальные и горизонтальные движения земной коры, в результате которых формируются глобальные тектонические структуры – горно-складчатые области, прогибы, впадины, глубинные разломы и т.д. Движения вызывают тектонические нарушения – изменения первичного залегания горных пород. Особенно отчетливо эти изменения наблюдаются на примере осадочных пород, которые отлагаются в виде горизонтально залегающих пластов, а вследствие тектонических нарушений эти пласты оказываются смятыми в складки или разорванными на отдельные блоки. Тектонические движения, в итоге создают наблюдаемую структуру земной коры, т.е. они являются созидательными движениями.

Слоистость и складчатость. Складчатые и разрывные дислокации слоев горных пород.

Осадочные горные породы образуются из осадков, которые накапливаются на дне океанов, морей, озёр, в речных долинах, межгорных депрессиях и других понижениях рельефа и, как правило, первоначально обладают горизонтальным залеганием в виде слоев. Слой – это относительно плоское геологическое тело однородное по составу и строению, ограниченное практически параллельными поверхностями: верхняя граница слоя называется кровлей, нижняя – подошвой. Термин «пласт», имеющий аналогичное значение обычно применяется для полезных ископаемых, например угля, соли, известняка и др. Форма слоистости отражает характер среды, в которой происходит накопление осадка. Выделяют четыре основных типа слоистости: горизонтальную (параллельную или прямую), косую, волнистую, линзовидную (рис.2). Косая слоистость образуется при движении водных или воздушных потоков в одном направлении, например река, морское течение или постоянные ветры. В аллювиальных отложениях косая слоистость имеет общий наклон в сторону движения воды; в морских отложениях она более крупного размера и с небольшим наклоном. На мелководьях образуется очень тонкая, переплетающаяся косая слоистость в различных направлениях.

Горизонтальная слоистость, когда поверхности наложения параллельны, свидетельствует об относительной неподвижной среде в которой накапливался осадок. Такие условия возникают в озёрах или глубоких морских бассейнах ниже уровня действия волн и течений.

Линзовидная слоистость образуется при быстром и изменчивом движении водной или воздушной среды, например в зоне прибоя моря или в долинах быстрых горных рек. Она характеризуется разнообразием и изменчивостью состава, мощности отдельных прослоев, линз и их форм.



а – косая;

б – горизонтальная;

в – линзовидная;

г – волнистая.

Рис.2 Виды слоистости:

Волнистая слоистость формируется при движениях, имеющих периодическую смену в противоположных направлениях, например при отливах и приливах, прибрежных волнениях в мелководных зонах различных водоемов.

Первичное залегание большей части осадочных пород – практически горизонтальное с углом наклона не более одного градуса. Залегание с более крутыми углами 3-10° может возникнуть на склонах наземных и подводных возвышенностей, каньонов и др. Первичное залегание пород сохраняется относительно редко и нарушается последующими тектоническими движениями, что приводит к изменению углов наклона слоев, образованию складчатых и разрывных дислокаций (нарушений).

Пликативными дислокациями (от лат. *plico* — складываю и позднелат. *dislocatio* — смещение, перемещение) называют нарушенное залегание и пластические деформации слоёв горных пород без их видимых разрывов. К ним относится залегание в виде моноклиналей, флексур и складок. Причиной

пликативных нарушений чаще всего являются эндогенные процессы, связанные с деятельностью глубинных сил Земли (тектонические, магматические, различные проявления гравитационных сил и др.). Встречаются пликативные нарушения, связанные и с экзогенными процессами, например с оползнями, движениями больших массивов льдов (гляциодислокация). Однако основное значение имеют тектонические процессы: особенно проявления горизонтального сжатия, возникающие при коллизии литосферных плит.

Моноклинальное залегание образуется, когда горизонтально залегающие слои пород в результате тектонических движений приобрели наклон под одним углом на значительной территории. Моноклинали это наиболее простая форма пликативных дислокаций (рис.3.а). Она широко представлена в осадочных покровах молодых и древних платформ. Существуют слабо-наклонные (до 15°), пологие (16-30°), крутые (31-79°) и вертикальные (80-90°) моноклинали.



Рис.3. Простейшие пликативные нарушения: а – моноклинали; б – флексура

Флексурами называются уступообразные нарушения горизонтально или наклонно залегающих пластов (рис. 3. б). Флексуры обычно возникают при тектонических блоковых смещениях нижележащих пород. При смещениях небольшой амплитуды разрывов не происходит, но мощность пород в зоне сдвига часто бывает уменьшенной. У флексур различают нижнее, соединительное и верхнее крылья. Соединительное крыло представляет собой участок, на котором пласты имеют крутой наклон и сокращенную мощность.

Складчатые деформации или складки – это волнообразные изгибы пластов без разрыва сплошности горных пород. Этот тип дислокаций встречается наиболее широко. Например, горная система Большого Кавказа характеризуется полной складчатостью, т.е. всё видимое пространство заполнено складками, непрерывно переходящими друг в друга. Такая складчатость образуется в случае, когда действуют очень активные тектонические процессы.

В зависимости от размера в профиле выделяются: мега-складки – размер складки (длина половины волны) 1000 м и более; макро-складки – 50-1000 м; мезо-складки – 0,1-50 м; микро-складки (малые и мелкие) – < 0,1 м.

Две основные формы складок – это антиклинали и синклинали (рис.4).

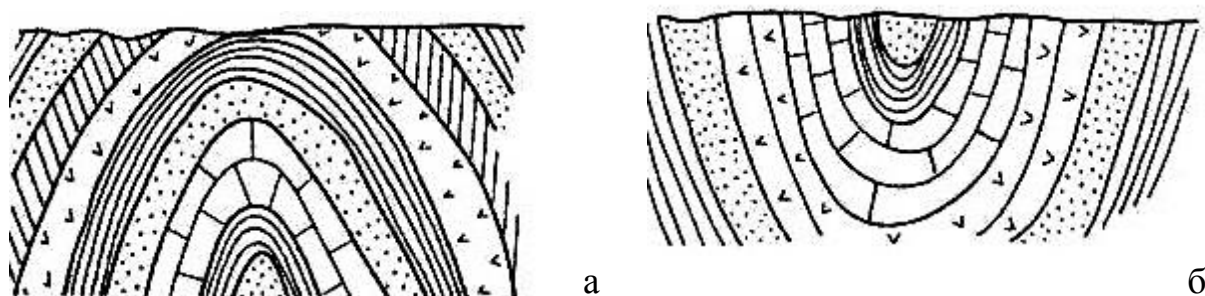


Рис.4 Простейшие формы складок: а – антиклиналь; б – синклиналь

Складки, пласты которых выгнуты кверху, в виде арки называются антиклиналями. У этих складок в середине (ядре) на дневной поверхности могут обнажаться более древние породы, а на крыльях – более молодые. Складки, пласты которых прогнуты книзу, называются синклиналями. У них в середине располагаются более молодые породы, а на крыльях – более древние.

В зависимости от положения складок в пространстве выделяют следующие их разновидности (рис.5).

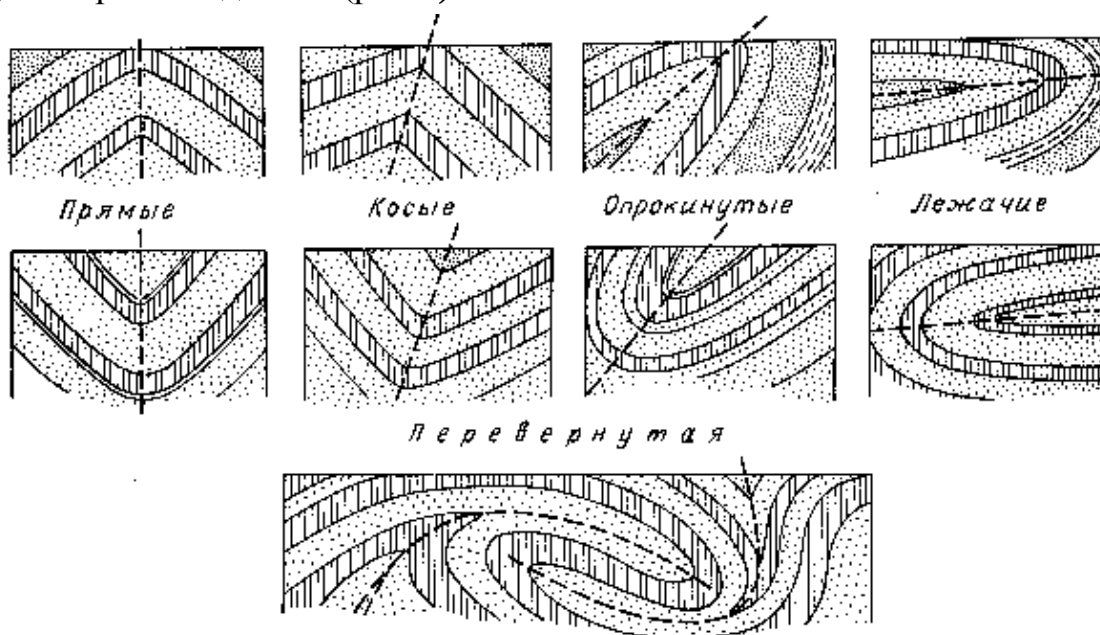


Рис 5. Разновидности складок (пунктиром показана осевая поверхность): Прямые складки - осевая поверхность вертикальна, а крылья падают в разные стороны под одинаковыми углами. Наклонные (косые) складки - осевая поверхность наклонена к горизонту, а крылья падают в разные стороны под разными углами. Опрокинутые складки - осевая поверхность круто наклонена, а крылья наклонены в одну сторону под разными углами. В этих складках различают нормальное и опрокинутое крылья. Лежащие складки - осевая поверхность параллельна горизонтальной поверхности. Крылья

наклонены в одну сторону под одним углом. Перевернутые (ныряющие) складки – осевая поверхность изгибается ниже горизонтальной поверхности.

Дизъюнктивные (разрывные) дислокации (от лат. *disjunctivus* — раздельный) — это разрывы сплошности геологических тел. Разрывные дислокации образуются в результате интенсивных тектонических движений, сопровождаются разрывом горных пород и нередко смещением слоев относительно друг друга. Дизъюнктивные структуры распространены значительно шире, чем складчатые. Трещины – наиболее мелкие разрывы без смещения наблюдаются во многих горных породах, за исключением слабо уплотненных и сыпучих. Разрывы со смещениями развиты несколько реже и сконцентрированы главным образом там, где происходит интенсивное горообразование и другие тектонические процессы. Амплитуда смещений может колебаться в очень широких пределах: от нескольких сантиметров до километров при ширине разломов до нескольких метров. К основным видам разрывных дислокаций относятся сбросы, взбросы, сдвиги, надвиги, грабены, горсты (рис.6).

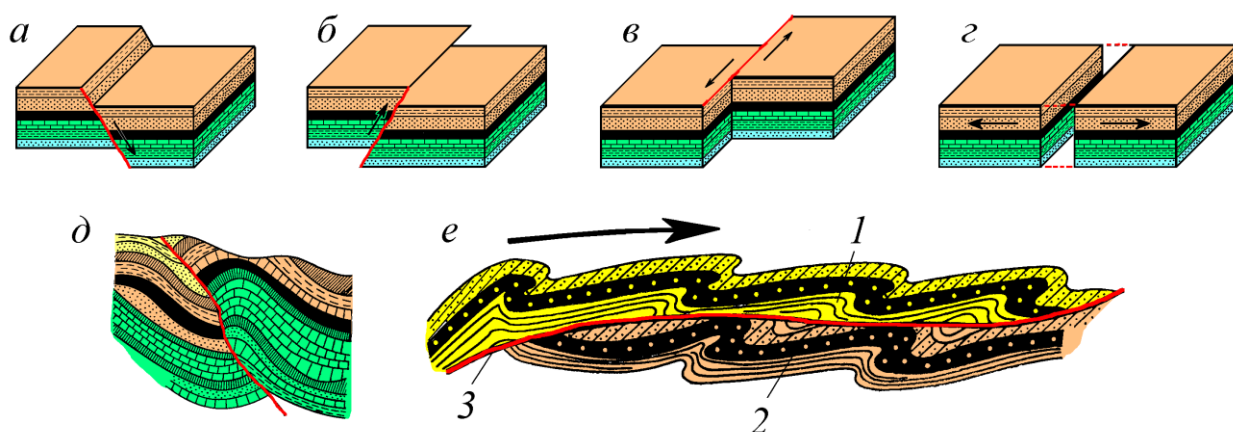


Рис.6 Разрывные дислокации (стрелками показано направление смещения, красной линией – поверхность разрыва, называемая сместитель):

а – сброс – разрывное нарушение, при котором подвижная часть земной коры опустилась вниз по отношению к неподвижной;

б – взброс – разрывное нарушение, когда подвижная часть земной коры поднялась в результате тектонического движения по отношению к неподвижной; угол наклона сместителя от 45° до 90° ;

в, г – сдвиги – разрывные нарушения при горизонтальном параллельном смещении и раздвижении блоков;

д – надвиг – смещение, в виде надвигания одной массы пород на другую по разлому с углом наклона меньше 45° , причем пласты, лежащие с верхней стороны разлома сдвинуты вверх, а с нижней — вниз;

е - шарьяж (франц. *charriage*, от *charrier* - везти, нести, гнать) или альпино-типный надвиг – очень пологий надвиг крупных масштабов с напозданием верхнего массива горных пород толщиной в сотни метров (1) на нижележащий массив (2), при почти горизонтальном сместителе (3) и величине смещения пород на несколько километров.

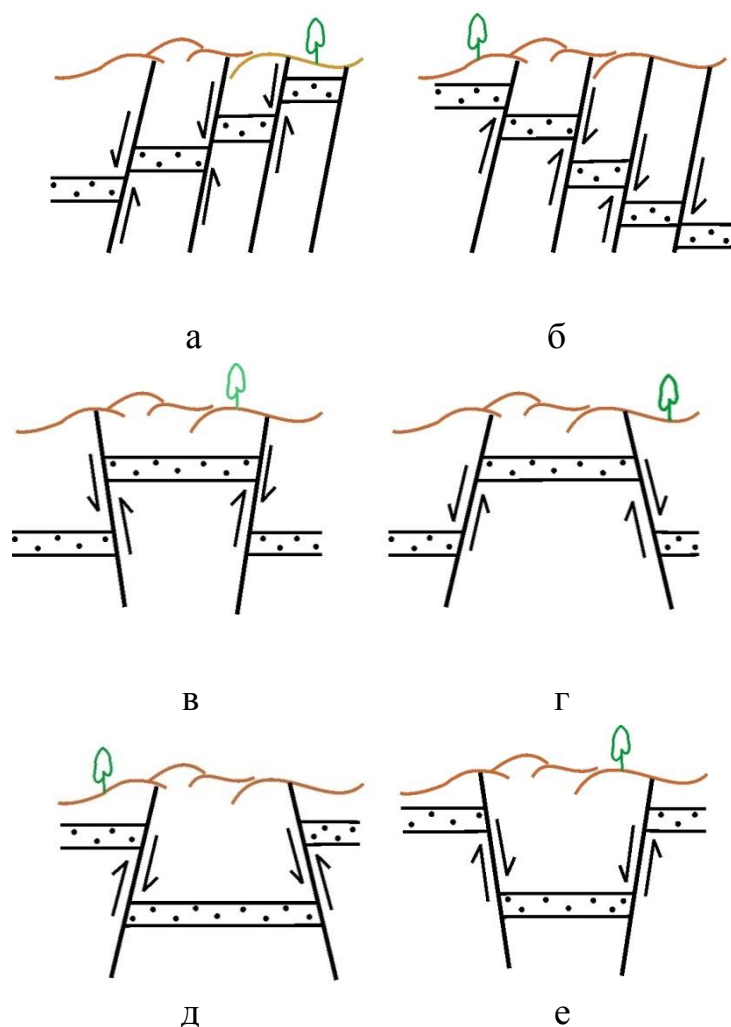


Рис.7 Дизъюнктивные нарушения с несколькими разрывами: а – сложный сброс; б – сложный взброс; в, г – горсты; д, е – грабены

Строительство в условиях тектонических нарушений. Дислокации горных пород на месте будущего строительства, как правило, ухудшают строительные свойства природных оснований зданий и сооружений. Это проявляется в различии свойств горных пород на различных участках нарушений, их раздробленности и трещиноватости, и, как следствие, неравномерной осадки под нагрузкой; в проявлениях современной активности нарушений, т.е. тектонических движений грунтов в основаниях, могущих осложнить условия строительства и эксплуатации объектов.

Таким образом, с инженерно-геологической точки зрения наиболее благоприятными местами строительства являются залегание горных пород в виде сплошной толщи или чередования горизонтальных слоев большой мощности с однородным составом. В этом случае фундаменты зданий и сооружений располагаются в грунтовой среде, где создается равномерная осадка грунтового основания под весом сооружения и создается наибольшая его устойчивость.

Наличие дислокаций, сложных складок, а особенно разрывных нарушений, резко усложняет инженерно-геологические условия строительства — нарушается однородность грунтов основания сооружений, образуются зоны дробления, разломы и снижается прочность пород. По разрывным нарушениям происходят смещения блоков горных пород, существенно меняется режим подземных вод: возможен их существенный приток в строительные котлованы и в подземные сооружения. Это вызывает неравномерную сжимаемость грунтов основания и деформацию самого сооружения вследствие неравномерной осадки различных его частей. Особенно неблагоприятно располагать здания на линиях разломов. Поэтому в зонах тектонических осложнений особенно важно проведение тщательных инженерно-геологических изысканий на месте будущего строительства.

3. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГЕОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА. ДОБЫЧА И ТРАНСПОРТИРОВКА ГАЗА

Природные газы в земной коре приурочены, как правило, к осадочным отложениям и скапливаются в породах-коллекторах, т.е. в пористых и проницаемых породах, способных содержать и отдавать эти флюиды при их разработке.

Важнейшими параметрами пород-коллекторов является их пористость, проницаемость и насыщенность флюидами. Эти параметры зависят от гранулометрического состава и удельной поверхности, а также от механических и термических свойств горных пород.

Массивные залежи образуются в коллекторах большой мощности (иногда различного возраста и состава) и подстилаются подошвенными водами.

В недрах земли залегают огромные подземные резервуары природного газа; однако его запасы хранятся и в более компактном виде. В холодных регионах и под дном океана, где гидростатическое давление достигает до 250 атмосфер, происходит соединение газа с пластовой водой и образуется твердое вещество – газогидрат. В небольших объемах находится огромное количество природного топлива, в связанном виде газ уменьшается до 220 раз. Если давление и температура были не очень высокими, получались высокомолекулярные жидкости, которые со временем превратились в нефть. Когда эти параметры достигали больших величин, образовывались низкомолекулярные газы. Соединения покрывались осадочными породами и оказались глубоко под поверхностью земли - находят эти полезные ископаемые на глубине от одного до шести километров.

Существует и другая теория образования природных газов. Некоторые ученые считают, что углеводороды в результате тектонических движений постепенно поднимаются вверх, где давление не так велико, и образуют большие скопления нефти и газа. Земные породы не монолитны – в них есть мелкие трещины и поры. Газообразные вещества заполняют эти пустоты, поэтому природный газ есть не только в крупных месторождениях, но и в породах, находящихся на большой глубине.

В состав природного газа кроме метана входят углеводороды: этан; пропан; бутан; водород; сероводород; диоксид углерода; азот; гелий. Из химического состава вытекают и физические свойства природного топлива. Параметры газа зависят от процентного соотношения компонентов: плотность – 0,68–0,85 кг/м³ в газообразном и 400 кг/м³ в жидком виде; самовозгорание – при температуре 650 °С; удельная теплота сгорания – 28–46 МДж/м³. Поскольку природный газ почти в два раза легче воздуха, он поднимается вверх

и если в воздухе присутствует от 5 до 15 % объема природного газа, то эта смесь становится взрывоопасной.

Природный газ содержит примеси, которые могут причинить вред здоровью людей, трубопроводам и приборам. Сероводород вызывает коррозию металла, и оборудование быстро приходит в негодность. Чтобы удалить из сырья вредные компоненты, на месторождениях устанавливают специальные станции очистки.

При транспортировке по трубопроводам возникает сила трения, газ теряет скорость и нагревается. Чтобы перекачивать его дальше, строятся компрессорные станции, где газ охлаждают и создают дополнительное давление. Существуют и другие способы транспортировки газа, но пока трубопроводы являются самыми экономичными.

- Давление и температура в газовых месторождениях.

Давление, под которым находятся природные газы в газовых залежах, называется *пластовым*. Пластовое давление создается напором краевых или подошвенных вод и давлением вышележащих горных пород. Природный газ, получаемый с промыслов, содержит посторонние примеси: твердые частицы (песок и окалину), конденсат тяжелых углеводородов, водяные пары и часто сероводород и углекислый газ. Присутствие твердых частиц в газе приводит к быстрому износу соприкасающихся с газом деталей компрессоров. Твердые частицы засоряют и портят арматуру газопровода и контрольно-измерительные приборы; скапливаясь на отдельных участках газопровода, они сужают его поперечное сечение.

Жидкие частицы, оседая в пониженных участках трубопровода, также вызывают уменьшение площади его поперечного сечения. Они, кроме того, оказывают коррозионное действие на трубопровод, арматуру и приборы.

Сероводород — весьма вредная примесь. В количествах, больших 0,01 мг на 1л воздуха рабочей зоны, он ядовит. При промышленном использовании газа содержащийся в нем сероводород отрицательно влияет на качество выпускаемой продукции. В присутствии влаги сероводород вызывает сильную коррозию металлов.

Большая часть газа транспортируется по мощным магистральным газопроводам, протяженностью в сотни и даже тысячи километров. Такие системы надо эксплуатировать с полной нагрузкой. В противном случае себестоимость перекачки газа заметно возрастает. Потребление же газа отличается значительной неравномерностью. Неравномерность потребления газа для крупных городов исчисляется сотнями миллионов и даже миллиардами кубометров. Соответствующий объем должны иметь и «аккумуляторы» газа — газохранилища.

Сезонные колебания спроса на газ покрываются применением специальных хранилищ, создаваемых вблизи от потребителей на базе истощенных газовых пластов. Подземные хранилища газа менее опасны, чем наземные, а стоимость их намного ниже.

Там, где нет пористых пластов пригодных для газохранилищ, но есть достаточно мощные и однородные отложения соли, газ можно хранить в полостях, вымываемых в этой формации. В таких емкостях удобно хранить жидкие углеводороды – пропан, бутан, ацетилен и др.

Подземные хранилища газа в пористой среде представляют собой искусственную газовую залежь, эксплуатируемую циклически (основные показатели ее работы, изменяющиеся в течении года, остаются постоянными в средних значениях на протяжении ряда лет). Сюда не входит период создания хранилища, который продолжается, как правило, несколько лет. Одно из существенных отличий хранилища от залежи состоит в том, что в хранилище газодинамические процессы протекают значительно быстрее и носят ярко выраженный нестационарный характер.

В хранилище различают обычно максимально допустимое, максимальное, минимальное и среднее давление. Максимально допустимое давление – это наибольшее давление в хранилище, которое можно создать, исходя из условия сохранения герметичности покрышки. Чем выше давление в хранилище, тем больше газа может в нем поместиться.

Добыча и транспортировка

Газ добывают из недр земли с помощью скважин. Скважины стараются разместить равномерно по всей территории месторождения. Это делается для равномерного падения пластового давления в залежи. Иначе возможны перепады газа между областями месторождения, а так же преждевременное обводнение залежи. Газ выходит из недр вследствие того, что в пласте находится под давлением, многократно превышающем атмосферное. Таким образом, движущей силой является разность давлений в пласте и системе сбора.

Подготовка природного газа к транспортировке

Газ, поступающий из скважин, необходимо подготовить к транспортировке конечному пользователю — химический завод, котельная, ТЭЦ, городские газовые сети. Необходимость подготовки газа вызвана присутствием в нём, кроме целевых компонентов (целевыми для различных потребителей являются разные компоненты), также и примесей, вызывающих затруднения при транспортировке либо применении. Так, пары воды, содержащейся в газе, при определённых условиях могут образовывать гидраты или, конденсируясь, скапливаться в различных местах (например, в изгибах трубопровода), мешая продвижению газа; сероводород вызывает сильную коррозию газового

оборудования (трубы, ёмкости теплообменников и т. д.). Помимо подготовки самого газа, необходимо подготовить и трубопровод. Широкое применение здесь находят азотные установки, которые применяются для создания инертной среды в трубопроводе.

Газ подготавливают по различным схемам. Согласно одной из них, в непосредственной близости от месторождения сооружается установка комплексной подготовки газа (УКПГ), на которой производится очистка и осушка газа.

Кроме трубопроводного транспорта используют специальные танкеры — газовозы. Это специальные корабли, на которых газ перевозится в сжиженном состоянии при определённых термобарических условиях. Таким образом, для транспортировки газа этим способом необходимо протянуть газопровод до берега моря, построить на берегу сжижающий газ завод, порт для танкеров, и сами танкеры. Такой вид транспорта считается экономически обоснованным при отдалённости потребителя сжиженного газа более 3000 км. В 2004 международные поставки газа по трубопроводам составили 502 млрд м³, сжиженного газа — 178 млрд м³.

Экология

В экологическом отношении природный газ является самым чистым видом минерального топлива. При сгорании его образуется значительно меньшее количество вредных веществ по сравнению с другими видами топлива. Однако сжигание человечеством огромного количества различных видов топлива, в том числе природного газа, за последние полвека привело к заметному увеличению содержания углекислого газа в атмосфере, который является, как и метан, парниковым газом. Большинство ученых именно это обстоятельство считают причиной наблюдающегося в настоящее время потепления климата. В связи с этим в 1997 г. был подписан Киотский протокол по ограничению парникового эффекта.

4. Построение геологических разрезов

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ, геологический профиль— это графическое изображение вертикального сечения земной коры от поверхности в глубину. Геологические разрезы составляются по геологическим картам, данным геологических наблюдений и горных выработок (в первую очередь буровых скважин), геофизических исследований и др. Геологические разрезы ориентируют главным образом перпендикулярно или по простиранию геологических структур по прямым или ломаным линиям, проходящим при наличии глубоких опорных буровых скважин через эти скважины. На геологических разрезах указывают условия залегания, возраст и состав горных пород. Горизонтальные и вертикальные масштабы геологических разрезов обычно соответствуют масштабу геологической карты. При проектировании горных предприятий, нефте- и газодобычи, инженерно-геологических изысканиях из-за несопоставимости мощностей покровных отложений и протяженности профилей их вертикальный масштаб увеличивают по сравнению с горизонтальным в несколько раз.

Перед построением разреза анализируют геологическую карту. В такой анализ входит:

1. ознакомление с условными обозначениями;
2. анализ глубинного геологического строения территории по стратиграфической колонке;
3. выделение участков с различным залеганием слоев (горизонтальным, моноклинальным и складчатым);
4. определение характера тектонических нарушений (складчатые или разрывные);
5. определение типов тектонических нарушений (антиклиналь, синклиналь, сброс, взброс, грабен, горст, сдвиг, надвиг), а также их основных параметров (направление и угол наклона слоев, смесителей, размеры и формы складок и т.д.);
6. определение стратиграфических и угловых несогласий; форм и размеров интрузивных тел.

ЗАДАНИЕ 1

По геологическому разрезу (рис.9) нужно назвать относительный возраст горных пород рассматриваемой территории. Когда (между какими геологическими периодами) произошла тектоническая деформация? Указать её тип (пликативная или дизъюнктивная) и название изображенной на разрезе дислокации. Какие слои залегают между собой согласно, какие несогласно?

Наблюдается ли стратиграфический перерыв? Стратиграфический перерыв изображается волнистой линией, а линии разломов жирной красной линией. Горные породы различного геологического возраста закрашивают строго определенным цветом в соответствии с геохронологической шкалой (рис. 1).

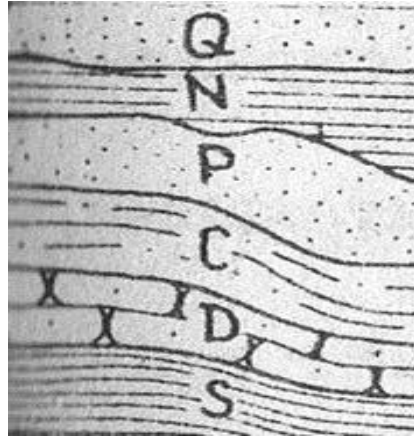


Рис.8.

Пример ответа на задание 1 (рис.8).

Территория сложена породами силурийского, девонского, каменно - угольного, пермского, неогенового и четвертичного периодов.

Тектоническая деформация произошла во временном промежутке после пермского периода до неогенового периода. Это подтверждается силурийскими, девонскими, каменноугольными и пермскими отложениями между собой залегающими согласно, но образовавшими собой пликтивную дислокацию – флексурный перегиб. Четвертичные и неогеновые отложения также залегают между собой согласно. Несогласно между собой залегают слои неогенового и пермского периодов. Между ними наблюдаются стратиграфический перерыв. Из разреза выпадают породы триасового, юрского, мелового и палеогенового периодов.

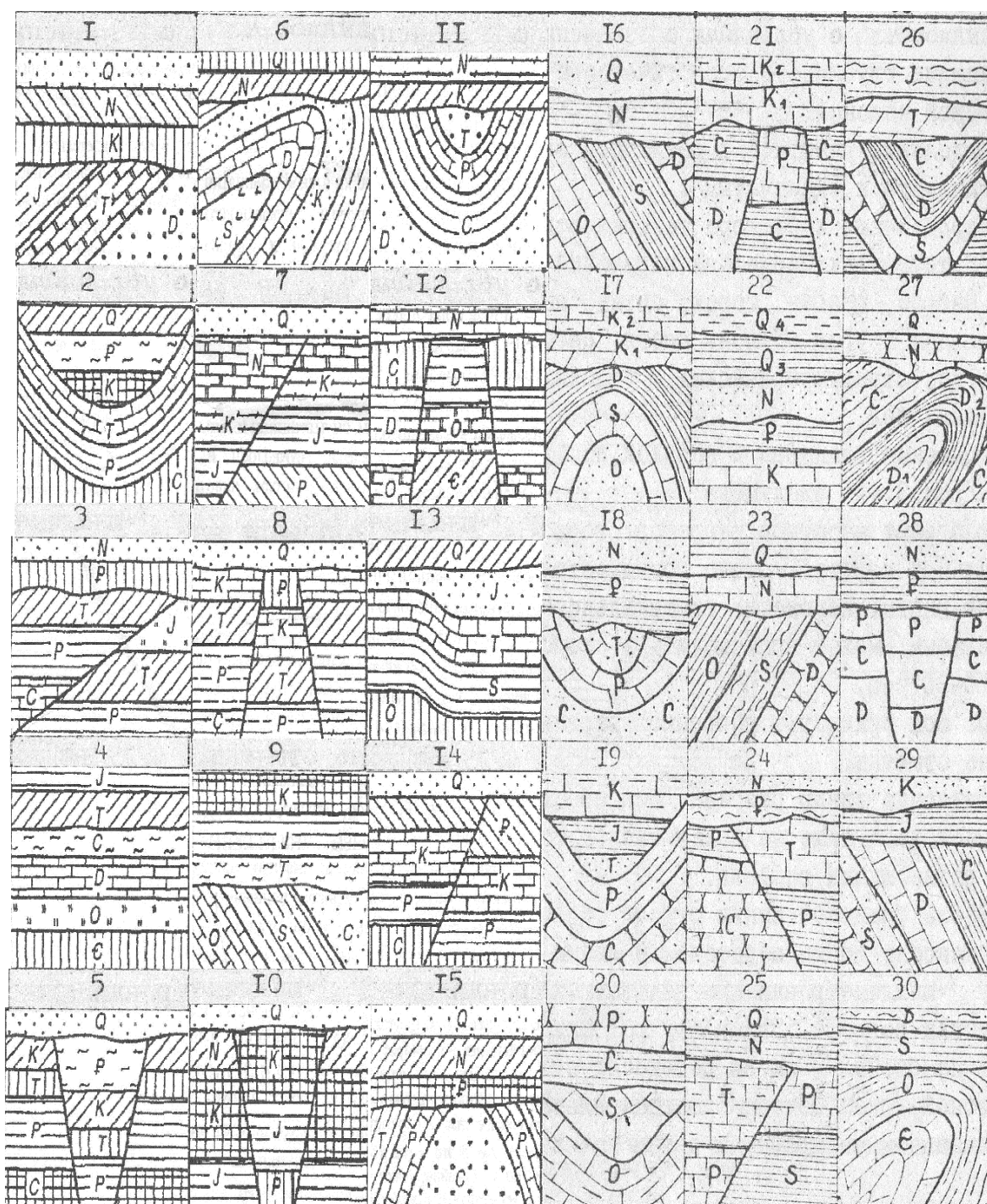


Рис 9. Варианты геологических разрезов к заданию 1

5. Карта гидроизогипс. Построение карты поверхности безнапорного водоносного (нефтеносного) горизонта

Горизонтом подземных вод или водоносным горизонтом называется слой проницаемых горных пород насыщенных водой. Нефтеносным горизонтом называется слой проницаемых горных пород насыщенных нефтью (часто вместе с водой).

Грунтовые воды – это значительный по площади распространения и постоянный во времени горизонт подземных вод, залегающий над первым от поверхности водоупорным слоем (*водоупором*).

Под водоупором понимаются слабо водопроницаемые слои горных пород. Чаще всего они представлены глинами. Площадь распространения грунтовых вод называется *грунтовым бассейном*. Сверху грунтовые воды ограничены естественно сформировавшейся свободной поверхностью и не имеют напора. Поверхность эта получила название *зеркала грунтовых вод*. В разрезе положение верхней границы водоносного горизонта изображается линией, которая называется *уровнем грунтовых вод (УГВ)*. Схема залегания грунтовых вод приведена на рис. 10.



Рис.10 Схема залегания грунтовых вод (разрез)

Зеркало грунтовых вод – это поверхность раздела зоны аэрации и зоны полного водонасыщения. Оно не является абсолютно плоским, имеет вид волнистой поверхности, сглажено повторяющей рельеф местности. Глубина залегания зеркала грунтовых вод зависит от местных метеорологических и

геологических условий и изменяется от 0 до 50 м и более. В том случае, когда зеркало грунтовых вод совпадает с дневной поверхностью, наблюдается заболачивание местности. По берегам рек, в пониженных участках местности зачастую наблюдаются источники – ключи, родники. Это явление связано чаще всего с выходом грунтовых вод на поверхность.

Грунтовые воды находятся в постоянном движении. Они перемещаются путём фильтрации через породы от участков с повышенными отметками зеркала грунтовых вод к пониженным участкам, образуя потоки. Потоки могут быть прямолинейными, криволинейными, плоскими, радиально сходящимися и радиально расходящимися.

Гидрогеологическую обстановку того или иного участка принято изображать с помощью гидрогеологических карт, в частности *карт гидроизогипс*. Эти карты отражают рельеф зеркала грунтовых вод с помощью гидроизогипс, то есть линий, соединяющих точки с равными отметками. Эти линии аналогичны горизонталям рельефа местности. Карты гидроизогипс строятся по данным замеров глубины залегания зеркала грунтовых вод в скважинах (шурфах). Скважины или шурфы на местности обычно располагаются по квадратной или прямоугольной сетке.

С помощью карты гидроизогипс решается ряд важных гидрогеологических задач: установление направления потока грунтовых вод, определение величины гидравлического градиента (J), скорости фильтрации (V), расхода единичного потока (q), глубины залегания горизонта грунтовых вод. Карта гидроизогипс необходима для оценки инженерно-геологических условий строительства различных видов сооружений (гидротехнических, промышленных, гражданских, дорожных, гидромелиоративных и др.).

ЗАДАНИЕ 2

По данным, приведенным в соответствующем варианте табл. 2, построить карту гидроизогипс (или карту поверхностного безнапорного нефтяного горизонта), показать на ней направление потока грунтовых вод. Вычислить гидравлический уклон (напорный градиент) и по закону Дарси определить скорость фильтрации подземных вод.

Таблица 2

Варианты исходных данных для построения карты гидроизогипс

вариант	номер скважины									расстояние между скважинами	масштаб построения карты	коэффициент фильтрации Кф, м/сут
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	112,2	111,3	110,8	113,4	112,5	112,2	115,3	114,7	113,5	100	1:1000	6,7
	3,9	5,6	2,7	2,8	2,0	1,6	3,2	0,9	0,3			
2	192,8	190,6	187,2	185,4	182,7	180,9	194,3	196,9	198,3	200	1:2000	15,2
	5,3	8,5	9,1	8,7	10,3	15,7	2,2	2,0	1,5			
3	108,1	110,2	109,5	106,3	106,7	107,9	104,8	103,2	106,5	30	1:500	7,9
	3,3	4,3	3,8	4,7	2,4	1,3	2,6	1,5	1,4			
4	110,3	109,1	108,4	110,6	110,3	109,5	113,3	112,2	111,2	400	1:5000	14,1
	4,2	4,3	2,6	3,8	3,4	2,3	3,6	3,2	1,3			
5	108,2	107,6	107,5	109,5	109,4	109,2	111,3	110,5	110,3	110	1:1000	51,4
	2,5	1,6	2,0	2,4	1,8	2,5	1,7	0,8	2,3			
6	198,3	200,5	204,2	202,8	206,1	210,0	194,3	196,9	198,3	180		25,3
	1,5	3,2	12,1	7,5	4,3	10,0	2,2	2,0	1,5			
7	109,1	108,4	107,5	110,3	109,5	109,1	112,2	111,2	110,5	40	1:5000	8,3
	4,3	2,6	1,6	3,4	2,3	1,5	3,2	1,3	0,2			
8	207,7	203,2	205,5	203,7	201,2	196,9	190,6	195,6	185,4	140	1:1000	1,5
	8,6	3,8	11,4	4,7	3,4	2,0	8,5	5,0	8,7			
9	201,2	200,5	203,7	204,2	205,5	202,8	203,2	206,1	207,7	550	1:5000	19,3
	3,4	3,2	4,7	12,1	11,4	7,5	3,8	4,3	8,6			
10	113,1	112,5	112,4	115,1	114,4	113,5	118,3	118,2	117,0	140	1:2000	5,6
	2,8	2,0	1,7	3,2	1,1	0,4	4,2	3,1	2,0			
11	115,7	116,6	117,5	117,3	115,0	115,2	110,5	111,2	112,3	70	1:1000	12,1
	2,2	3,7	5,3	2,1	2,8	4,4	0,2	0,9	3,2			
12	109,1	110,0	110,5	111,3	108,5	111,8	113,1	109,2	113,1	25	1:500	10,2
	1,7	4,3	4,1	0,9	2,9	6,2	6,5	3,5	6,6			
13	116,6	117,5	118,2	115,0	115,2	115,4	111,2	112,3	113,4	45	1:500	5,6
	3,7	5,3	5,4	2,8	4,4	3,3	0,9	3,2	3,5			
14	210,0	206,1	202,8	205,5	203,7	201,2	198,3	195,6	204,2	500		9,0
	10,0	4,3	7,5	11,4	4,7	3,4	1,5	5,0	12,1			
15	182,7	198,3	201,2	190,6	194,3	192,8	187,2	182,7	180,1	55	1:500	3,8
	10,3	1,5	3,4	8,5	2,2	5,3	9,1	10,3	9,9			
16	210,0	206,1	202,8	204,2	200,5	198,3	185,4	195,6	207,7	110	1:1000	0,85
	10,0	4,3	7,5	12,1	3,2	1,5	8,7	5,0	8,6			

17	110,1	109,5	109,6	112,4	111,5	110,5	115,3	115,1	114,3	40	1:500	12,3
	3,0	2,3	1,5	3,2	1,1	0,2	4,0	2,9	2,4			
18	113,1	112,2	111,3	113,6	113,4	112,5	116,1	115,3	114,7	120	1:2000	1,2
	4,1	3,9	5,6	3,6	2,8	2,0	3,5	3,2	0,9			
19	182,7	198,3	201,2	190,6	194,3	192,8	187,2	182,7	182,7	700	1:5000	15,7
	10,3	1,5	3,4	8,5	2,2	5,3	9,1	10,3	10,3			
20	112,5	112,0	111,7	114,0	113,6	113,3	118,0	117,3	117,2	150	1:1000	41,8
	2,9	2,4	3,5	2,0	1,2	3,3	4,2	3,6	5,2			
21	109,5	109,4	109,6	112,3	110,5	110,3	115,4	114,3	114,4	350	1:5000	9,3
	2,1	1,5	2,5	0,9	0,2	2,3	3,2	1,9	4,1			
22	112,4	111,3	110,6	113,0	112,5	112,3	115,3	114,2	113,7	130	1:2000	14,8
	3,9	2,4	1,5	3,2	2,0	1,7	3,2	1,3	6,4			
23	113,2	112,5	112,0	115,2	114,0	113,6	118,8	118,0	117,3	35	1:500	11,1
	4,1	2,9	2,4	4,2	2,0	1,2	5,0	4,2	3,6			
24	110,6	110,1	109,5	113,2	112,4	111,5	115,6	115,3	115,1	90	1:1000	0,5
	3,6	3,0	2,3	3,5	3,2	1,1	3,3	4,0	2,9			
25	110,1	109,5	109,4	111,2	112,3	110,5	115,3	115,4	114,3	25	1:500	6,3
	3,6	2,1	1,5	3,3	0,9	0,2	4,2	3,2	1,9			
26	115,7	116,7	117,5	114,3	115,4	115,0	110,5	111,2	112,3	60	1:1000	22,7
	2,5	3,6	5,4	2,2	3,0	4,4	0,3	1,4	3,2			
27	109,1	108,2	107,6	110,1	109,5	109,4	112,0	111,3	110,5	120	1:2000	18,9
	4,3	2,5	1,6	3,2	2,4	1,8	3,2	1,7	0,8			
28	115,2	115,7	116,7	114,2	114,3	115,4	110,3	110,5	111,2	300	1:5000	31,4
	3,5	2,5	3,6	4,1	2,2	3,0	2,2	0,3	1,4			
29	196,9	180,9	182,7	187,2	190,6	192,8	195,6	185,4	198,3	400	1:1000	2,5
	2,0	15,7	10,3	9,1	8,5	5,3	5,0	8,7	1,5			
30	195,6	190,6	185,4	194,3	196,9	198,3	201,2	200,5	202,8	900	1:10000	4,8
	5,0	8,5	8,7	2,2	2,0	1,5	3,4	3,2	7,5			

Для построения карты гидроизогипс следует руководствоваться сведениями по девяти скважинам, расположенным в плане в углах правильной квадратной сетки так, как показано на рис.11. Графы 2-10 таблицы 2 содержат такие сведения: в числителе – абсолютная отметка устья скважин, в знаменателе – глубина залегания уровня грунтовых вод. Скважины на план следует наносить в определенном масштабе в соответствии с расстояниями между ними (графы 11,12). Слева от каждой скважины записать ее номер, а рядом дробь, в числителе которой – абсолютная отметка устья скважины, в знаменателе – абсолютная отметка уровня грунтовых вод (вычисляется как разность между отметкой устья и глубиной залегания уровня грунтовых вод).

При наличии абсолютных отметок устьев скважин и уровней грунтовых вод построить горизонталы двух поверхностей: рельефа местности и

уровня грунтовых вод. Горизонтالي и гидроизогипсы проводить через 1м. Далее в каждом квадрате вычислить гидравлический уклон по избранной ранее для интерполяции диагонали. Зная гидравлический уклон и коэффициент фильтрации водопроводящих пород (графа 13,табл.2.), рассчитать скорость фильтрации грунтовых вод.

Пример построения карты гидроизогипс

Исходные данные для построения приведены в табл.3 (в числителе абсолютная отметка устья скважины, в знаменателе глубина залегания грунтовых вод в ней)

Таблица3

номер скважины									расстояние между скважинами. м	масштаб построения карты	коэффициент фильтрации кф,м/сут
1	2	3	4	5	6	7	8	9			
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
195,6	190,6	185,4	194,3	196,9	198,3	201,2	200,5	202,8	900	1:10000	4,8
5,0	8,5	8,7	2,2	2,0	1,5	3,4	3,2	7,5			

Порядок выполнения задания:

1. Построение карты начинают с того, что при наличии расстояния между скважинами (графа 11) и масштаба (графа 12), наносят сетку скважин на чертеж (рис.11.). Масштаб 1:10000 означает, что 1 см на картесоответствует 10000 см = 100 м в натуре. Следовательно, расстояние 900 м в натуре будет изображаться как 9 см на плане. Возле каждой скважины записывают ее номер, в числителе абсолютную отметку устья скважины, в знаменателе – вычисленную абсолютную отметку уровня грунтовых вод (как разница между абсолютной отметкой устья скважины и глубиной залегания грунтовых вод в скважине) (рис.11).

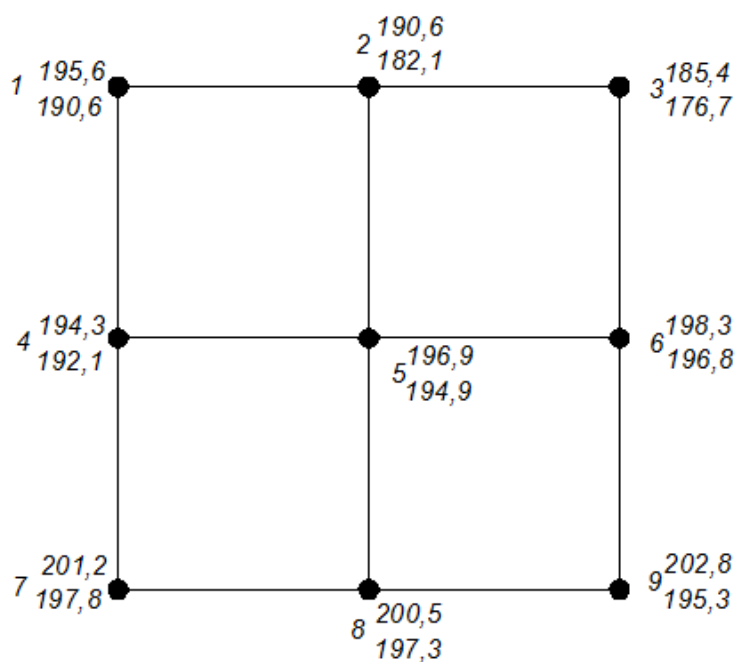


Рис.11. Построенная сетка скважин

2. Зная абсолютные отметки устьев скважин и уровней грунтовых вод, приступают к построению горизонталей зеркала грунтовых вод– гидро-изогипс. Точки, соответствующие целым значениям располагают по всем сторонам квадрата равномерно между скважинами, применяя способ интерполяции. Таким образом, производят разбивку всех сторон квадратов, составляющих сетку скважин, и диагоналей квадратов. Для интерполяции выбирают ту диагональ, по концам которой в скважинах наблюдается наибольшая разность абсолютных отметок (рис.12).

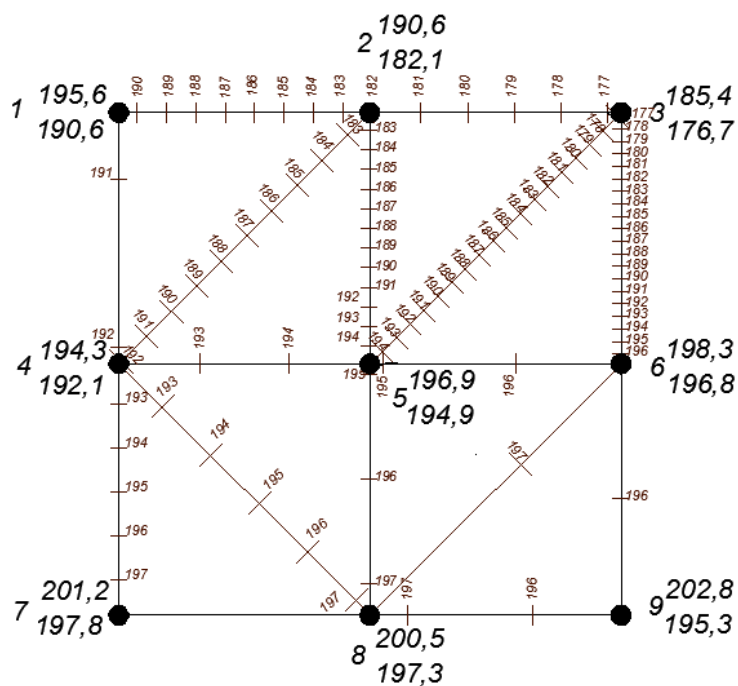


Рис. 12. Разбивка сторон и диагоналей квадратов

3. Точки на сторонах квадратов и диагоналях с одинаковыми отметками соединяют плавными кривыми линиями, эти линии и есть гидроизогипсы. Линии не должны пересекаться и обрываться, но в центре чертежа могут быть образованы замкнутые линии. Гидроизогипсы проводят через 1 м (рис.13)

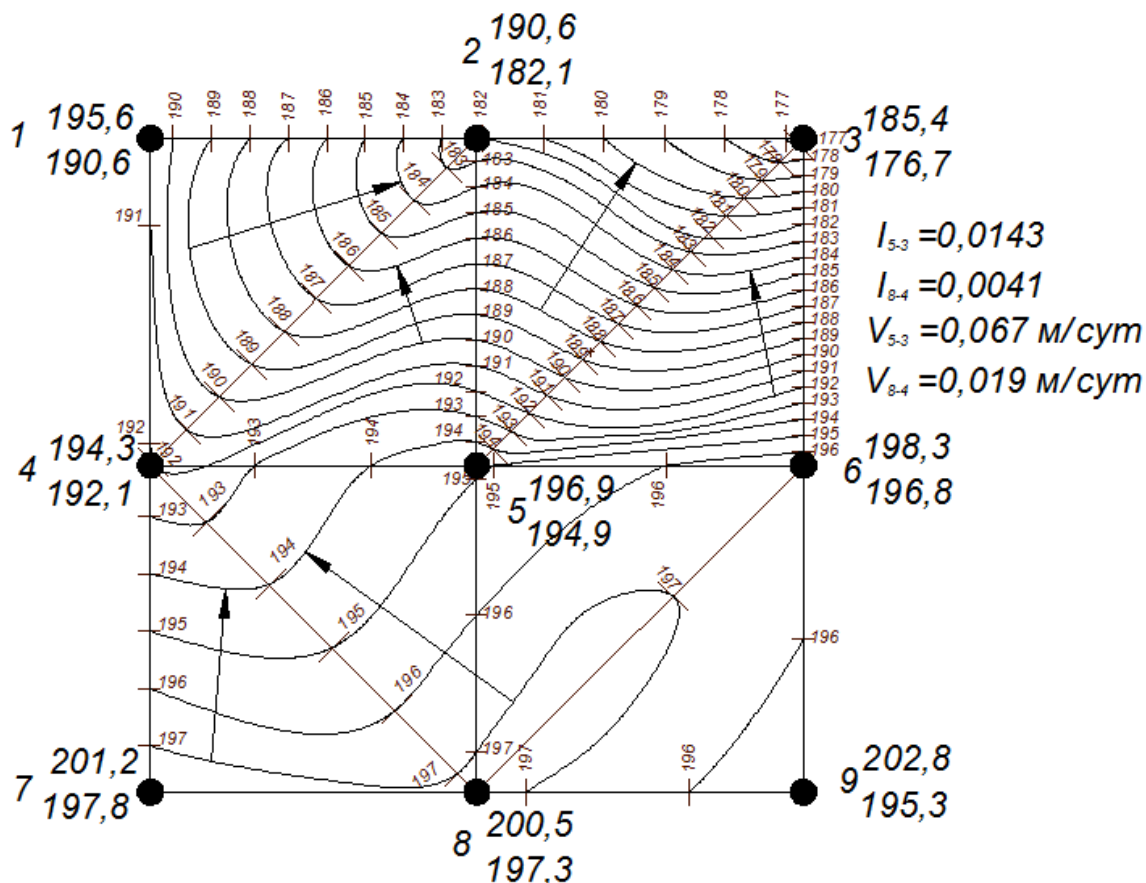


Рис. 13. Карта гидроизогипс

4. После построения карты гидроизогипс на ней следует показать направление потока грунтовых вод сплошными стрелками, которые направлены перпендикулярно гидроизогипсам.

5. По диагоналям, выбранным в квадратах, следует вычислить гидравлический уклон (градиент) I и скорость фильтрации V :

$$I = \frac{H_1 - H_2}{l} = \frac{\Delta H}{l},$$

где l – расстояние между скважинами по диагонали;

ΔH - превышение, т.е. разность абсолютных отметок уровня грунтовых вод в скважинах по концам диагонали.

В данном примере выберем диагональ 5-3 и диагональ 8-4:

$$I_{5-3} = \frac{H_1 - H_2}{l} = \frac{194,9 - 176,7}{1273} = 0,0143 \text{ - гидравлический уклон для диагонали 5-3;}$$

$$I_{8-4} = \frac{H_1 - H_2}{l} = \frac{197,3 - 192,1}{1273} = 0,0041 \text{ - гидравлический уклон для диагонали 8-4.}$$

Затем по вычисленному значению гидравлического уклона I и заданному коэффициенту фильтрации (k_ϕ - табл.3, графа 13), рассчитывают скорость фильтрации V по формуле Дарси $V = k_\phi I$:

$$V_{5-3} = k_\phi I = 4,8 \cdot 0,0143 = 0,067 \text{ м/сут;}$$

$$V_{8-4} = k_\phi I = 4,8 \cdot 0,0041 = 0,019 \text{ м/сут.}$$

Вычисленные значения гидравлического уклона и скорость фильтрации следует нанести на чертеж и подписать его (рис.13).

6. После построение карты гидроизогипс следует построить аналогичным методом карту рельефа местности (рис.14).

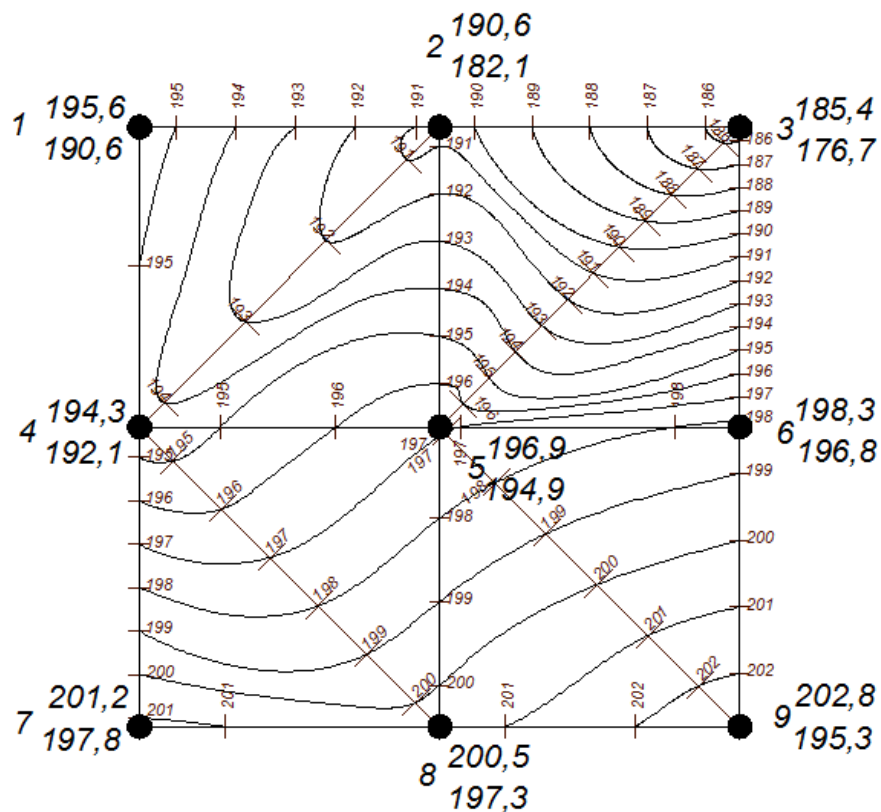


Рис.14. Карта рельефа местности

Контрольные вопросы

1. Что называется грунтовыми водами?
2. Чем ограничен горизонт грунтовых вод сверху и снизу?
3. Что понимается под водоупором?
4. Что называется зоной аэрации?
5. В каких случаях происходит заболачивание территории?
6. Как возникают источники подземных вод (ключи, родники)?
7. Куда направлены потоки грунтовых вод?
8. Что называется зеркалом грунтовых вод?
9. Как в разрезе изображается зеркало грунтовых вод?
10. Что называется гидроизогипсами?
11. Что изображается на картах с помощью гидроизогипс?
12. Какие задачи можно решать на основе карты гидроизогипс?
13. Как определить абсолютную отметку зеркала грунтовых вод, если дан замер глубины его залегания?
14. В чем состоит метод интерполяции?
15. Как рассчитать гидравлический градиент?
16. Какова размерность коэффициента фильтрации?
17. Как ориентированы потоки грунтовых вод по отношению к гидроизогипсам?

6. Карта изопьез. Построение карты пьезометрической поверхности напорного водоносного (нефтеносного) горизонта

В пределах артезианских бассейнов уровень подземных вод залегает выше кровли водоносных комплексов и горизонтов. Этот уровень называется *напорным* или *пьезометрическим* (от итал. «*пиéзо*» - *давить*, «*мётрео*» - *измерять*), а расстояние от кровли водоносного горизонта до данного уровня – *напором* (рис.15). Нефтеносные горизонты обычно также обладают напором.

Напор артезианских вод обеспечивается постоянным гидростатическим давлением. Оно вызвано перепадом высотных отметок области питания и области разгрузки, подобно сообщающимся сосудам. В случае формирования гидростатического напора происходит передача давления на кровлю водоносного горизонта при изменении его мощности и, следовательно, массы вышележащих пород.

Кроме того, действуют упругие свойства воды и вмещающих её горных пород (*упругий режим напорных вод*) и др. Напор такого типа называется *гидростатическим* или *пьезометрическим*.

Пьезометрические уровни выражаются в абсолютных отметках. Уровень может быть *положительным и отрицательным*; в первом случае он залегает выше поверхности земли, во втором – ниже. Необходимо отметить, что эти уровни являются переменными. Положительный уровень может перейти в отрицательный (при интенсивной эксплуатации напорного горизонта), а отрицательный – в положительный (при улучшении питания горизонта, например, искусственным путём с помощью нагнетательных или водопоглощающих скважин).

Разное положение уровней напорных водоносных горизонтов определяет различные способы отбора воды из артезианских скважин:

–при отрицательном уровне воду извлекают насосами;

–при положительном пьезометрическом уровне необходимо установить величину самоизлива (фонтанирования) над устьем скважины. Это делается с помощью манометра при герметично закрытом устье или наращиванием обсадных труб. Только после этого скважину обустраивают для отбора воды.

Высота столба воды, отсчитываемая в метрах от кровли водоносного пласта, называется *напором над кровлей водоносного пласта h* (рис.15). К абсолютным отметкам кровли водоносного горизонта прибавляют величины напоров или из абсолютной отметки поверхности вычитают отметку пьезометрического уровня.

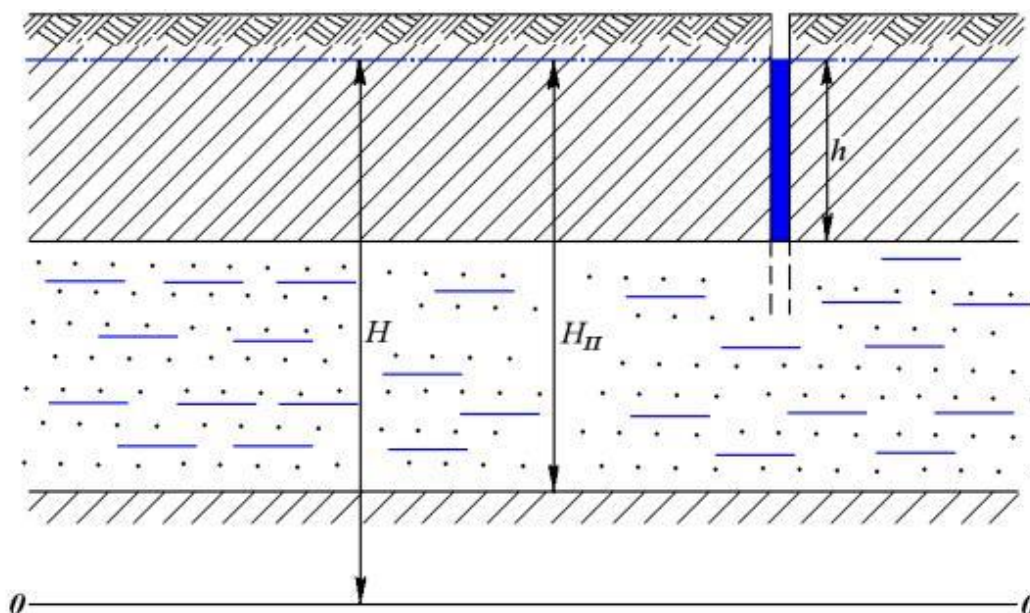


Рис.15. Графическое изображение напорных подземных вод:

H – пьезометрический напор от плоскости сравнения 0-0; $H_{п}$ – пьезометрический напор от подошвы водоносного пласта; h – напор над кровлей пласта

Предпочтительнее использовать *пьезометрический напор* H , который отсчитывается от плоскости сравнения 0-0 (уровень моря) до пьезометрического уровня. Иногда высота пьезометрического напора отсчитывается от подошвы напорного водоносного пласта H_n .

Характер пьезометрической поверхности напорного водоносного горизонта отображают *ГИДРОИЗОПЬЕЗЫ* (от греч. *hydro* – вода; *isos* – равны; *piezo* – давить) – это линии, соединяющие точки с одинаковыми отметками напорного уровня воды. Иногда их называют *изопьезми* или *пьезоизогипсами*. *КАРТА ГИДРОИЗОПЬЕЗ* представляет собой совокупность таких линий на плане или на топографической основе. Она строится по абсолютным (реже относительным) отметкам установившихся пьезометрических уровней. Масштабы карт могут быть от 1:200000 до 1:10000 и крупнее.

При изучении нескольких артезианских горизонтов в одном гидрогеологическом разрезе карты гидроизопьез строятся для каждого горизонта отдельно.

Карта гидроизопьез необходима для определения на практике целого ряда важных гидрогеологических параметров. Она помогает выявить особенности формирования, строения и залегания напорного водоносного горизонта. По такой карте можно определить уклон пьезометрической поверхности, направление движения потоков артезианских вод и условия их формирования. Если карта построена на топографической основе того же масштаба, она позволяет выделить участки возможного самоизлива напорных вод. Кроме того, с помощью карты гидроизопьез решают задачу практического использования артезианских вод для водоснабжения, и организации защиты от напорных вод при вскрытии кровли водоносного горизонта строительными котлованами и т.д.

ЗАДАНИЕ 3

По данным, приведенным в соответствующем варианте табл.4, построить карту гидроизопьез (карта поверхности напорного водного или нефтяного горизонта), приняв сечение изолиний через 1м. На карте показать направление движения потока напорных флюидов (воды или нефти).

Таблица 4

Исходные данные для построения карты гидроизопьез

вариант	номер скважины									расстояние между скважинами, м	масштаб построения карты
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	232,4	231,7	231,6	233,6	233,4	233,5	235,3	234,8	234,4	100	1:1000
	7,6	6,7	7,0	7,2	6,9	8,1	6,5	5,6	7,5		
2	222,9	222,4	222,1	224,4	224,0	223,7	228,4	227,7	227,6	40	1:500
	15,1	14,6	15,7	14,2	13,4	15,5	16,4	15,8	17,4		
3	249,3	248,4	247,8	250,3	249,7	249,6	252,2	251,5	250,7	200	1:2000
	7,2	5,4	4,5	6,1	5,3	4,7	6,1	4,6	3,7		
4	233,5	232,4	231,7	234,1	233,6	233,4	236,4	235,3	234,8	70	1:1000
	9,1	7,6	6,7	8,4	7,2	6,9	8,4	6,5	5,6		
5	233,5	232,4	231,7	234,1	233,6	233,4	236,4	235,3	234,8	300	1:5000
	16,3	15,1	14,6	16,4	14,2	13,4	17,2	16,4	15,8		
6	248,4	247,8	247,7	249,7	249,6	249,4	251,5	250,7	250,5	45	1:500
	5,4	4,5	4,9	5,3	4,7	5,4	4,6	3,7	5,2		
7	212,3	211,7	211,8	214,6	213,7	212,7	217,5	217,3	216,5	160	1:2000
	6,9	6,2	5,4	7,1	5,0	4,1	7,9	6,8	6,3		
8	260,0	259,9	260,1	262,8	261,0	260,8	265,9	264,8	264,9	60	1:1000
	7,9	7,3	8,3	6,7	6,0	8,1	9,0	7,7	9,9		
9	229,8	230,3	231,3	228,8	228,9	230,0	224,9	225,1	225,8	180	1:2000
	10,6	9,6	10,7	11,2	9,3	10,1	9,3	7,4	8,5		
10	217,9	218,8	219,3	220,1	217,3	220,6	222,9	218,0	221,9	500	1:5000
	5,3	7,9	7,7	4,5	6,5	9,8	10,1	7,1	10,2		
11	215,7	217,8	217,1	213,9	214,3	215,5	212,4	210,8	214,1	90	1:1000
	7,0	8,0	7,5	8,4	6,1	5,0	6,3	5,2	5,1		
12	260,6	260,0	259,9	261,7	262,8	261,0	265,8	265,9	264,8	35	1:500
	9,4	7,9	7,3	9,1	6,7	6,0	10,0	9,0	7,7		
13	230,3	231,3	232,1	228,9	230,0	229,6	225,1	225,8	226,9	140	1:2000
	9,6	10,7	12,5	9,3	10,1	11,5	7,4	8,5	10,3		
14	219,6	218,7	218,2	220,8	219,9	219,6	222,7	222,1	220,9	350	1:5000
	7,2	8,9	5,2	6,1	5,3	4,9	6,5	4,2	3,6		
15	214,0	213,3	212,4	215,2	214,4	214,0	217,1	216,1	215,4	50	1:500
	7,8	6,1	5,1	6,9	5,8	5,0	6,7	4,8	3,7		

Карту гидроизопьез строят аналогично карте гидроизогипс по данным девяти скважин (табл.3), расположенных в плане в углах квадратной сетки. Отличие заключается лишь в том, что в графах 2-9 табл.3 приведены абсолютные отметки подошвы верхнего водоупора (в числителе) и напор над подошвой верхнего водоупора (в знаменателе). Абсолютная отметка пьезометрического уровня в каждой скважине вычисляется **прибавлением** к абсолютной отметке подошвы верхнего водоупора величины напора. Далее построение карты гидроизопьез ничем не отличается от построения карты гидроизогипс. Скважины на план карты гидроизопьез следует наносить в определенном масштабе, на заданном расстоянии друг от друга (графы 11,12,табл.4), обозначить их кружками. Рядом с каждой скважиной записать ее номер, а рядом дробь, в числителе которой – абсолютную отметку подошвы верхнего водоупора, а в знаменателе – абсолютную отметку пьезометрического уровня.

Определение гидрогеологических параметров по карте гидроизопьез

1. Установить направление движения напорных вод.

В каждом квадрате карты провести стрелки, перпендикулярные гидроизопьезам и направленные от больших отметок пьезометрического уровня к меньшим. Эти стрелки соответствуют линиям токов напорных вод. Подобно другим гидрогеологическим картам, сочетание линий токов с линиями равных пьезометрических уровней (гидроизопьез) образует гидродинамическую сетку в плане.

2. Определить направление и форму напорного потока(или потоков).

Направление потоков определяется по сторонам света (север обычно вверху карты, юг – внизу и т.д.). Потоки могут быть параллельными, расходящимися или сходящимися.

3. Рассчитать величину пьезометрического уклона(J) на двух участках.

На карте гидроизопьез найти разность величин пьезометрических уровней в двух любых точках карты: с наибольшей величиной пьезометрического уровня H_2 и с наименьшей величиной H_1 . Полученное число разделить на реальное расстояние между точками (L), измеренное по нормали:

$J = (H_2 - H_1) / L$. Чем гуще располагаются гидроизопьезы, тем гидравлический уклон больше и наоборот.

4. Вычислить скорость движения напорного потока по формуле $V = J \cdot K_\phi$. Она находится в прямой зависимости от величины гидравлического уклона J и коэффициента фильтрации горных пород K_ϕ .

5. Определить по карте область питания и область разгрузки напорных вод.

Для областей питания и создания напора характерны максимальные отметки гидроизопьез. Для областей разгрузки характерны минимальные отметки гидроизопьез.

Контрольные вопросы

1. В каких геологических структурах встречаются напорные воды?
2. Какие из подземных вод называют артезианскими и почему?
3. Какие области выделяют в районах распространения напорных вод?
4. Что такое гидроизопьезы?
5. Каков порядок расчёта места гидроизопьез между скважинами?
6. Как называется карта поверхности пьезометрических уровней?
7. Что такое кровля артезианского водоносного слоя, с чем она контактирует?
8. Как определяется величина напора?
9. Как находится абсолютная отметка напора (пьезометрического уровня)?
10. Какие гидрогеологические показатели можно определить по карте гидроизопьез?
11. В чём преимущество артезианских вод перед грунтовыми?

7. Приток воды (нефти) к артезианской или грунтово-артезианской скважине

ЗАДАНИЕ 4

По данным, приведенным в соответствующем варианте табл. 5, построить схему и определить приток воды (или нефти) к совершенной (пробуренной до нижнего водоупора) артезианской или грунтово-артезианской скважине с круговым контуром питания и при горизонтальном водоупоре.

Таблица 5

Исходные данные для определения притока воды к совершенной артезианской или грунтово-артезианской скважине с круговым контуром питания и при горизонтальном водоупоре

варианты	Абсолютная отметка устья скважины, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м	Глубина залегания подошвы верхнего водоупора, м	Глубина залегания кровли нижнего водоупора, м	Глубина динамического уровня при откачке, м	Диаметр скважины d, мм	Коэффициент фильтрации K_f , м/сут
1	175,3	4	7,5	30	9	305	12,3
2	344,7	3	9	35	5	114	5,2
3	80,9	1	8	32	8,5	254	10,1
4	120,2	2,5	7	25	4,5	152	3,4
5	45,3	1,9	4	29	6,9	203	6,7
6	230,4	4,3	15	48	8,3	305	22,1
7	391,4	4,5	9	53	10,5	114	1,4
8	160,2	2	5	25	4	152	9,5
9	193,7	3,2	7,5	31	8,2	254	15,8
10	54,5	2,3	3,4	19	4,3	203	0,85
11	145,7	1,8	5,1	35	4,8	305	2,8
12	180,4	2,5	3	15	6,5	114	15,4
13	150,1	3,2	7	20	8,5	254	0,91
14	141,8	2,6	6,3	16	7	114	12,8
15	35,4	4,9	10,4	30	9,9	305	41,4

Указания к заданию 4

Предварительно установить тип скважины – артезианская или грунтово-артезианская. В совершенной артезианской скважине (рис.16) динамический уровень, т.е. уровень воды в скважине при откачке, не опускается ниже кровли водоносного горизонта (определяется путем сравнения данных граф 4 и 6 табл.5). В совершенной грунтово-артезианской скважине (рис.17) динамический уровень опускается ниже кровли водоносного горизонта (определяется аналогично).

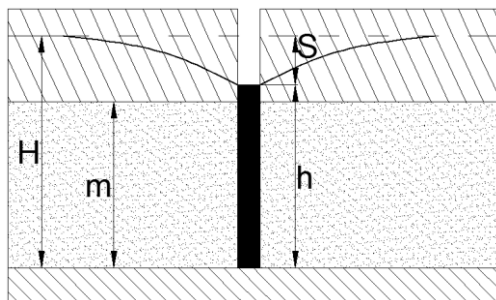


Рис.16 Схема для определения притока воды к совершенной артезианской скважине

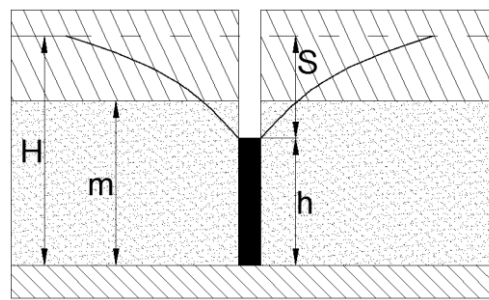


Рис.17 Схема для определения притока воды к совершенной грунтово-артезианской скважине

Дебит совершенной артезианской скважины рассчитать по формуле

$$Q = 2,73k_{\phi}m \frac{S}{\lg R - \lg r}$$

а дебит совершенной грунтово-артезианской скважины – по формуле

$$Q = 1,366k_{\phi} \frac{(2H - m)m - h^2}{\lg R - \lg r}.$$

В этих формулах:

Q – приток (дебит) воды к скважине, м³/сут;

k_{ϕ} - коэффициент фильтрации, м/сут (графа 8, табл.5);

m – мощность водоносного горизонта (м), определяется как разность между глубиной залегания подошвы верхнего водоупора (графа 4, табл.5) и глубиной залегания кровли нижнего водоупора (графа 6, табл.5);

S - понижение уровня воды в скважине при откачке (м) определяется как разность между глубиной залегания пьезометрического уровня (графа 3, табл.4) и глубиной залегания динамического уровня (графа 6, табл.5);

R - радиус откачки (м), определяется по формуле Зихардта:

$$R = 10S\sqrt{k_{\phi}} ;$$

H – высота пьезометрического напора (м), определяется как разность между глубиной залегания пьезометрического уровня (графа 3) и глубиной залегания кровли нижнего водоупора (графа 5);

h – высота столба воды в скважине во время откачки (м), определяется как разность между глубиной залегания динамического уровня (графа 6) и глубиной залегания кровли нижнего водоупора (графа 6);

r – радиус скважины (м), равный половине ее диаметра (графа 7). Диаметр скважины, указанный в миллиметрах следует перевести в метры.

8. Кустовая откачка из безнапорного водоносного (нефтеносного) горизонта

ЗАДАНИЕ 5

По данным табл.6 построить схему кустовой откачки из безнапорного (грунтового) водоносного (нефтеносного) горизонта, определить коэффициент фильтрации, коэффициент водопроводимости водоносного слоя и радиус влияния откачки. Куст состоит из центральной совершенной и двух наблюдательных скважин, расположенных в плане на одной прямой с центральной скважиной. Из центральной скважины производится откачка грунтовой воды с определенным дебитом, а в наблюдательных – измеряются понижения уровня воды.

Таблица 6

Исходные данные для определения из грунтового водоносного горизонта коэффициента фильтрации, коэффициента водопроводимости водоносного слоя и радиуса влияния откачки

Варианты	Расстояние от центральной до первой наблюдательной скважины $l_1, \text{м}$	Расстояние от центральной до второй наблюдательной скважины $l_2, \text{м}$	Мощность водоносного горизонта $H, \text{м}$	Дебит центральной скважины $Q, \text{м}^3/\text{сут}$	Понижение уровня воды в первой наблюдательной скважине $S_1, \text{м}$	Понижение уровня воды во второй наблюдательной скважине $S_2, \text{м}$
1	10	70	17,5	280	2,5	1,2
2	30	140	25	510	3	1,5
3	8	35	9	72	2	1,1
4	25	90	21	350	3,5	1,6
5	70	150	35	720	2,5	1,4
6	5	25	12	150	4	2,1
7	4	15	15,5	83	5	2
8	9	30	31,4	105	4,5	1,5
9	15	55	35,5	280	5,5	1,8
10	15	110	16,7	310	2,5	1,3
11	10	100	23,2	96	3,5	1,4
12	20	80	18,5	300	2,5	1,2
13	12	70	17,3	405	5,5	2,8
14	7	25	19,4	235	3,5	0,9
15	12	85	15,2	315	2,8	1,5

Указания к заданию 5

Коэффициент фильтрации вычислить по формуле

$$k_{\phi} = \frac{0,732Q(\lg l_2 - \lg l_1)}{(2H - S_1 - S_2)(S_1 - S_2)};$$

Коэффициент водопроводимости вычислить по формуле $k_m = k_{\phi} m$.

Радиус влияния вычислить по формуле

$$\lg R = \frac{S_1(2H - S_1)\lg l_2 - S_2(2H - S_2)\lg l_1}{(S_1 - S_2)(2H - S_1 - S_2)}.$$

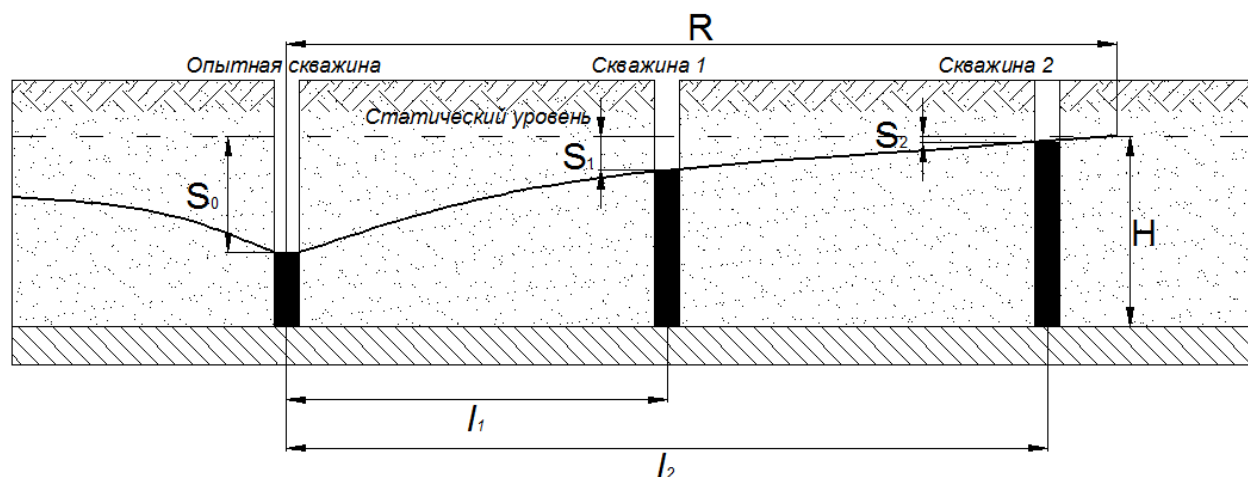


Рис.18 Схема для определения гидрогеологических параметров (k_{ϕ} , k_m , R) в грунтовом водоносном горизонте

Значения, входящие в формулы показаны на рис.18 и представлены в табл.6. При выполнении задания начертить схему, аналогично рис.18 и заполнить ее числовым содержанием по вариантам.

9. Приток грунтовых вод (нефти) к совершенной горизонтальной дрене

ЗАДАНИЕ 6

По данным, приведенным в табл.7 построить схему и определить двухсторонний приток грунтовых вод (или нефти) к совершенной горизонтальной дрене (траншее).

Таблица 7

Исходные данные для определения двухстороннего притока грунтовых вод к совершенной траншее

варианты	Абсолютная отметка поверхности земли, м	Абсолютная отметка статического уровня, м	Глубина динамического уровня при откачке, м	Глубина залегания кровли водоупора, м	Длина траншеи (дрены) $l, \text{м}$	Коэффициент фильтрации $k_f, \text{м/сут}$
1	130,5	130,0	2,5	4,0	310	3,2
2	125,8	124,8	4,5	6,0	100	2,5
3	75,6	74,9	3,0	5,0	150	6,7
4	320,4	318,9	5,5	9,5	120	4,5
5	410,5	409,5	3,0	3,9	140	10,1
6	46,8	45,1	3,8	4,5	80	9,8
7	150,6	148,3	4,9	7,1	110	12,3
8	180,2	178,6	2,5	3,9	200	1,5
9	130,9	128,8	4,2	5,8	90	7,5
10	170,6	170,3	3,5	6,0	250	5,4
11	35,8	33,3	4,8	6,5	130	17,1
12	496,7	495,8	2,4	3,7	70	6,3
13	82,5	81,4	3,5	4,5	170	5,1
14	136,9	136,1	1,7	5,3	180	7,4
15	315,2	314,8	2,9	5,1	230	3,3
16	64,4	63,2	4,2	7,0	80	6,5
17	96,3	94,3	5,0	7,5	180	4,7
18	115,2	113,7	4,0	6,0	140	1,5
19	42,8	41,1	3,5	5,2	120	15,4
20	200,5	199,8	2,1	3,7	70	6,8
21	31,7	31,2	3,4	6,1	400	0,9
22	122,3	121,1	4,4	7,8	160	4,6
23	217,1	216,5	2,8	4,1	100	11,3
24	149,6	147,8	3,9	8,1	340	9,5
25	17,8	17,0	4,5	9,0	190	3,1
26	311,1	310,3	3,2	7,1	210	7,8
27	165,6	164,4	4,0	6,3	70	5,9
28	70,3	69,2	2,9	5,2	250	8,8
29	121,9	121,2	3,5	7,5	110	18,9
30	96,2	95,0	5,3	8,4	170	1,4

Указания к заданию

Предварительно вычислить глубину залегания статического уровня грунтовых вод (рис.19) как разницу между абсолютной отметкой поверхности земли (графа 2, табл. 7) и абсолютной отметкой статического уровня (графа 3).

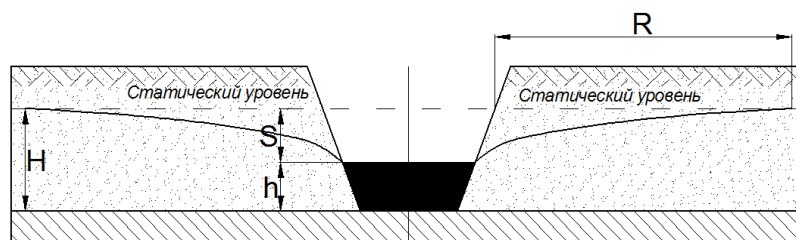


Рис.19. Схема для определения двухстороннего притока грунтовых вод к совершенной траншее при откачке из нее воды

Дебит горизонтального безнапорного совершенного водозабора (траншеи, канавы, галереи, штольни и т.д.), расположенного нормально потоку, определить по формуле

$$Q = l \cdot k_{\phi} \frac{H^2 - h^2}{R},$$

где Q – приток (равный дебиту) к горизонтальному совершенному безнапорному водозабору (траншее) с двух сторон, м³/сут;

l – длина траншеи, м (графа 6);

k_{ϕ} – коэффициент фильтрации, м/сут (графа 7);

H – мощность водоносного горизонта, м (рассчитывается как разность между представленной в графе 5 глубиной залегания кровли водоупора и вычисленной ранее глубиной залегания статического уровня);

h – высота столба в траншее во время откачки, м (рассчитывается как разность между глубиной залегания кровли водоупора (графа 5) и глубиной динамического уровня при откачке (графа 4));

R – радиус влияния (м), вычисляют по формуле

$$R = 2S \sqrt{H \cdot k_{\phi}},$$

где S – понижение уровня в траншее (разница между глубиной динамического и статического уровней воды в траншее).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ананьев В.П., Передельский Л.В. Инженерная геология и гидрогеология. М. Высш.шк., 1980.
2. Антонова Е.О., Крылов Г.В., Прохоров А.Д., Степанов О.А. Основы нефте-газового дела: Учеб. для вузов. — М: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. - 307 с: ил.
3. Геология: учебное пособие к практическим работам дисциплины «Геология» для студентов строительных специальностей очной и заочных форм обучения / Игашева С.П., Соседков Э.С. — Тюмень: РИЦ ГОУ ВПО ТюмГАСУ, 2011.
4. Егупов В.Ю. Основы геологии и инженерной геодинамики: учеб. пособие для студ. строительных и экологических спец. вузов / В. Ю. Егупов, О. В. Кичаева; Харьков, нац. ун-т гор. хоз-ва им. А. Н. Бекетова. — Харьков: ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2016. - 273 с.
5. Загальна та нафтогазова геологія: навчальний посібник / В.Г. Суярко, О.О. Сердюкова, В.В. Сухов. — Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2013. — 212 с.
6. Инженерная геология и гидрогеология в примерах и заданиях: Учеб. пособие /М.И.Чугай, А.В. Чебанов и др. — К.: УМК ВО, 1990.
7. Инженерная геология: Учебник для строительных специальностей вузов / В.П. Ананьев, А.Д. Потапов.— М.: Высшая школа, 2005.
8. Инженерная геология: учебно-методическое пособие для самостоятельной работы [Электронный ресурс] / С.И. Гриб. — Красноярск: СФУ, 2012.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Введение

1. СТРАТИГРАФИЯ И ГЕОХРОНОЛОГИЯ

2. ТЕКТОНИКА

3. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГЕОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА. ДОБЫЧА И
ТРАНСПОРТИРОВКА ГАЗА

4. Построение геологических разрезов

5. Карта гидроизогипс. Построение карты поверхности безнапорного водо-
носного (нефтеносного) горизонта

6. Карта изопьез. Построение карты пьезометрической поверхности напорно-
го водоносного (нефтеносного) горизонта

7. Приток воды (нефти) к артезианской или грунтово-артезианской скважине

8. Кустовая откачка из безнапорного водоносного (нефтеносного) горизонта

9. Приток грунтовых вод (нефти) к совершенной горизонтальной дрене

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ