

**ЧАСТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ГАЗПРОМ ТЕХНИКУМ НОВЫЙ УРЕНГОЙ»**

**Сборник методических указаний**

для студентов

по выполнению практических работ

по учебной дисциплине «Геология»

программы подготовки специалистов среднего звена

21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

21.02.03 Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ

Новый Уренгой 2017

Методические указания для выполнения практических работ разработаны в соответствии рабочей программой учебной дисциплины «Геология» на основе ФГОС СПО по специальностям 21.02.01 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», 21.02.03 «Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ» и содержат требования по подготовке, выполнению и оформлению результатов практических работ.

Методические указания по выполнению практических работ адресованы студентам очной формы обучения.

РАЗРАБОТЧИК:

Денис Владимирович Сборщиков, преподаватель профессионального цикла

Данные методические указания

являются собственностью ©

ЧПОУ «Газпром техникум

Новый Уренгой»

Рассмотрены на заседании кафедры нефтегазовых специальностей и рекомендованы к применению

Протокол № 3 от «10» 11 2018г.

Зав. кафедрой НГС *Сборщиков Д.В.*

Зарегистрирован в реестре учебно-программной документации.

Регистрационный номер *556. МЧ(ТР), Э, ЗИ. ОП. 04*  
*ККТБ. 001-17*

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Порядок выполнения практических работ .....	8
2 Требования к оформлению отчетов .....	9
3 Критерии оценки практических работ.....	10
4 Практические работы.....	11
4.1 Практическая работа №1 .....	11
4.2 Практическая работа №2.....	17
4.3 Практическая работа №3 .....	40
4.4 Практическая работа №4.....	51
4.5 Практическая работа №5.....	63
4.6 Практическая работа №6.....	71
Лист согласования.....	79

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Уважаемый студент!**

Методические указания по дисциплине «Геология» для выполнения практических работ созданы Вам в помощь для работы на занятиях, подготовки к практическим работам, правильного составления отчетов.

Приступая к выполнению практической работы, Вы должны внимательно прочитать цель занятия, ознакомиться с требованиями к уровню Вашей подготовки в соответствии с федеральными государственными стандартами среднего профессионального образования, краткими теоретическими и учебно-методическими материалами по теме практической работы, ответить на вопросы для закрепления теоретического материала.

Все задания к практической работе Вы должны выполнять в соответствии с инструкцией, анализировать полученные в ходе занятия результаты по приведенной методике.

Отчет о практической работе Вы должны выполнить по приведенному алгоритму.

Наличие положительной оценки по практическим работам необходимо для получения допуска к экзамену, поэтому в случае отсутствия на учебном занятии по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за практическую работу Вы должны найти время для ее выполнения или передачи.

Выполнение практических работ направлено на достижение следующих **целей:**

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных теоретических знаний;
- формирование умений, получение первоначального практического опыта по выполнению профессиональных задач в соответствии с требованиями к результатам освоения дисциплины.

Предусмотрено проведение шести практических работ для студентов очной формы обучения.

**Образовательные результаты, подлежащие проверке в ходе выполнения практических работ** – в совокупности практические работы по учебной дисциплине «Геология» охватывают весь круг умений и знаний, перечисленных в рабочей программе УД «Геология» и во ФГОС СПО по специальностям 21.02.01 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», 21.02.03 «Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ».

Выполнение практических работ направлено на формирование общих компетенций и профессиональных компетенций:

ОК 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3 Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4 Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК 6 Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями

ОК 7 Брать на себя ответственность за работу членов команды, за результат выполнения заданий

ОК 6 Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями

ОК 7 Брать на себя ответственность за работу членов команды, за результат выполнения заданий

ОК 8 Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации

ПК 3.1 Осуществлять текущее и перспективное планирование и организацию производственных работ на нефтяных и газовых месторождениях

ПК 3.2 Обеспечивать профилактику и безопасность условий труда на нефтяных и газовых месторождениях

ПК 3.3 Контролировать выполнение производственных работ по добыче нефти и газа, сбору и транспорту скважинной продукции.

У 1 Вести полевые наблюдения и документацию геологических объектов, работать с горным компасом, описывать образцы горных пород, определять происхождение форм рельефа и отложений в различных породах по структуре обломков

У 2 Читать и составлять по картам схематические геологические разрезы и стратиграфические колонки

У 3 Определять по геологическим, геоморфологическим, физико-графическим картам формы и элементы форм рельефа, относительный возраст пород

Зн 7 Структуру и текстуру горных пород

Зн 8 Физико-химические свойства горных пород

Зн 9 Основы геологии нефти и газа

Зн 12 Основные минералы и горные породы

Зн 15 Основы инженерной геологии: горные породы как группы и их физико-механические свойства

Зн 16 Основы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

Зн 18 Способы и средства изучения и съемки объектов горного производства

Зн 19 Методы геоморфологических исследований и методы изучения стратиграфического расчленения

Зн 20 Методы определения возраста геологических тел и восстановления геологических событий прошлого

**Внимание!** Если в процессе подготовки к практическим работам или при решении задач у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно

не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний в дни проведения дополнительных занятий.

Время проведения дополнительных занятий можно узнать в открытом информационном пространстве Техникума.

**Желаем Вам успехов!!!**

## **1 Порядок выполнения практических работ**

1. Студент должен прийти на практическое занятие подготовленным. Необходимо заранее изучить методические указания для студентов по выполнению практических работ по учебной дисциплине «Геология». Обратит внимание на цель занятия, порядок выполнения практической работы, краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме, основные вопросы для подготовки к занятию.

2. Отчет о проделанной работе следует выполнять в тетради для практических работ в клетку

3. После выполнения работы студент представляет письменный отчет.

4. Студент должен защитить практическую работу индивидуально. Подвести итог и сформулировать основные выводы.



## **2 Требования к оформлению отчетов**

Каждый студент ведет рабочую тетрадь по практическим работам, оформление которой должно отвечать требованиям, основные из которых следующие:

- на титульном листе указывают предмет, курс, группу, фамилию, имя, отчество студента;

- каждую работу нумеруют в соответствии с методическими указаниями, указывают дату выполнения работы;

- в рабочую тетрадь полностью записывают название работы, цель, кратко характеризуют ход работы;

- в конце каждой работы делают вывод или заключение, которые обсуждаются при защите работы. Проведение практических работ включает в себя следующие этапы:

- постановку темы занятий и определение задач практической работы;

- определение порядка практической работы или отдельных ее этапов;

- непосредственное выполнение практической работы студентами и контроль за ходом занятий;

- подведение итогов практической работы и формулирование основных выводов.

### 3 Критерии оценки практических работ

№ п/п	Критерии оценки	Метод оценки	Работа выполнена	Работа выполнена не полностью	Работа не выполнена
			Высокий уровень 3 балла	Средний уровень 2 балла	Низкий уровень 1 балл
1	Правильность и самостоятельность выполнения всех этапов практической работы	Наблюдение преподавателя	Практическая работа выполнена самостоятельно и правильно	При выполнении практической работы обучающийся допускал незначительные ошибки, часто обращался за помощью к преподавателю	Практическая работа не выполнена. Обучающийся выполнял работу только с помощью преподавателя и других обучающихся. Обучающийся не имеет конспекта и заготовки отчета по практической работе. Отчет выполнен и оформлен небрежно, без соблюдения установленных требований
2	Наличие конспекта, материал которого соответствует теме практической работы. Наличие заготовки отчета к практической работ	Наблюдение преподавателя	Имеется заготовка отчета к практической работе. Содержание конспекта полностью соответствует теме практической работ	Заготовка отчета имеется в наличии, но с недочетами, не полными таблицами и т.п. Конспект имеется в наличии, но содержит не полный материал теме практической работы	
3	Правильность оформления	Проверка работы	Оформление отчета соответствует требованиям	В оформлении незначительные недочеты и небольшая небрежность	
Оценка			4–5 баллов	6–7 баллов	8–9 баллов
			«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»

## **4 Практические работы №№ 1-6**

### **Практическая работа № 1**

**Тема:** «Методика определения и описания минералов»

**Цель:** углубление и закрепление полученных теоретических знаний по определению пороодообразующих минералов и их свойств.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с методами описания минералов.
2. Взять раздаточные коллекции.
3. Определить и провести описание согласно Таблице 1.2.

#### **Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме:**

Для определения минералов существует множество методов, требующих специальных знаний, приборов, лабораторий (кристаллографический, рентгеноструктурный, химический, оптический и т.д.). Но известен и более простой – макроскопический метод определения минералов путём наблюдения легко различимых (внешних) признаков. Определение минерала будет более качественным и достоверным, если определено наибольшее число внешних признаков, и наблюдения выполнены с максимальной точностью.

Безошибочное узнавание пороодообразующих минералов основывается на знании их внешних свойств, в том числе:

- физического состояния (кристаллическое, аморфное, землистое, жидкое, газообразное);
- кристаллической формы (сингонии: кубическая, гексагональная, тетрагональная, тригональная, ромбическая, моноклинная);
- цвета минералов и цвета черты;
- прозрачности (прозрачный, полупрозрачный, непрозрачный);
- блеска (матовый, перламутровый, стеклянный, металлический);
- спайности (весьма совершенная, совершенная, несовершенная);
- излома (раковистый, занозистый, неровный, шероховатый);
- удельного веса;
- твердости;
- особых свойств (вкус, запах, реагирование с кислотой, растворимость в воде, флюоресценция, температура плавления).

Минералы встречаются в природе во всех агрегатных состояниях: жидкие (вода), газообразные (природные газы), но большинство минералов – твёрдые тела.

Иногда минеральное вещество представляет собой скопление молекул, атомов или ионов, расположенных беспорядочно. Такие минералы аморфны и внешне напоминают стекло или пластмассу (опал, аморфный магnezит). В каждой точке образца они проявляют одинаковые свойства.

В большинстве случаев частицы располагаются в строгом порядке и образуют кристаллические решётки. Такие вещества более устойчивы на поверхности Земли, их свойства однородны только по параллельным направлениям (кварц).

Для формы кристалла важны условия его развития: температура, давление, поступление химических веществ. При идеальных условиях все грани растут равномерно, но в природе чаще получаются неправильные искажённые формы – зёрна.

Кристаллы и зёрна минералов редко бывают одиночными, чаще они образуют закономерные или случайные сростки – агрегаты (зернистые, землистые, волокнистые, натёчные, друзы, щётки, дендриты и т.д.).

**Окраска минерала** зависит от цвета химических элементов, входящих в его состав, от примесей, и может быть случайной. Цвет минерала лучше определять при дневном освещении, так как при электрическом освещении оттенки цвета меняются. Следует учесть также, что цвет минерала в сухом состоянии иной, чем при увлажнении, когда он приобретает более яркий, резковыраженный цвет. Поэтому в описании необходимо указать состояние влажности. При описании цвета минерала для большей точности следует пользоваться не более чем двумя словами, указывая основной цвет вторым словом. «Зеленовато–чёрный» означает, что минерал чёрного цвета с зеленоватым отливом. Обозначение цвета тремя словами и более лишь запутывает понятие о цвете минерала, описание теряет практический смысл.

**Цвет черты** – цвет тонкого порошка минерала, полученного при царапании краем образца по керамической плитке. Это свойство более постоянно, чем окраска самого минерала, может совпадать с ней (магнетит чёрный и черта у него чёрная), а может не совпадать (пирит латуно–жёлтый, а черта у него зеленовато–чёрная).

Прозрачность определяется наблюдением какого–либо предмета через тонкую пластинку минерала:

- через прозрачный минерал предмет виден во всех деталях (пластинчатый гипс – «марьино стекло»);
- полупрозрачный минерал позволяет увидеть лишь его контур (флюорит);
- непрозрачные минералы совсем не просвечивают (роговая обманка).

**Блеск** – способность поверхности минерала отражать свет. Блески определяют на свежем сколе и делят на две большие группы, которые имеют подразделения:

металлические:

- собственно металлический – поверхность минерала блестит как полированное металлическое изделие (пирит на свежем сколе);
- полуметаллический – напоминает потускневшую поверхность металлического изделия (графит);

неметаллические:

- стеклянный (кальцит);
- алмазный (галенит на свежем сколе);
- жирный (кварц молочный);
- перламутровый (слюды);
- шелковистый (хризотил–асбест);
- матовый (глинистые) и др.

**Спайность** – способность минерала раскалываться по определённым направлениям с образованием зеркальных граней. Степень её проявления зависит от внутреннего строения минерала:

- весьма совершенная – образец легко раскалывается на тонкие блестящие пластинки (слюды);
- совершенная – при ударе молотком образец легко раскалывается по параллельным плоскостям (гипс);
- средняя – при ударе минерал одинаково часто раскалывается как по плоскостям спайности, так и по другим направлениям (полевые шпаты);
- несовершенная – проявляется только в виде редких небольших площадок на неровном фоне (апатит);
- весьма несовершенная (отсутствует) – образцы всегда раскалываются по неопределённым направлениям (кварц, пирит).

Спайность может проявляться по одному (слюды), двум (полевые шпаты), трём (галит), четырём (флюорит) и шести (цинковая обманка) направлениям.

**Излом** характеризует поверхность разрыва при разрушении минерала:

- ровный (кальцит);
- неровный (авгит);
- зернистый (апатит);
- землистый (глинистые минералы);
- занозистый (гипс–селенит, актинолит);
- раковистый (халцедон, аморфные минералы – магnezит, опал);
- ступенчатый (полевые шпаты, исландский шпат).

**Плотность (удельный вес) минералов** – их важнейший диагностический признак. Она зависит от атомного веса химических элементов, входящих в состав минерала. Приёмы точного определения плотности основаны на гидростатическом взвешивании в тяжёлых жидкостях, результаты исчисляются в  $\text{г/см}^3$ ,  $\text{т/м}^3$ . Приближённое определение плотности производится сравнительным взвешиванием на руке.

**Твёрдость** – степень сопротивления минералов механическому воздействию:

– абсолютная твёрдость определяется в лабораторных условиях с помощью прибора склерометра путём вдавливания в образец алмазной пирамидки, измеряется в  $\text{кг/см}^2$ ;

– в полевых условиях проще и удобнее измерять относительную твёрдость, используя шкалу Мооса. Она состоит из 10 минералов эталонов, твёрдость которых известна и постоянна. Минералы расположены в шкале так, что каждый последующий минерал–эталон оставляет царапину на всех предыдущих. Ещё более удобным дополнением к шкале Мооса является шкала Разумовского, где минералы заменены предметами со сходной твёрдостью.

Таблица 1.1 – Шкала твердость

Относительная твердость, балл	Минерал-эталон	Абсолютная твердость, $\text{кг/см}^2$	Предметы заменители
1	Тальк	2,4	Мягкий карандаш
2	Гипс	36,0	Ноготь, алюминиевая проволока
3	Кальцит	109,0	Медная проволока
4	Флюорит	189,0	Гвоздь
5	Апатит	536,0	Стекло оконное
6	Ортоклаз	795,0	Нож стальной
7	Кварц	1120,0	Напильник
8	Топаз	1427,0	Нет заменителя
9	Корунд	2060,0	Сплав победит
10	Алмаз	10160,0	Нет заменителя

**ОСОБЫЕ СВОЙСТВА** характерны только для одного или нескольких минералов, поэтому являются важнейшими диагностическими признаками:

- гибкость (листочки благородного талька);
- упругость (листочки слюд);
- магнитность (магнетит);
- электропроводность (самородные минералы);

- пьезоэлектрический эффект (горный хрусталь);
- радиоактивность (уранинит);
- люминесценция (кальцит);
- двулучепреломление (кальцит – исландский шпат);
- вкус (галит, соли);
- запах (глинистые) и другие.

Выделяются наиболее распространенные представители следующих групп минералов:

**I. САМОРОДНЫЕ** минералы являются простыми веществами и состоят из одного химического элемента (сера S, графит C). Этот класс насчитывает около 50 минералов и составляет 0,1% объёма земной коры. Представители этого класса являются ценными ископаемыми.

**II. СУЛЬФИДЫ** (сернистые соединения) – около 20 природных минералов (пирит  $\text{FeS}_2$ , галенит  $\text{PbS}$ ), составляющих 0,15% объёма земной коры. Они не являются породообразующими и снижают качество строительных материалов.

**III. ГАЛОИДЫ** (соли галоидно–водородных кислот) – около 100 природных минералов (галит  $\text{NaCl}$ , флюорит  $\text{CaF}_2$ ). Галоиды – вредные примеси в грунтах и строительных материалах.

**IV. ОКИСЛЫ и ГИДРООКИСЛЫ** – соединения элементов с кислородом и гидроксидом. Этот класс насчитывает около 200 природных минералов, широко распространённых, особенно в поверхностных условиях (кварц  $\text{SiO}_2$ , гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Они составляют 17% от объёма земной коры.

**V. КАРБОНАТЫ** (соли угольной кислоты) составляют 2% от объёма земной коры. Этот класс включает около 80 природных минералов (кальцит  $\text{CaCO}_3$ , доломит  $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ ), которые имеют большое значение как естественные строительные материалы и сырьё для производства искусственных стройматериалов.

**VI. ФОСФАТЫ** (соли фосфорных кислот) – это более 300 минералов (апатит  $\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})[\text{PO}_4]_3$ ), большинство из которых – редкие.

**VII. СУЛЬФАТЫ** (соли серной кислоты) составляют 0,1% от объёма земной коры. В этот класс входят около 260 минералов (гипс  $\text{Ca}[\text{SO}_4]_2\text{H}_2\text{O}$ , ангидрит  $\text{CaSO}_4$ ). Большинство из них имеют малый удельный вес, небольшую твёрдость, светлоокрашены, некоторые содержат воду. Сульфаты – ценное сырьё для производства стройматериалов.

**VIII. СИЛИКАТЫ** (соли кремниевых кислот) – сложные химические соединения, составляющие 90% всего объёма земной коры. Класс насчитывает около 800 минералов (лабрадор  $(\text{Na}, \text{Ca})[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ , роговая обманка  $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mg}, \text{Al}, \text{Mn}, \text{Ti})_3[\text{Si}_3\text{Al}_4\text{O}_2]_2\text{Fe}[\text{OH}, \text{F}]_2$ ), большинство из них применяется в строительстве.

**Пример описания.** Мономинеральный агрегат представлен сросшимися зёрнами кристаллов. Под лупой видны кристаллы в форме правильных кубов. Минерал имеет сильный металлический блеск, золотисто–жёлтый цвет и чёрный, с зеленоватым оттенком цвет черты. Минерал царапает стекло, но не царапает кварц, следовательно, его твёрдость 6. Спайность отсутствует, излом неровный, вес тяжёлый (ориентировочно). При сравнении всех полученных при изучении образца минерала данных, по определителю находим, что это пирит из класса сульфидов.

При изучении большой группы минералов записи можно оформить в виде таблицы 2.

Таблица 1.2 – Форма записи описания минералов

№ п/п	Морфологические	Блеск	Цвет	Цвет черты	Твердость	Спайность	Излом	Диагностические свойства	Класс	Наименование минерала и его химический состав
1	Землистая масса	Тусклый, матовый, в чешуйках перламутровый	Желтовато–серый	Белый	1–1,5	Спайность не различима	Излом землистый	Гигроскопичен, липнет к языку	Силикат	Каолинит $Al_4(OH)_8xSi_4O_{10}$

Изучение методики определения минералов и составления их описания можно ограничить 20 разными минералами, если они определены правильно.

В результате выполненной работы студентам следует научиться определять следующие основные породообразующие минералы: кварц, кальцит, апатит, роговую обманку, слюды, каолинит, полевые шпаты, авгит, оливин и другие по указанию преподавателя.



## Практическая работа №2

**Тема:** «Методика определения и описания горных пород»

**Цель:** углубление и закрепление полученных теоретических знаний по изучению методик определения различных свойств горных пород, в частности, структуры и текстуры горных пород молекулярной массы и плотности, по их диагностическим признакам.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с описанием горных пород.
2. Вычертить таблицу и выбрать горные породы для описания из Таблицы 2.1 (По одному виду горной породы из трёх классов)
3. Заполнить таблицу и защитить практическую работу.

### **Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме:**

#### **ГОРНЫЕ ПОРОДЫ**

**Горными породами** называются плотные или рыхлые агрегаты, слагающие земную кору и состоящие из однородных или различных минералов и обломков других пород. Наука, занимающаяся изучением минералогического и химического составов горных пород, их строения и условий залегания, называется петрографией.

Горные породы образуются в результате геологических процессов, происходящих в недрах земной коры или на ее поверхности. В зависимости от происхождения они могут быть магматическими, осадочными и метаморфическими.

Наряду с другими признаками горные породы характеризуются структурой и текстурой.

**Структура** – это особенности строения породы, обусловленные размерами, формой и характером срастания минералов, слагающих ее, а также степенью кристалличности ее вещества. Различают несколько основных типов структур магматических пород.

*Полнокристаллическая структура* характерна для пород, состоящих из кристаллических зерен минералов. По размерам зерен различают структуры: крупнозернистую (свыше 5 мм), среднезернистую (5–1 мм) и мелкозернистую (менее 1 мм).

*При скрытокристаллической (афанитовой) структуре* зерна минералов настолько малы, что едва различимы в микроскоп.

Породы, имеющие стекловатую структуру, состоят из нераскристаллизовавшейся, аморфной массы.

*При порфировой структуре* в аморфной, стекловатой массе выделяются отдельные кристаллы, называемые вкрапленниками.

Под **текстурой** (сложением) понимают расположение и распределение относительно друг друга составных частей породы в занимаемом ими пространстве. Различают несколько типов текстур.

*Массивную, или беспорядочную,* текстуру имеют породы, у которых нет какой-либо закономерности в расположении породообразующих минералов.

*Слоистая* текстура бывает у осадочных пород, состоящих из тонких слоев с разным составом, структурой, цветом, размерами и т. п.

*Сланцеватой* текстурой характеризуются породы, расслоенные на тонкие пластины, расположенные в одном направлении.

*Миндалекаменная* текстура характерна для пород, содержащих миндалины, состав вещества которых резко отличен от состава вмещающей породы.

У пород, имеющих *флюидальную* (текучую) текстуру, кристаллы минералов расположены в направлении потока лавы.

*Пористую* текстуру имеют породы, пронизанные видимыми на глаз порами, обусловленными газом, выделившимся при застывании магмы.

## 1. Магматические породы

**Магматическими** называются породы, образующиеся в результате остывания и затвердевания магмы как на глубине, внутри земной коры, так и на земной поверхности после излияния. В зависимости от этого они делятся на *глубинные*, или интрузивные, и *излившиеся*, или эффузивные. В свою очередь интрузивные породы также подразделяются на абиссальные, застывшие на большой глубине, и гипабиссальные, застывшие на небольшой глубине. Эффузивные породы, не подвергшиеся изменению, называются кайнотипными, а более древние, претерпевшие различные изменения, – палеотипными.

*Интрузивные* и *эффузивные* породы имеют различные структуру и текстуру. Абиссальные породы характеризуются полнокристаллической структурой и массивной текстурой. Для эффузивных пород более характерны стекловатая, скрытокристаллическая, порфировая структуры и флюидальная, пористая, миндалекаменная, а иногда и массивная текстуры. Кайнотипные породы имеют обычно пористую текстуру. У палеотипных пород, отличающихся большой плотностью, порфировые выделения сильно разрушены. Гипабиссальным породам свойственна порфировая структура. Однако эти породы, как промежуточные по условиям образования, могут иметь и полнокристаллическую структуру.

Таким образом, по структуре и текстуре можно определить условия образования горной породы.

Магматические породы отличаются по химическому и минералогическому составам, а также по физическим свойствам. Различие в химическом составе определяется содержанием кремнекислоты ( $\text{SiO}_2$ ) в породе. По этому признаку интрузивные и эффузивные породы разделяют на кислые ( $\text{SiO}_2$  от 75 до 65 %), средние ( $\text{SiO}_2$  от 65 до 52 %), основные ( $\text{SiO}_2$  от 52 до 40 %) и ультраосновные ( $\text{SiO}_2$  менее 40 %).

Степень кислотности магматических пород определяется содержанием в них кварца и оливина, которые вместе не встречаются. Кислые породы содержат много  $\text{SiO}_2$ , избыток которого представлен зернами кварца. В средних породах кварца практически уже нет. В основных породах с уменьшением содержания кремнекислоты возрастает содержание оливина. Больше всего оливина в ультраосновных породах.

Степень кислотности характеризуется также цветом и относительной плотностью породы. Цвет зависит от наличия таких цветных минералов в породе, как биотит, роговая обманка, авгит и др. В кислых породах преобладают светлые силикаты – биотит и роговая обманка. Чем кислее породы, тем они светлее. В основных породах возрастает содержание темного силиката – авгита.

С уменьшением кислотности возрастает относительная плотность пород: у кислых пород 2,5–2,7, у средних 2,7–2,8, у основных 2,9–3,1 и у ультраосновных 3,1–3,3.

**Кислые породы.** Породообразующими минералами кислых пород являются калиевые полевые шпаты, кислые плагиоклазы, кварц и цветные минералы – слюды, амфиболы и изредка пироксены. Содержание полевых шпатов в кислых породах до 60–70 % определяет их светлую окраску. Среди кислых пород наиболее распространены интрузивные породы – гранит и гранодиорит и реже их эффузивные аналоги – липарит и кварцевый порфир.

*Гранит* – абиссальная порода, имеющая полнокристаллическую структуру; цвет красный, розовый, серый, желтоватый; разновидность гранита без слюды называется аплитом, а без полевого шпата – грейзеном; широко распространен в природе. Используется в строительном деле.

*Липарит* – эффузивный аналог гранита; имеет порфиновую структуру; в стекловатой массе вкраплены зерна полевых шпатов и кварца; текстура чаще всего флюидальная; цвет светлый, розовато– или желтовато–белый. Порода, соответствующая по составу липариту, но со стекловатой структурой, называется вулканическим стеклом (обсидианом).

**Средние породы.** Породообразующие минералы средних пород – светлые плагиоклазы или калиевые полевые шпаты и цветные – слюды, роговая обманка, реже авгит. Такое соотношение минералов определяет светлую окраску пород. К представителям

средних интрузивных пород относятся сиениты и диориты, а эффузивных – андезиты и трахиты.

*Сиениты* – абиссальная порода с полнокристаллической среднезернистой структурой; цвет – от розового до сероватого; залегает в виде самостоятельных интрузивных тел или встречается по краям гранитных массивов. С сиенитами нередко связаны месторождения магнезита, меди, золота, вольфрама и др.

*Диориты* – абиссальная порода с полнокристаллической структурой; залегает в виде штоков или на периферии кислых интрузивных массивов. С диоритами связаны месторождения меди и полиметаллов.

*Андезиты* – эффузивный аналог диорита темно-серого или черного цвета; структура порфировая; основная масса – скрытокристаллическая; текстура пористая; слагает конусы потухших вулканов Казбек и Эльбрус на Кавказе; развит в горных областях, окаймляющих побережье Тихого океана.

*Трахиты* – эффузивный аналог сиенита; обладает порфировой структурой и пористой текстурой; вкрапленники представлены кристаллами санидина; цвет в свежем виде светло-желтый, светло-серый или розоватый; залегает в виде покровов и потоков; широко распространен на Северном Кавказе и в Армении.

**Основные породы.** Главными пороодообразующими минералами являются пироксены (авгиты) и плагиоклазы (часто Лабрадор) и в меньшем количестве роговая обманка и оливин. Окраска пород темная. У интрузивных пород на темном фоне выделяются темно-серые зерна плагиоклазов. Основные представители интрузивных пород – габбро и диабазы, а их излившиеся аналоги – базальты.

*Габбро* – абиссальная полнокристаллическая, темноокрашенная порода, состоящая из авгита, роговой обманки и плагиоклаза. Разновидность, состоящая из Лабрадора, называется лабрадоритом. С габбро могут быть связаны месторождения меди и титаномагнетита.

*Диабазы* – полнокристаллическая средне- и мелкозернистая порода палеотипного облика, состоящая из авгита и плагиоклаза; имеет офитовую (диабазовую) структуру, для которой характерна лучшая огранка кристаллов плагиоклаза, чем пироксена (авгита); окраска породы зеленовато-серая и темно-зеленая.

*Базальты* – черная или темно-серая излившаяся порода скрытокристаллической структуры; нередко в основной афанитовой массе породы можно видеть порфировые выделения авгита, оливина, плагиоклаза, роговой обманки; залегает в виде покровов и потоков мощностью сотни и тысячи метров и площадью сотни тысяч квадратных километров. Объем всех остальных магматических пород значительно меньше объема базальтов. Особенно значительны площади, занятые базальтами на дне океанов.

**Ультраосновные породы.** Породы этой группы почти целиком состоят из оливина и пироксена (авгита), богатых окислами железа и магния, с чем связано увеличение их относительной плотности до 3,3. Из-за темного цвета этих минералов породы имеют темную или черную окраску с зеленоватым оттенком. Эффузивные ультраосновные породы очень редки. Основные представители ультраосновных пород – дунит, пироксенит и перидотит.

*Дунит* состоит в основном из оливина; цвет желтовато-зеленый разных оттенков; широко развит на Урале.

*Пироксенит* образован главным образом пироксеном (авгитом) с небольшим содержанием оливина; структура полнокристаллическая от мелко-до крупнозернистой; цвет черный.

*Перидотит* – порода, состоящая из оливина и авгита; структура сред-незернистая; цвет темно-зеленый или зелено-черный; развит на Урале, в Восточной Сибири, в нижней части рифтовых долин срединно-океанических хребтов.

## 2. Осадочные породы

Формирование осадочных пород обусловлено экзогенными процессами. Среди осадочных пород выделяют обломочные, хемогенные и органогенные породы.

**Обломочные породы** (кластические). Эти осадочные породы образуются в результате разрушения прежде существовавших пород, переноса их обломков к бассейну осадконакопления и дифференциации в процессе осаждения.

Основной текстурной особенностью обломочных пород является их слоистость, которая может быть преимущественно горизонтальной, косой и неправильной. Выделяют также пльчатую текстуру.

Текстурные особенности обломочных пород определяются характером, взаиморасположением и количественным соотношением зерен породы и цементирующих веществ.

*Цементом* называются минеральные вещества, заполняющие в осадочных породах промежутки между зернами и обломками породы и связывающие их между собой. Различают *мономинеральные* и *полиминеральные* цементы. Состав последних крайне разнообразен. Чаще всего встречаются различные глинистые и карбонатные цементы. Цементирующее вещество может развиваться в местах контакта зерен породы (контактовый цемент), неравномерно распределяться в породе в виде локальных участков (пятнистый, или сгустковый), обволакивать зерна породы в виде пленки (пленочный), развиваться в порах между соприкасающимися зернами (поровый). Если несоприкасающиеся зерна породы

погружены в цементирующую массу, то такой цемент называют базальным. В осадочных породах чаще встречаются комбинации двух или более перечисленных типов цементов.

В соответствии со структурными особенностями обломочные породы подразделяются на крупно-, средне-, мелко- и тонкообломочные.

*Крупнообломочные породы* (псефиты) состоят преимущественно из обломков различного состава размером более 2 мм. Различают крупнообломочные породы несцементированные и сцементированные.

Среди несцементированных пород скопления угловатых неокатанных обломков с размером в поперечнике свыше 100 мм называются глыбами, от 100 до 10 мм – щебнем, от 10 до 2 мм – дресвой. Их образование связано с выветриванием горных пород. Породы, состоящие из окатанных обломков тех же размеров, соответственно называются валунником (> 100 мм), галечником (10–100 мм) и гравием (2–10 мм). Валунник (скопление валунов) образуется при окатывании глыб водами горных рек, морскими волнами, движущимися ледниками; галечник и гравий – в результате окатывания и истирания глыб, валунов и щебня водами рек, морей и озер.

Среди сцементированных грубообломочных пород различают брекчию и конгломерат. Брекция – сцементированные неокатанные обломки (глыбы, щебень и дресва), конгломерат — сцементированные окатанные обломки (валуны, гравий и галька).

*Среднеобломочные породы* (псаммиты) состоят из обломков с размером зерен 0,1–2 мм. Они могут быть несцементированными – пески и сцементированными – песчаники. По размеру зерен пески и песчаники разделяют на грубозернистые (1–2 мм), крупнозернистые (0,5–1 мм), среднезернистые (0,25–0,5 мм) и мелкозернистые (0,1–0,25 мм).

По составу пески и песчаники могут быть мономинеральными и полимиктовыми. Мономинеральные пески и песчаники получают название того породообразующего минерала, из которого они преимущественно сложены (например, кварцевый песок, глауконитовый, полевошпатовый).

По составу цемента песчаники могут быть глинистыми, известковистыми, железистыми, кремнистыми и т. п. Цвет песков и песчаников зависит от цвета преобладающих обломков, а у песчаников – и от цвета цементирующего вещества. Пески и песчаники служат хорошими коллекторами для нефти и газа, с ними могут быть связаны и другие полезные ископаемые (алмазы, золото, платина, магнетит и др.).

*Мелкообломочные породы* (алевриты) состоят из частиц с размером преимущественно 0,01–0,1 мм (по А. Н. Заварицкому). К несцементированным мелкообломочным породам относятся собственно алевриты, лёссы, суглинки, супеси.

Алевриты представляют собой, рыхлую осадочную породу, промежуточную между песками и глинами. Цементированные алевриты называются алевролитами. Алевролиты также могут служить коллекторами для нефти и газа.

*Тонкообломочные породы* (пелиты) – глинистые породы с размером частиц менее 0,01 мм, причем размер трети частиц не превышает 0,001 мм. Состоят из глинистых минералов, минералов обломочного (слюды, кварц, полевые шпаты и др.) и химического (карбонаты, сульфаты) происхождения. Типичными глинистыми минералами являются каолинит и монтмориллонит. Глина, состоящая из каолинита, называется каолиновой (белые глины), а из монтмориллонита – бентонитовой.

Плотные глины, цементированные кремнеземом, называются аргиллитами. Глины и аргиллиты служат хорошими покрышками для залежей нефти и газа.

Среди обломочных пород различают терригенные и карбонатные.

*Терригенные породы* – песок, песчаник, алеврит, алевролит, глина.

В упрощенной форме их можно рассматривать как механические смеси конечных продуктов, состоящих из песка и глины, скрепленных цементом и способных замещать друг друга в разных сочетаниях под воздействием различных факторов. Благодаря этому облегчается классификация терригенных пород с помощью механического или гранулометрического анализа.

**Гранулометрическим анализом** называется совокупность приемов, позволяющих производить разделение породы на составляющие ее части разного размера (фракции) с последующим определением процентного содержания каждой фракции, называемого гранулометрическим составом породы. Определение гранулометрического состава производится ситовым и мокрым методами. Гранулометрическому анализу предшествует определение карбонатное<sup>TM</sup> породы, по которой судят о степени цементированное<sup>TM</sup> зерен и заполнении пор цементом.

*Карбонатные породы* сложены в основном кластическими известняками, состоящими из окатанных карбонатных зерен разного размера. Проницаемые и пористые разновидности тех и других пород служат коллекторами нефти и газа.

**Хемогенные породы.** Хемогенные породы образуются при выпадении растворенных веществ из истинных и коллоидных растворов на дне водоемов.

Структура пород, связанных с выпадением веществ из истинных растворов, – *кристаллическая*, а из коллоидных – *скрыто–кристаллическая*.

Текстура этих пород преимущественно *слоистая*, но иногда может быть *массивной*.

Основные хемогенные породы, с коллекторами которых связано более половины мировых выявленных запасов нефти, представлены известняками и доломитами.

*Известняки* – весьма распространенная порода, состоящая из минерала кальцита; бурно реагирует с соляной кислотой; цвет белый, желтоватый, серый. Типичными представителями известняков хемогенного происхождения являются известковый туф, оолитовые известняки, плотные тонкозернистые известняки.

*Доломиты* по внешнему виду похожи на известняки; образуются путем доломитизации известняков вследствие замещения в них части кальция магнием, а также путем химического выпадения из раствора при большом содержании в воде магния. В отличие от известняка порошок доломита слабо вскипает при действии на него соляной кислотой.

Среди карбонатных пород следует отметить еще мергели. Это известково–глинистая порода, у которой глинистые частицы сцементированы карбонатным цементом. В отличие от известняка на поверхности мергеля после капли соляной кислоты остается грязно–серое пятно.

Из других хемогенных пород рассмотрим следующие:

*Галоидные породы*, среди которых наиболее часто встречаются соли натрия и калия, образуются обычно в результате отложения из водных бассейнов; залегают в виде пластов большой мощности; нередко служат хорошими покрывками для залежей нефти и газа. Галоидные породы являются ценным минеральным сырьем.

*Сернокислые породы* (гипс, ангидрит) образуются из водных растворов в условиях замкнутых бассейнов (озер и лагун); нередко гипсы и ангидриты переслаиваются с отложениями солей; ангидриты выпадают из растворов более насыщенных, чем те, из которых выпадает гипс; ангидриты и гипсы встречаются в осадочных породах, особенно в доломитах. Ангидриты могут служить коллекторами для нефти и газа.

***Органогенные породы.*** Эти породы формируются из остатков животных и растительных организмов. Структура их может быть органогенно–обломочной и детритусовой (детрит – перетертые обломки раковин). Текстура слоистая, иногда массивная.

К органогенным породам относят известняки органогенного происхождения. Они образуют известковые напластования, типичными представителями которых являются биогермы (риффы) и биостромы. С известняками рифовых массивов могут быть связаны залежи нефти и газа. Разновидность органогенных известняков – мел.

Ископаемые угли представляют собой ряд естественных твердых горючих ископаемых растительного происхождения, содержащих некоторое количество минеральных примесей. Угли характеризуются большим многообразием, что обусловлено их происхождением и степенью метаморфизма.



Различное происхождение отражается в петрографическом составе углей. Степень метаморфизма определяется физико–химическими и петрографическими показателями, а также зольностью. По происхождению ископаемые угли разделяются на две основные группы: *гумолиты* и *сапропелиты*. Гумолиты образовались из высших растений, а сапропелиты – из низшего (водорослей) и животного планктона в условиях зарастающих озер.

В свою очередь, гумолиты подразделяются на гуммиты и липтобиолиты. Образование гуммитов связано с разложением стеблевых частей высших растений в обводненных, сухих и частично проточно–пойменных болотах. К гуммитам относится подавляющее большинство встречаемых в природе углей. Гуммиты разделяются на три основных класса, отличающихся степенью метаморфизма: бурые, каменные и антрациты. Липтобиолиты образовались в результате накопления стойких (древесных) частей растений при биохимическом разложении растительного материала в проточно–пойменных болотах. Наряду с углеродом в состав углей входят водород, кислород, азот, сера, глинистые минералы и др. От минеральных примесей зависит зольность ископаемых углей, колеблющаяся от 1 до 50 %. При зольности свыше 50 % угли превращаются в углистые глины или углистые аргиллиты.

Вместе с битумами угли представляют собой минеральные образования органического происхождения, способные гореть и объединяемые под общим названием – каустобиолиты.

### **3. Метаморфические породы**

Метаморфические горные породы образуются в результате воздействия процессов метаморфизма на магматические и осадочные породы. Для метаморфических пород типична сланцеватая текстура.

При метаморфизме первоначальная структура и минералогический состав могут полностью или частично изменяться. Большинство метаморфических пород имеет полнокристаллическую структуру.

Под действием процессов метаморфизма граниты переходят в гнейсы, известняки – в мрамор, кварцевые пески – в кварциты; глины – в глинистые сланцы и далее в гнейсы и т. д.

Рассмотрим ряд метаморфических пород по степени увеличения их метаморфизованности.

*Глинистые сланцы* – сланцеватые метаморфизованные глинистые породы в начальной стадии изменения. Для них характерны сланцеватость и способность раскалывания на пластины.

*Филлиты* образуются при метаморфизации глинистых сланцев и в отличие от них не содержат глинистых минералов. Это метаморфизованные полнокристаллические сланцевые породы, состоящие из кварца, серицита с примесью хлорита, биотита, альбита и др. Благодаря параллельному расположению чешуек слюды характеризуются шелковистым блеском по плоскостям сланцеватости.

*Слюдяные сланцы* являются одним из представителей кристаллических сланцев, образующихся из филлитов при более высоких давлениях и температурах. Слюдяные сланцы имеют полнокристаллическую структуру и сланцеватую текстуру. Они состоят из слюды и кварца. В зависимости от состава слюды могут быть мусковитовыми, биотитовыми и др.

*Гнейсы* представляют собой глубокометаморфизованную породу с параллельной текстурой. Они состоят из полевых шпатов, кварца, слюды, роговой обманки. В их составе могут быть гранат, пироксен, графит и др. Гнейсы образуются в результате метаморфизма не только осадочных и метаморфических, но и магматических пород.

Среди других метаморфических пород отметим кварциты, образующиеся, при метаморфизме кварцевых песков, песчаников и других кремнистых пород. Это крепкая порода белого и светло-серого цвета с полнокристаллической мелкозернистой структурой, массивной и плотной текстурой.

### **Пример описания горной породы.**

Конгломерат буровато-серый, мелкогалечный, неясно слоистый, полимиктовый, плохо сцементированный. Структура обломочная. Размер обломков в поперечнике от 10 до 30 мм, преобладают обломки от 10 до 20 мм, окатанность хорошая и средняя. Форма обломков округлая и яйцевидная, реже уплощенная. Уплощенная галька представлена песчаниками (20 – 25 %). Она грубо ориентирована и подчеркивает неясную слоистость. Среди обломков, кроме песчаников, обнаружены кварц (25 – 30 %), кремнистые породы (10–15 %), известняки (15 – 20 %), кристаллические сланцы (10–15 %) и граниты (5 – 10 %). Цемент бурый песчано-железистый. Содержание цемента в породе около 20 – 25%.

*Отличительные признаки.* Для конгломератов характерны: обломочная структура, крупный размер и окатанная форма обломков, сцементированность. По способу накопления обломочного материала различают морские, аллювиальные, пролювиальные и озерные конгломераты. Наличие пластов и толщ конгломератов в геологических разрезах указывает на усиленный размыв более древних толщ и на близость суши или поднятий.

Таблица 2.1

**Описание и определение породообразующих минералов магматических горных пород**

Форма (внешний вид)	Твёрдость	Цвет	Цвет черты	Блеск (1–на изломе, 2–на гранях кристалла)	Спайность	Излом	Диагностические признаки	Класс, подкласс	Состав (формула)	Название	Происхождение	Применение, использование
Сплошные зернистые агрегаты, призматические кристаллы	7,0	Бесцветный прозрачный (горный хрусталь), белый, дымчатый (раухтопаз), фиолетовый (аметист), зелёный (празем), черный (морион), розовый	–	1. Жирный 2. Стекланный	–	Неровный, раковистый	В породах – зёрна неправильной формы с жирным блеском, большая твёрдость (царапает стекло), отсутствует спайность. Кристаллы – шестигранные призмы	Окислы и гидроокислы	SiO <sub>2</sub>	<b>КВАРЦ</b>	Магматогенное, метаморфогенное, экзогенное	В оптических, ультразвуковых, телефонных и др. радиотехнических приборах. Сырьё в стекольном, керамическом, литейном производствах.
Сплошные крупнокристаллические массы	6,0–6,5	Серый, серый до тёмно-серого и зеленовато серого	Черты нет, иногда белая	1. Матовый. 2. Стекланный	Средняя	Ступенчатый, зернистый в породе	Сплошные крупнокристаллические мономинеральные темные массы, на плоскостях спайности – иризация, штриховка (переливчатая окраска в синих и зелёных тонах)	1. Силикаты, каркасные	Смесь альбита (Аб) и анортита (An) Ab <sub>30-50</sub> An <sub>70-50</sub>	<b>ЛАБРАДОР</b>	Магматогенное	Облицовочный материал в строительстве
Удлиненные, призматические, плоские кристаллы и сплошные кристаллические массы игольчатого или призматического строения	5,5–6,0	Чёрный, зеленовато-буровато-чёрный, бурый	Зеленоватый	1. Матовый 2. Шелковистый, металловидный	Средняя или несовершенная	Занозистый	Волокнистая, вытянутая призматическая форма кристаллов, темный цвет. Занозистый излом, цвет черты зеленоватый	Силикаты, ленточные из группы амфиболов	Состав непостоянный, сложный (CaNa) <sub>2</sub> (MgFeAl) <sub>5</sub> [(SiAl) <sub>4</sub> O <sub>11</sub> ] <sub>2</sub> [F, OH] <sub>2</sub>	<b>РОГОВАЯ ОБМАНКА</b>	Магматогенное	–

Форма (внешний вид)	Твёрдость	Цвет	Цвет черты	Блеск (1–на изломе, 2–на гранях кристалла)	Спайность	Излом	Диагностические признаки	Класс, под класс	Состав (формула)	Название	Происхождение	Применение, использование
Пластинчатые, призматические кристаллы, зёрна и агрегаты в породах	6,0–6,5	Бесцветный, прозрачный, белый, розовый, зелёный, голубой, желтоватый и др.	Белый	1. Матовый, жирный 2. Стекланный	Средняя или несовершенная	Ступенчатый, зернистый, раковистый	Призматическая форма кристаллов, блеск стекланный, твердость 6–6,5	Силикаты, каркасные	$K_2OAl_2O_3-6SiO_2$ ; $Na_2OAl_2O_3-6SiO_2$ ; $CaOAl_2O_3-2SiO_2$ ;	<b>ПОЛЕВОЙ ШПАТ</b> (ортоклаз, микроклин, альбит, анортит)	Магματοгенное	Сырьё для производства фарфора, фаянса, эмалей, глазури, разновидности в ювелирном деле, поделочный камень
Листовые, пластинчатые	2–3	Бесцветный (прозрачный), желтоватый, сероватый, зеленоватый, коричневатый	Серебристо-белый	1. Матовый или перламутровый. 2. Стекланный, перламутровый	Весьма совершенная	Неровный, в толстых кристаллах пластинках – ступенчатый	Светлая окраска, расщепляется на упругие тонкие пластинки, листочки, чешуйки	Силикаты, листовые (слоевые)	$KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$	<b>МУСКОВИТ</b>	Магматическое, метаморфическое	Электроизолятор, термоизолятор, в изготовлении автомобильных шин, огнеупорных красок, прозрачные пластинки – в электронно-гревательных приборах
Листовые, пластинчатые	2–3	Чёрный, тёмно-бурый с различными оттенками (зеленоватым и др.)	Зеленоватый, тёмно-бурый	1. Матовый или отсутствует 2. Стекланный	Средняя или несовершенная	Неровный, в толстых кристаллах пластинках – ступенчатый	Чёрная резе тёмно-бурая с различными оттенками, расщепляется на упругие пластинки, листочки, чешуйки	Силикаты, листовые (слоевые)	$K(MgFe)_3[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$	<b>БИОТИТ</b>	Магматическое, метаморфическое	Применяется для изготовления бронзовой краски и жаростойких масс

### Породообразующие минералы осадочных горных пород

Форма (внешний вид)	Твёрдость	Цвет	Цвет черты	Блеск (1–на изломе, 2–на гранях кристалла)	Спайность	Излом	Диагностические признаки	Класс, под класс	Состав (формула)	Название	Происхождение	Применение, использование
Кристаллические агрегаты, ромбоздрические кристаллы	3,5–4,0	Желтоватый, сероватый, белый	белый	1. Матовый, жирный 2. стекланный	Совершенная	Ступенчатый, зернистый	Кристаллы в форме ромбоэдра. Твёрдость 3,5–4,0. Реакция с HCl в порошке, часто встречается с FeS <sub>2</sub>	Карбонаты	$CaMg(CO_3)_2$	<b>ДОЛОМИТ</b>	Экзогенное, метаморфогенное	Удобрение, сырьё для получения Mg, огнеупоров, цемента, извести
Кристаллические массы, натёчные	3,0	Белый, бесцветный	белый	1.	Совершенная	Ступенчатый,	Кристаллы в форме ромбоэдра, кристал-	Карбонаты	$CaCO_3$	<b>КАЛЬЦИТ</b> Исландский шпат,	Экзогенное, метаморфогенное	Оптика (исландский)

Форма (внешний вид)	Твёрдость	Цвет	Цвет черты	Блеск (1–на изломе, 2–на гранях кристалла)	Спайность	Излом	Диагностические признаки	Класс, под класс	Состав (формула)	Название	Происхождение	Применение, использование
формы		й, прозрачный, белый, сероватый, желтоватый		жирный 2. стеклянный		зернистый	лические массы. Бурная реакция с HCl. Твёрдость 3,0. Двойное лучепреломление (у исландского шпата)			литографский камень (тонкозернистый), жемчуг	ое	шпат), строительство, ювелирное дело (жемчуг)
Псевдоморфозы, конкреции, землистые, аморфные массы	5,0	Чёрный, белый, серый, желтоватый, бурый	Светлый или окрашенный	1. отсутствует, 2. матовый	–	–	Аморфный, форма (см. графу 1). Часто темно–серого или чёрного цвета. Твёрдость 5. При трении одного куса фосфорита о другой (или об твердые предметы) издаёт запах горячей головки спички	Фосфаты	$Ca_5(PO_4)_3(F,OH)$ с примесью $CaCO_3$	<b>ФОСФОРИТ</b>	Экзогенное	Сырьё для удобрений (суперфосфатов), в литейном деле, в химической промышленности (для получения P и $H_3PO_4$ и др.)
Кристаллы в форме куба, или прямоугольного параллелепипеда	2,5	Бесцветный, прозрачный, белый, серый, розовый, желтоватый	Белый	1. жирный 2. стеклянный	Совершенная	Ступенчатый, зернистый	Кристаллы в форме куба или прямоугольного параллелепипеда, твёрдость 2,5; солёный вкус, растворяется в воде	1. Галогениды. 2. Хлориды	NaCl	<b>ГАЛИТ</b> Каменная соль, поваренная соль	Экзогенное (поверхностное)	Пищевая, химическая (HCl и её соли), кожевенная и металлургическая промышленность, руда для получения металлического Na и Cl, медицина
Плотные, натёчные, жёды, конкреции, оолиты (бобовая или болотная руда), землистые (дерновые руды). Аморфный, псевдоморфозы по пириту ( $FeS_2$ ) в виде кубов	1,0–5,0	Ржаво–бурый, охряно–жёлтый, чёрный	Ржаво–бурый, охряно–жёлтый	1. матовый, тусклый или отсутствует		Неровный, землистый	Цвет от желтовато–бурого до чёрного, наличие желтоватых охристых включений; черта ржаво–бурый.	1. окислы и гидроокислы 2. гидроокислы	$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$	<b>ЛИМОНИТ (бурый железняк)</b>	Метаморфогенное, экзогенное	Руда для получения железа; порошкообразный, землистый лимонит используется как краска (охра, умбра)
Скрытокристаллический (аморфный),	6,5–7	Бесцветный,		1. Матовый, восковой		Раковистый, неровный	Скрытокристаллическое строение,	1. Окислы и гидроокислы 2.	$SiO_2$	<b>ХАЛЦЕДОН</b>	Гидротермальное, экзогенное	Изготовление предметов

Форма (внешний вид)	Твёрдость	Цвет	Цвет черты	Блеск (1–на изломе, 2–на гранях кристалла)	Спайность	Излом	Диагностические признаки	Класс, под класс	Состав (формула)	Название	Происхождение	Применение, использование
натёки, желваки, миндалины, жеоды, секретины в породах; псевдоморфозы по кальциту, дереву и раковинам		коричневый, серый, голубоватый, желтый, зелёный, чёрный и др.		2. Тусклый, жирный			раковистый излом, восковой вид, твёрдость 6,5–7. От кварца отличается по блеску. Образует натёчные формы и имеет полосчатые разновидности	Окислы				искусств, опорных деталей в часах, ступок
Кристаллический, сахаровидный, волокнистый (гипс-селенит), пластинчатый, двойники (похож, на ласточкин хвост), друзы (похож, на розу)	2,0	Белый, прозрачный бесцветный, белый, розовый, серый, красный, синий	Белая	1. стеклянный, матовый 2. Стеклянный, шелковистый, перламутровый	Совершенная	Ступенчатый, зернистый, занозистый (игольчатый)	Твёрдость 2 (царапается ногтем). Пластинчатый, листоватый, волокнистый, зернистый (в породе), хрупкий, белая черта. Встречается вместе с серой (желтоватый налёт)	1. Сульфаты	$\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	<b>ГИПС</b>	Экзогенное	Строительство, производство $\text{H}_2\text{SO}_4$ и серы, бумаги, красок, цемента, эмали; оптике, медицине, скульптурном и архитектурном деле, удобрение в сельском хозяйстве
В сухом состоянии землистые, глиноподобные массы	1,0	Белый, сероватый, желтоватый, голубоватый и др.	Белый, реже окрашенный	1. Тусклый, матовый 2. Слабо блестящий, жирноватый	Весьма совершенная	Неровный, землистый (у сухих)	Жирный на ощупь, обычно белый, землистый, легко растирается пальцами	1. Силикаты 2. Листовые (слоевые)	$\text{Al}_4(\text{OH})_8(\text{Si}_4\text{O}_{10})$	<b>КАОЛИНИТ</b> разновидности: твердый каолинит, галлузит, мизлин	Экзогенное	Керамика, строительная, пищевая, бумажная, парфюмерная, химическая промышленность,
В сухом состоянии глиноподобные, землистые, плотные массы	1,0–1,5	Белый, светло-серый, розовый, красный, синеватый и др.	Белый, реже окрашенный	1. Матовый 2. Слабо блестящий, жирный	Весьма совершенная	Неровный, землистый, иногда раковистый	Жирный на ощупь, царапается ногтем. От капли воды поверхность набухает, а влажное пятно увеличивается	1. Силикаты 2. Листовые (слоевые)	$\text{Mg}_3(\text{OH})_4[\text{Si}_4\text{O}_8(\text{OH})_2] \cdot n\text{H}_2\text{O}$	<b>МОНТМОРИЛЛОНИТ</b>	Экзогенное	Для отбеливания, обезжиривания, очистки, литейном деле, производстве изоляторов
Разновидности монтмориллонита: бетонитовая глина, сильно набухает в воде (в 8... 10 раз); флориновая глина (отбеливающая земля), обладает моющими свойствами												

Форма (внешний вид)	Твёрдость	Цвет	Цвет черты	Блеск (1–на изломе, 2–на гранях кристалла)	Спайность	Излом	Диагностические признаки	Класс, под класс	Состав (формула)	Название	Происхождение	Применение, использование
Сплошные зернистые, мраморовидные или плотные массы, реже призматические, таблитчатые кристаллы	3,0–3,5	Белый, бесцветный, голубоватый, сероватый, розовый и др.	Белый	1. Матовый, стеклянный 2. Стеклянный (иногда с перламутровым отливом)	Совершенная	Зернистый	Твёрдость 3,0–3,5. Похож на мрамор, известняк, доломит, магнезит, от которых отличается тем, что не реагирует с HCl. Внешне также похож на гипс, от которых отличается большей твёрдостью (не царапается ногтем). Излом зернистый	1. Сульфаты	CaSO <sub>4</sub>	<b>АНГИДРИТ</b>	Экзогенное	Сырьё для получения вяжущих веществ (ангидритового цемента) и серной кислоты, удобрение в сельском хозяйстве, поделочный камень (статуэтки и др.)
Стеклоподобные, натёчные, гроздевидные, землястые агрегаты. Оолиты, псевдоморфозы, сталактиты и др.	5,5–6,0	Бесцветный, белый, молочный, жёлтый, бурый, серый, красный, голубой, зелёный, чёрный и др.	Белый или слабо окрашенный	1. Матовый, восковой 2. Тусклый, жирный	–	Неровный, раковистый	Аморфный лёгкий. Твёрдость 5,5–6,0. Цвет неоднородный. Внешне похож на халцедон. Входит в состав гейзерита, трепела, диатомита.	1. Окислы и гидроокислы 2. гидроокислы	SiO <sub>2</sub> • nH <sub>2</sub> O	<b>ОПАЛ</b>	Экзогенное, иногда гидротермальное	Ювелирное дело, благородный и огненный опал и используются как драгоценный камни, производство цементов, огнеупорных кирпичей, керамических изделий.
<b>Разновидности опала:</b> 1. Благородный опал – обладает радужной игрой цветов. Некоторые разновидности благородного опала имеют чёрный цвет и испускают ярко-красный свет. 2. Гиалит – воднопрозрачный, бесцветный. 3. Огненный опал – красного цвета, прозрачный. 4. Деревянистый опал (окаменелое дерево) – псевдоморфоза по дереву 5. Кахолонг– белый фарфоровидный												

### Магматические горные породы

Окраска	Структура	Текстура	Минеральный состав		Подгруппы		Диагностические признаки	Название, плотность, применение	Инженерно-геологическая характеристика
			светлого цвета	темноцветные	по условиям образования	по содержанию SiO <sub>2</sub>			
Светло-серая, розовая, темно-красная	Полнокристаллическая (весьма крупнокристаллическая (>10 мм), крупнокристаллическая (10-3 мм), среднекристаллическая (3-1 мм), мелкокристаллическая (1-0,1 мм))	Плотная, массивная	Светлого цвета: калиевый полевой шпат (микроклин, ортоклаз) кварц, мусковит.	биотит, роговая обманка, пироксен (гиперстен, авгит)	Глубинные (интрузивные)	Кислые (65-75%)	Пёстрая с преобладанием светлой окраски, содержит полевой шпат и кварц, оставляет царапину на стекле	<b>ГРАНИТ</b> 2,54+2,78 г/см <sup>3</sup> Строительный и облицовочный материал, из гранита изготавливают детали машин, гранитный щебень используется для изготовления железобетонных изделий	Класс – с жёсткими структурными связями. Подкласс – скальные. Группа – нерастворимые.
Светло-серая, розовая	Полнокристаллическая: крупнокристаллическая (10-3 мм) и др.	Плотная, массивная	калиевый полевой шпат (ортоклаз, микроклин), плагиоклаз (андезин), мусковит	роговая обманка, биотит, пироксены (авгит, гиперстен)	Глубинные (интрузивные)	Средние (52-65%)	Пёстрая с преобладанием пёстрой окраски. В отличие от гранита не содержит кварца. Калиевые полевые шпаты преобладают над плагиоклазами	<b>СИЕНИТ</b> 2,57+2,79 г/см <sup>3</sup> Такое же как у гранита	Класс: с жёсткими структурными связями, подкласс: скальные, группа: нерастворимые
Пёстрая с преобладанием темного цвета	Полно кристаллическая: крупнокристаллическая, среднекристаллическая	Плотная, массивная	Плагиоклазы (анортит)	пироксены (авгит, гиперстен), роговая обманка, биотит, основные плагиоклазы ( <b>Лабрадор</b> ), оливин	Глубинные (интрузивные)	Основные (45-52%)	Тёмная или пёстрая с преобладанием тёмного цвета. Содержит полевой шпат, пироксены.	<b>ГАББРО</b> 2,76+3,27 Применяются в качестве железнодорожного балласта, дорожно-строительного и облицовочного материала	
Белая, желтоватая, светло-серая	Скрытокристаллическая, мелкопорфировая	Плотная, иногда пористая	Состав как у гранита:		Излившиеся (эффузивные)	Кислые (65-75%)	Белая, желтоватая, светло-серая, лёгкая, мелкопорфировая, содержит блестящие зёрна полевого шпата и кварца. Плотная порода с мелкими вкраплениями зёрен кварца (сероватые, чёрные, стекловидные зёрна неправильных очертаний с неровной поверхностью излома), полевых шпатов (светлоокрашенные, большей частью блестящие зёрна с ровной поверхностью правильных очертаний)	<b>ЛИПАРИТ</b> 2,76+3,27 В стекольной промышленности для изготовления стекла, строительный материал	
			калиевый полевой шпат (ортоклаз, микроклин), кварц, мусковит,	биотит, роговая обманка, пироксены					
Тёмно-серая, темно-зеленая	Порфировая	Плотная, массивная	Полевые шпаты (ортоклаз, микроклин),	Роговая обманка, биотит, пироксены	Излившиеся (эффузивные)	Средние (52-65%)	Порфировое строение, тёмно-серая, тёмно-зелёная	<b>ПОРФИРИТ</b> Строительный,	



Окраска	Структура	Текстура	Минеральный состав		Подгруппы		Диагностические признаки	Название, плотность, применение	Инженерно-геологическая характеристика
			светлого цвета	темноцветные	по условиям образования	по содержанию SiO <sub>2</sub>			
			плагноклазы (андезин)	(авгит)			с вкраплениями крупных зёрен полевых шпатов (тусклые удлиненные или изомет-ричные зёрна белого, желтоватого или зеленоватого цвета) и плагноклазов	кислотоупорный материал и материал для орнаментировки	
Тёмно-серая, чёрная	Тонкокристаллическая, скрыто кристаллическая (афанитовая)	Плотная, пористая	Состав такой же, как у габбро:		Излившиеся (эффузивные)	Основные (45–52%)	Тёмно-серая или чёрная, тонкокристаллическая или скрытокри-сталлическая, плотная или пористая, неровный излом	<b>БАЗАЛЬТ</b> 2,60+3,11 г/см <sup>3</sup> Дорожное строительство, железнодорожный балласт; столбчатая отдельность базальтов (базальтовые столбы) используется для портовых сооружений; облицовочный, кислотоупорный материал и в качестве сырья для каменного литья	
			основные плагноклазы	пироксены (авгит), роговая обманка, биотит, оливин					

### Описание и определение осадочных химических и биогенных горных пород

Окраска	Структура	Текстура	Минеральный состав		Диагностические признаки	Название пород(происхождение, разновидности)	Инженерно-геологическая характеристика
			основной	примеси			
<b>КАРБОНАТЫ</b>							
Белая, серая, жёлто-бурая, чёрная и др.	Органогенная (наличие окаменелостей), скрыто-кристаллическая, кристаллическая	Плотная, пористая, кавернозная	Кальцит	Доломит, гидроокислы железа, глинистые и кремнистые минералы и др.	Реагирует с HCl, на месте реакции остаётся мокрое чистое пятно. Обычно наличие окаменелостей. Твёрдость около 3	<b>ИЗВЕСТНЯК</b> (биогенное, химическое) образуется в морских бассейнах	Класс – с жесткими структурными связями. Подкласс – скальные (полускальные у известняка биогенного (коралловый, ракушечник и др.)). Группа – растворимые
Разновидности. 1. <b>Фузулиновый известняк</b> состоит из твердых скелетных остатков мелких морских животных – фузулин, имеющих продолговатую форму и напоминающих внешним видом и размерами зерна ржи. Цвет белый, желтоватый, серый. 2. <b>Нуммулитовый известняк</b> состоит из скелетных остатков морских животных – нуммулитов, имеющих округлую форму (напоминает монету). Цвет белый, желто-серый, розовый. 3. <b>Известняк-ракушечник</b> (ракушняк) – скопление ракушек. 4. <b>Рифовый (коралловый) известняк</b> – рифовые постройки коралловых полипов (сетчатой, решетчатой, волокнистой и другой структуры).							

Окраска	Структура	Текстура	Минеральный состав		Диагностические признаки	Название пород(происхождение, разновидности)	Инженерно-геологическая характеристика
			основной	примеси			
Цвет белый, сероватый, желтоватый, розовый. Применение. Строительный материал (бутовый, деловой камень и др.), в производстве соды, цемента, в стекольной, сахарной промышленности, в сельском хозяйстве для нейтрализации кислых (болотных) почв, для выжигания извести							
Жёлтая, белая, серая, коричневая и др.	Скрыто кристаллическая, кристаллическая	Плотная, пористая, кавернозная	Доломит	Кальцит, гидроокислы железа, глинистые и кремнистые минералы и др.	а) Замедленная реакция породы с HCl (через несколько секунд), на месте реакции возникает жёлтая пузырчатая масса. Мелкозернистые мучнистые разновидности породы б) Реакция с соляной кислотой порошка кристаллической породы	<b>ДОЛОМИТ</b> (химическое) Происхождение: химические осадки теплых мелких морей; продукты замещения, при котором известняки превращаются в доломиты а) доломит мелкозернистый, мучнистый; б) доломит кристаллический	Класс – с жесткими структурными связями. Подкласс – скальные. Группа – растворимые
Применение. Огнеупорный материал в металлургической промышленности, флюс при плавке руд, в цементной промышленности, строительный материал, сырьё для получения Mg, извести, удобрение, покрытие для дорог (порода)							
Белая, желтоватая, сероватая	Скрыто кристаллическая	Пористая	Кальцит	Гидроокислы железа, глинистые и кремнистые минералы	Мягкая, пишет, обычно белая, бурно реагирует с HCl. Мел похож на диатомит и трепел. Отличие – диатомит и трепел не реагируют с HCl и очень легкие	<b>МЕЛ</b> (биохимическое) образуется в теплых морях в результате накопления на его дне известковых панцирей планктонных одноклеточных водорослей	Класс – с жесткими структурными связями. Подкласс – полускальные. Группа – растворимые
Применение. В цементной, металлургической, сахарной, бумажной, резиновой, стекольной, химической, лакокрасочной, медицинской, пищевой промышленности; в сельском хозяйстве для известкования почвы; используется как пилющий материал. Мел – хороший поглотитель, сорбент. Он обладает способностью разделять сложные смеси на компоненты (хроматография). Таким путем получают редкие металлы в чистом виде							
Серая, белая, розовая, желтоватая, красная, зелёная, чёрная, пёстрая	Скрыто кристаллическая	Плотная, микропористая, мелкопористая	а) Кальцит (50–80 %), глинистые минералы (50–20%) б) Доломит (50–80 %) и глинистые минералы (50–20 %)	гидроокислы железа, кремнистые минералы и др.	Землистое, плотное строение, глинистый запах. Легко выветривается и распадается на мелкие угловатые обломки, а) Активная реакция с HCl. б) Замедленная реакция с HCl (через несколько секунд). В обоих случаях на месте реакции остаётся мокрое грязное пятно от глинистых минералов	<b>МЕРГЕЛЬ (химическое)</b> а) Кальцитовый мергель б) Доломитовый мергель Применение. Используется в цементной промышленности и как удобрение в сельском хозяйстве	Класс – с жесткими структурными связями. Подкласс – полускальные. Группа – растворимые
<b>КРЕМНИСТЫЕ ПОРОДЫ</b>							
Белая, желтоватая, светло-серая	Органогенная, аморфная	Пористая	Опал	Гидроокислы железа, глинистые минералы	Строение землистое. Мягкая, пористая, сухая на <b>ощупь</b> , слабо пишет. Мелоподобный или напоминает муку. В отличие от мела не реагирует с HCl и легче	<b>ДИАТОМИТ</b> (биогенное) <b>ТРЕПЕЛ</b> (химическое) Образуются в морских и пресноводных бассейнах Диатомиты состоят в основном из остатков диатомей	Класс – с жесткими структурными связями. Подкласс – полускальные. Группа – нерастворимые

Окраска	Структура	Текстура	Минеральный состав		Диагностические признаки	Название пород(происхождение, разновидности)	Инженерно-геологическая характеристика
			основной	примеси			
					мела	(кремневых водорослей). В трепелах в отличие от диатомитов остатки диатомей разложены до кремнезёма и опала	
<p>Разновидности. 1. <b>Горная мука</b> – рыхлая, рассыпчатая. 2. <b>Полировальный сланец</b> – плотный, сцементированный, тонкослоистый; иногда слоистость слабо выражена. 3. <b>Кизельгур, или земля диатомовая</b> – рыхлый мучнистый, мелоподобный диатомит. 4. <b>Кизельгур, или инфузорная земля</b> – озёрный трепел.</p> <p>Применение. Диатомит применяется в сахарной промышленности, при получении растительного масла, в производстве нефти, для очистки различных продуктов. Трепел можно применять в качестве абсорбентов или теплозащитного материала. Диатомит и трепел используются в красочной, химической и керамической промышленности, в производстве динамита, в качестве отбеливающего материала, для тепло- и звукоизоляции. Диатомит и трепел используются в качестве фильтрующего вещества в виноделии и при очистке нефтепродуктов и кислот, для изготовления синтетического каучука, в производстве спичек, а также в химической, пищевой (сахарной), целлюлозно-бумажной промышленности и медицинской практике и как удобрение в сельском хозяйстве.</p>							
Серая, голубоватая, чёрная, пятнистая	Смешанная (аморфная) скрытокристаллическая	Микропористая, мелкопористая	Опал, халцедон	Кварц, гидроокислы железа, глинистые минералы	Не пишет, от лезвия бритвы или ножа на породе остаются царапины, порода лёгкая с раковистым изломом. От кремня отличается более лёгким весом	<b>ОПОКА</b> (биохимическое) Применяется как абсорбент (поглотитель), в строительстве – в качестве тепло- и звукоизоляционного материала	Класс – с жесткими и структурными связями. Подкласс – полускальные. Группа – нерастворимые
Серая, коричневая, чёрная, слоисто окрашенная	Скрытокристаллическая	Плотная, полосчатая	Халцедон, кварц	Гидроокислы железа, глинистые минералы	Большая твёрдость (6,5–7,0) раковистый излом, острые края, часто полосчатая	<b>КРЕМЁНЬ</b> (химическое) Применяется при изготовлении эмалей и глазурей, для шлифования и др.	Класс – с жесткими структурными связями. Подкласс – скальные. Группа – нерастворимые
<b>СУЛЬФАТЫ</b>							
Белая, серая, розовая и др.	Кристаллическая	Плотная, микропористая, мелкопористая	Гипс	Глинистые минералы, кальцит, ангидрит и др.	Кристаллическая структура, мягкая, легко разрушается в порошок, на породе от ногтя остаётся царапина	<b>ГИПС</b> (химическое) Применение. Строительство, производство $H_2SO_4$ , бумаги, красок, цемента, эмали; оптике, медицине, скульптурном и архитектурном деле, удобрение в сельском хозяйстве	Класс – с жесткими структурными связями. Подкласс – полускальные. Группа – растворимые
Серая, голубоватая	Кристаллическая	Плотная	Ангидрит	Гипс, галит и др.	Кристаллическая структура, твёрдость около 3, не реагирует с $HCl$ , часто голубоватая	<b>АНГИДРИТ</b> (химическое) Применение. Сырьё для получения вяжущих веществ (ангидритового цемента) и серной кислоты, удобрение в сельском хозяйстве, поделочный камень (статуэтки и др.)	Класс – с жесткими структурными связями. Подкласс – полускальные. Группа – растворимые
<b>ГАЛОГЕНИДЫ</b>							
Белая, серая, голубая, красная, пестро цветная и др.	Кристаллическая	Плотная, слоистая	Галит	Сильвин ( $KCl$ ), карналлит ( $KMgCl_3 \cdot 6H_2O$ ), глинистые минералы	Кристаллическая структура, солёный вкус, твёрдость (2,5–3,0)	<b>КАМЕННАЯ СОЛЬ</b> (химическое) Применение. Пищевая, химическая ( $HCl$ и её соли), кожевенная и металлургическая промышленность, руда для	Класс – с жесткими структурными связями. Подкласс – полускальные. Группа – растворимые

Окраска	Структура	Текстура	Минеральный состав		Диагностические признаки	Название пород(происхождение, разновидности)	Инженерно-геологическая характеристика
			основной	примеси			
						получения металлического Na и O, медицина	
<b>ФОСФАТЫ</b>							
Чёрная, серая, бурая, желтоватая, белая	Кристаллическая	Плотная	Фосфорит	Глинистые минералы, карбонаты, органические остатки	Встречается в виде линз, прослойков, конкреций, псевдоморфоз. Часто темно-серого или чёрного цвета. Твердость 5. При трении о твердые предметы издаёт запах горячей головки спички	<b>ФОСФОРИТ</b> (биохимическое). Применение. Сырьё для удобрений (суперфосфатов), в литейном деле, в химической промышленности (для получения P и H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> и др.)	Класс – с жесткими структурными связями. Подкласс – полускальные. Группа – нерастворимые
<b>ЖЕЛЕЗИСТЫЕ ПОРОДЫ</b>							
Бурая, желто-бурая, пёстроцветная в виде полос	Аморфная, редко скрытокристаллическая и кристаллическая	Плотная, пористая, кавернозная	Гидроокислы железа (лимонит) и др.	Песчаные и глинистые	Цвет от желтовато-бурого до чёрного, наличие желтоватых охристых включений; черта ржаво-бурая, охряно-желтая	<b>БУРЫЙ ЖЕЛЕЗНЯК</b> (биохимическое и химическое) Применение. Руда для получения железа; порошкообразный, землистый лимонит используется как краска (охра, умбра)	Класс – с жесткими структурными связями. Подкласс – полускальные. Группа – нерастворимые

### Метаморфические горные породы

Окраска	Структура	Текстура	Минеральный состав		Диагностические признаки	Исходные породы	Название	Применение	Инженерно-геологическая характеристика
			светлые	окрашенные					
Белая, серая, розовая, голубоватая, зеленоватая до чёрной	Кристаллическая, скрытокристаллическая	Плотная, массивная иногда с прожилками	Кальцит, доломит, кварц (примесь)	Окислы железа, роговая обманка, битуминозные вещества и др.	Кристаллическая (зернистое строение), плотная, массивная, иногда с прожилками другого цвета. Реакция с HCl. Твёрдость 3 (не царапает стекло)	Известняк, мел, мергель	<b>МРАМОР КАЛЬЦИТОВЫЙ</b>	Облицовочный, декоративный и скульптурный материал, для настилки полов. В стекольной, электротехнической промышленности, строительный материал в дорожном деле, удобрение в сельском хозяйстве и для выжигания извести	Класс – с жесткими структурными связями. Подкласс – скальные. Группа – растворимые
Такая же	Такая же	Такая же	Доломит, кальцит, кварц (примесь)	Те же	Кристаллическая, плотная, массивная, реакция с HCl порошка породы. Твёрдость 3,5–4,0	Доломит	<b>МРАМОР ДОЛОМИТОВЫЙ</b>		
Светло-серая, серебристо-белая, зеленоватая, желтоватая, розоватая, чёрная	Не полнокристаллическая	Сланцевая, плотная	Серицит, кварц, глинистые минералы	Биотит, гранат, графит, хлорит	Тонкосланцеватое строение, блестящая поверхность сланцеватости. От глинистых сланцев отличается блестящей поверхностью сланцеватости	Песчано-глинистые и туфогенные породы	<b>ФИЛЛИТОВЫЕ СЛАНЦЫ</b> Разновидность. Кровельные сланцы – разновидности, легко раскалывающиеся на тонкие и ровные плитки	Кровельные сланцы – материал для крыш	Класс – с жесткими структурными связями. Подкласс – полускальные. Группа – нерастворимые
Серебристо-серая, почти чёрная, со светлыми вкраплениями	Кристаллическая	Сланцевая, чаще плотная	Серицит, мусковит, кварц	Биотит, гранат	Кристаллическая, плитчатая, сланцеватое, полосчатое строение с преобладанием слюды (мусковита, биотита), серицита	Осадочные, глинистые и кислые магматические породы	<b>СЛЮДЯНЫЕ СЛАНЦЫ</b> 1. Мусковитовый сланец 2. Биотитовый сланец 3. Двуслюдяной сланец (мусковит и биотит)	Дорожно-строительный материал, строительный материал (для фундаментов). Мусковитовый: электроизолялятор, термоизолятор, в изготовлении автомобильных шин, огнеупорных красок, прозрачные пластинки – в электронативных приборах Биотитовый: применяется для изготовления бронзовой краски и жаростойких масс	

Окраска	Структура	Текстура	Минеральный состав	Диагностические	Исходные	Название	Применение	Инженерно-
---------	-----------	----------	--------------------	-----------------	----------	----------	------------	------------

			светлые	окрашенные	признаки	породы			геологическая характеристика
Белая, серая, красноватая, желтоватая, розовая, малиновая	Кристаллическая, скрытокристаллическая	Плотная, массивная, реже полосчатая	Кварц	Гематит, магнетит, хлорит, графит, роговая обманка и др.	Твёрдая (твёрдость 7) – царапает стекло, плотная, с преобладанием кварца. Зернистое строение, блестящая поверхность в изломе. Похож на мрамор. Отличается от него большей твёрдостью (царапает стекло) и тем, что не реагирует с HCl	Кварцевые пески и песчаники	<b>КВАРЦИТ</b>	Среди горных пород кварциту нет равных по долговечности. Он не боится огня, горячих щелочей, едких газов, кислот и даже «царской водки». Он идёт на изготовление огнеупорного кирпича – динаса, точильных камней, жерновов, брусков, плит, щебня (применяется в дорожном деле, для бетонных работ); кроме того, используется как облицовочный, декоративный материал	
Пёстрая полосчатая (чередование светлых полос с тёмными более тонкими), серая похожая на кварцит отличается по тонким чередующимся полосам	Кристаллическая	Полосчатая, плотная	Полевой шпат, мусковит, кварц	Биотит, роговая обманка, пироксен, гранат	Кристаллическая, зернисто-сланцеватое строение, плотная, полосчатая с полевым шпатом, кварцем, мусковитом или биотитом и др. минералами. Гнейс очень напоминает гранит, от которого отличается строением: у гнейса строение зернисто-сланцевое, у гранита зернистое	Магматические и осадочные горные породы	<b>ГНЕЙС</b> Разновидности. 1. Парагнейсы – образовались из осадочных пород. 2. Ортогнейсы – образовались из магматических пород.	Гнейсы используются для изготовления щебня, плит, бута	Класс – с жесткими структурными связями. Подкласс – скальные. Группа – нерастворимые

## Контрольные вопросы к практической работе №2

1. Классификация горных пород по происхождению.
2. Какие структурные и текстурные особенности характеризуют магматические, осадочные и метаморфические породы?
3. Какие науки изучают состав, строение и условия образования магматических горных пород?
4. Каковы главные особенности химического состава магматических пород и как построена их классификация на основе химического состава?
5. Чем различаются интрузивные и эффузивные породы по минералогическому составу? Как построена классификация магматических пород с учетом минералогического состава?
6. Какие породообразующие минералы слагают магматические породы? Что такое акцессорные минералы магматических пород? Приведите примеры.
7. Дайте определение понятиям структура и текстура горных пород. Приведите примеры распространенных структур и текстур интрузивных и эффузивных пород.
8. Каков минералогический состав гранитов, какие существуют их разновидности?
9. Назовите эффузивные породы кислого состава, их признаки.
10. На какие группы подразделяются породы среднего состава? Чем различаются по минералогическому составу диориты и сиениты?
11. Назовите и охарактеризуйте эффузивные породы среднего состава.
12. Как называются интрузивные породы основного состава? Их минералогический состав.
13. Как называются эффузивные породы основного состава? Каковы их признаки, условия залегания и связанные с этим особенности минералогического состава?
14. Как называются породы ультраосновного состава? Их признаки и минералогический состав.
15. Какие из интрузивных и эффузивных пород наиболее распространены?
16. Назовите стадии образования осадочных пород (литоге́неза).
17. Что такое диагенез?
18. Какие существуют подходы к классификации осадочных пород?
19. Назовите категории обломков по их размерам.
20. Как классифицируются грубообломочные породы?
21. Как разделяются песчаные породы по минералогическому составу?
22. Какие разновидности известняков вам известны?
23. Какой состав имеют мергели?
24. Какие существуют галогенные осадочные породы?
25. Какие существуют кремнистые породы?
26. Месторождения каких руд имеют осадочное происхождение?
27. Какая самая распространенная метаморфическая порода? Что общего и в чем различие гранитов и гнейсов?
28. Какие текстуры и структуры характерны для метаморфических пород?

## Практическая работа №3

**Тема:** «Определение коэффициента пористости и проницаемости пород – коллекторов»

**Цель:** углубление и закрепление полученных теоретических знаний по изучению методик определения коллекторских свойств пород коллекторов.

### Порядок выполнения работы:

1. Изучение теоретических представлений о коэффициенте пористости и проницаемости.
2. Изучение методик и формул для расчета основных фильтрационно–емкостных свойств пород–коллекторов.
3. Решение задач для закрепления материала.

### Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме:

#### 1. Теоретическая часть.

##### Породы коллекторы и неколлекторы.

Одной из важнейших задач на стадии разведки и подготовке к разработке залежи является изучение внутреннего строения залежи нефти или газа.

**Коллектором называется горная порода, обладающая такими геолого–физическими свойствами, которые обеспечивают физическую подвижность нефти или газа в ее пустотном пространстве.** Порода–коллектор может быть насыщена как нефтью или газом, так и водой.

Породы с такими геолого–физическими свойствами, при которых движение нефти или газа в них физически невозможно, называются **неколлекторами**.

Внутреннее строение залежи определяется различным размещением неколлекторов и коллекторов, а также коллекторов с разными геолого–физическими свойствами как в разрезе, так и по площади залежи.

Соответственно емкостные свойства породы определяются ее пустотностью, которая складывается из объема пор, трещин и каверн.

$$V_{\text{ПУСТ.}} = V_{\text{ПОР.}} + V_{\text{ТРЕЩ.}} + V_{\text{КАВЕРН.}}$$

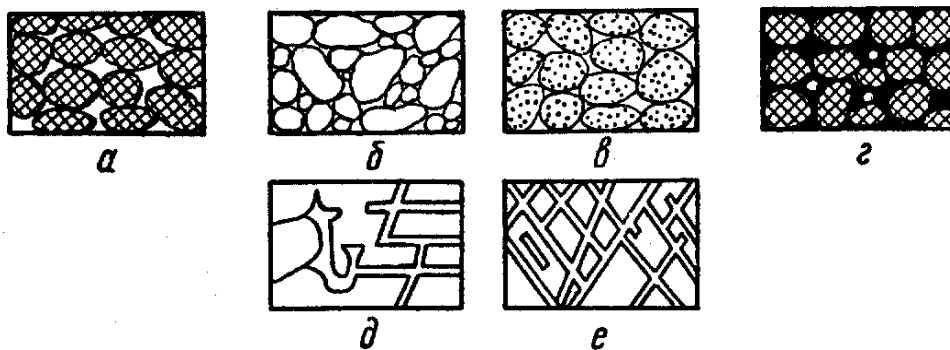
По времени образования выделяются **первичные** пустоты и **вторичные**. *Первичные пустоты формируются в процессе седиментогенеза и диагенеза, то есть одновременно с образованием самой осадочной породы, а вторичные образуются в уже сформировавшихся*



породах.

Первичная пустотность присуща всем без исключения осадочным породам, в которых встречаются скопления нефти и газа – это прежде всего межзерновые поры, пространства между крупными остатками раковин и т.п. К вторичным пустотам относятся поры каверны и трещины, образовавшиеся в процессе доломитизации известняков и выщелачивания породы циркулирующими водами, а также трещины возникшие в результате тектонических движений.

На рисунке 1 показаны некоторые типы пустот встречающиеся в породах.



*а* – хорошо отсортированная порода с высокой пористостью;

*б* – плохо отсортированная порода с низкой пористостью;

*в* – хорошо отсортированная пористая порода;

*г* – хорошо отсортированная порода, пористость которой уменьшена в результате отложения минерального вещества в пустотах между зернами;

*д* – порода, ставшая пористой благодаря растворению;

*е* – порода, ставшая коллектором благодаря трещиноватости.

Рисунок 1 – Различные типы пустот в породе

### Пористость и строение порового пространства

Выделяют полную, которую часто называют общей или абсолютной, открытую, эффективную и динамическую пористость.

Полная пористость включает в себя все поры горной породы, как изолированные (замкнутые), так и открытые, сообщающиеся друг с другом. Коэффициентом полной пористости называется отношение суммарного объема пор в образце породы к видимому его объему:

$$m_{\Pi} = \frac{\sum V_{\text{ПОР}}}{V_{\text{ОБРАЗЦА}}} \times 100\%$$

Открытая пористость образуется сообщающимися порами. Коэффициентом открытой пористости называется отношение объема открытых, сообщающихся пор к видимому объему образца:

$$m_o = \frac{\sum V_{\text{СООБЩ. ПОР}}}{V_{\text{ОБРАЗЦА}}} \times 100\%$$

Эффективная учитывает часть объема связанных между собой пор насыщенных нефтью.

$$m_{\text{эф}} = \frac{\sum V_{\text{ПОР ФИЛЬТР.}}}{V_{\text{ОБРАЗЦА}}} \times 100\%$$

Количественно пористость породы характеризуется коэффициентом пористости, который измеряется в долях или процентах от объема породы.

Пористость породы в большой степени зависит от размеров пор и соединяющих их поровых каналов, которые в свою очередь определяются гранулометрическим составом слагающих породу частиц и степенью их сцементированности.

При решении задач нефтегазопромысловой геологии используется коэффициент открытой пористости  $k_{o.n.}$  который определяется как по образцам в лаборатории, так и по данным геофизических исследований скважин.

Открытая пористость коллекторов нефти и газа изменяется в широких пределах – от нескольких процентов до 35 %. По большинству залежей она составляет в среднем 12 – 25 %.

В гранулярных коллекторах большое влияние на пористость оказывает взаимное расположение зерен. Данное число можно считать теоретически возможным максимумом пористости для терригенных пород. При более плотной укладке идеального грунта (Рисунок 2) пористость будет составлять всего 25,9 %.

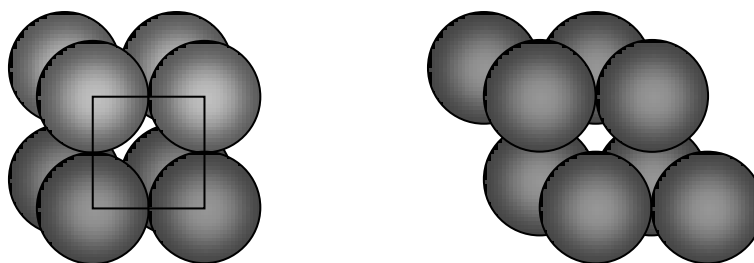


Рисунок 2 – Примеры идеальной упаковки зерен: кубическая ( $K_n = 45\%$ ); ромбическая ( $K_n = 25\%$ )

### Фильтрационные свойства пород–коллекторов.

**Проницаемость.** Важнейшим свойством пород–коллекторов является их способность к фильтрации, т.е. к движению в них жидкостей и газов при наличии перепада давления. **Способность пород–коллекторов пропускать через себя жидкости и газы называется проницаемостью.**

Породы, не обладающие проницаемостью, относятся к **неколлекторам**.

В процессе разработки залежей в пустотном пространстве пород–коллекторов может происходить движение только нефти, газа или воды, т.е. однофазовая фильтрация. При других обстоятельствах может происходить двух– или трехфазовая фильтрация – совместное перемещение нефти и газа, нефти и воды, газа и воды или смеси нефти, газа и воды.

*Хорошо проницаемыми породами* являются: песок, песчаники, доломиты, доломитизированные известняки, алевролиты, а так же глины, имеющие массивную пакетную упаковку.

*К плохо проницаемым* относятся: глины, с упорядоченной пакетной упаковкой, глинистые сланцы, мергели, песчаники, с обильной глинистой цементацией.

Проницаемость горных пород в случае линейной фильтрации определяется по **закону Дарси**. Согласно которому *объемный расход жидкости, проходящий сквозь породу при ламинарном движении прямо пропорционально коэффициенту проницаемости, площади поперечного сечения этой породы, перепаду давления, и обратно пропорционально вязкости жидкости и длине пройденного пути.*

$$Q = k_{\text{пр}} \frac{F(P_1 - P_2)}{\mu L}$$

где  $Q$  – объемный расход жидкости в м<sup>3</sup>/с;

$k_{\text{пр}}$  – коэффициент проницаемости в м<sup>2</sup>;

$F$  – площадь поперечного сечения в м<sup>2</sup>;

$\mu$  – вязкость флюида в Па·с;

$L$  – длина пути в см;

$(P_1 - P_2)$  – перепад давления в Па.

**Единица коэффициента проницаемости** называемая **дарси**, отвечает проницаемости такой горной породы, через поперечное сечение которой, равное 1см<sup>2</sup>, при перепаде давления в 1ат на протяжении 1 см в 1 сек проходит 1 см<sup>3</sup> жидкости, вязкость которой 1 сп.

Проницаемость пород, служащих коллекторами для нефти, обычно выражают в *миллидарси* или  $\text{мкм}^2 \cdot 10^{-3}$ .

Физический смысл размерности  $k_{\text{пр}}$  (площадь) заключается в том, что проницаемость характеризует площадь сечения каналов пустотного пространства, по которым происходит фильтрация.

В разных условиях фильтрации проницаемость породы–коллектора для каждой фазы будет существенно иной. Поэтому для характеристики проницаемости нефтегазосодержащих пород введены понятия *абсолютной*, *эффективной (фазовой)* и *относительной* проницаемостей.

Под **абсолютной проницаемостью** понимается проницаемость, определенная при условии, что порода насыщена однофазным флюидом, химически инертным по отношению к ней. Для ее оценки обычно используются воздух, газ или инертная жидкость, так как физико–химические свойства пластовых жидкостей оказывают влияние на проницаемость породы. Величина абсолютной проницаемости выражается коэффициентом проницаемости  $k_{\text{пр}}$  и зависит только от физических свойств породы.

**Эффективной (фазовой)** называется проницаемость  $k_{\text{пр.эф}}$  пород для данных жидкости или газа при движении в пустотном пространстве многофазных систем. Значение ее зависит не только от физических свойств пород, но и от степени насыщенности пустотного пространства каждой из фаз, от их соотношения между собой и от их физико–химических свойств.

**Относительной проницаемостью** называется отношение эффективной проницаемости к абсолютной проницаемости.

Проницаемость горных пород зависит от следующих основных причин: от размера поперечного сечения пор; от формы пор; от характера сообщения между порами; от трещиноватости породы; от минералогического состава пород.

**Нефте–, газо–, водонасыщенность пород–коллекторов.** Полагают, что нефтенасыщенные и газонасыщенные пласты первоначально были полностью насыщены водой. При образовании залежей нефть и газ вследствие их меньшей плотности мигрировали в повышенные части пластов, вытесняя оттуда воду. Однако вода из пустотного пространства вытеснялась не полностью, вследствие чего нефтегазонасыщенные пласты содержат некоторое количество воды, называемой остаточной. Относительное содержание этой воды в пустотном пространстве тем больше, чем меньше размер пустот и проницаемость коллектора.

Остаточная вода содержится в залежах в виде молекулярно–связанной пленки на стенах пор, каверн, трещин, в изолированных пустотах и в капиллярно–связанном состоянии в непроточной части пустот. Для разработки залежи интерес представляет остаточная вода, содержащаяся в открытом пустотном пространстве.

**Коэффициентом нефтенасыщенности  $K_H$  (газонасыщенности  $K_G$ ) называется отношение объема нефти (газа), содержащейся в открытом пустотном пространстве, к суммарному объему пустотного пространства.**

**Коэффициентом водонасыщенности  $K_B$  коллектора, содержащего нефть или газ, называется отношение объема остаточной воды, содержащейся в открытом пустотном пространстве, к суммарному объему открытых пустот.**

Указанные коэффициенты связаны следующими соотношениями:

$$\text{для нефтенасыщенного коллектора} - K_H + K_B = 1;$$

$$\text{для газонасыщенного коллектора} - K_G + K_B = 1;$$

для газонасыщенного коллектора, содержащего кроме остаточной воды еще и остаточную нефть –  $K_G + K_H + K_B = 1$

Изучение водонасыщенности имеет большое значение не только для количественной оценки нефтегазонасыщенности. Важно выяснить и качественную роль водонасыщенности. Содержание в породах–коллекторах остаточной воды и ее состояние оказывают большое влияние на процессы вытеснения углеводородов из пустотного объема при разработке залежей.

В зависимости от условий формирования залежей, характеристики пород–коллекторов, их емкостного объема и фильтрационных свойств и других параметров, значение начальной нефтегазонасыщенности продуктивных пластов находится в пределах 97 – 50 % при соответствующей начальной водонасыщенности 3 – 50 %.

## ***2. Практическая часть***

### **Задача 1.**

Определить коэффициент общей пористости образца породы, если известен общий объем и объем зерен. Данные для расчета принять из таблицы 1.

### **Решение:**

- 1) Определяем коэффициент общей пористости по формуле:

$$m = \frac{(V_{\text{обр}} - V_{\text{пор}})}{V_{\text{обр}}} \cdot 100\%$$

где  $V_{\text{обр}}$  – объем образца породы,  $\text{см}^3$ ;

$V_{\text{пор}}$  – объем пор в породе,  $\text{см}^3$ .

2) Сделать вывод о степени проницаемости породы – коллектора.

Таблица 3.1

Вариант	Параметры	
	$V_{\text{обр}}$	$V_{\text{пор}}$
1	3,56	2,29
2	5,28	4,98
3	15,32	13,57
4	11,65	10,12
5	32,2	31,34
6	14,36	13,8
7	6,24	4,98
8	7,46	6,23
9	4,39	3,58
10	15,36	14,54
11	16,32	15,69
12	9,65	8,1
13	7,37	6,1
14	24,26	22,34
15	34,65	33,14
16	6,27	5,12
17	7,61	6,35
18	9,46	8,52
19	25,34	24,1
20	31,56	30,89
21	6,35	5,69
22	5,36	5,1
23	8,74	7,99
24	9,53	8,75
25	6,35	5,96
26	4,68	4,12
27	6,48	5,97

Вариант	Параметры	
	V <sub>обр</sub>	V <sub>пор</sub>
28	12,54	11,95
29	8,78	8,21
30	9,65	8,93

### Задача 2.

Определить коэффициент абсолютной проницаемости породы, пропуская воздух через образец в течении 180 секунд.

### Решение:

1) Определяем коэффициент абсолютной проницаемости по формуле:

$$K_{пр} = \frac{2 \cdot \mu \cdot l \cdot P_2 \cdot V_B}{F \cdot (P_1^2 - P_2^2) \cdot t} ; (м^2)$$

где l – длина образца, м;

$\mu$  – вязкость воздуха, Па·с;

F – площадь поперечного сечения образца, м<sup>2</sup>;

V<sub>B</sub> – объем воздуха, переместившегося через образец, м<sup>3</sup>;

t – время продувки, с;

P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> – давление на торцах образца, Па.

2) Написать вывод.

Данные для расчета взять из таблицы 2.

Таблица 3.2

Вариант	Параметры					
	Длина, l, м	Диаметр, d, м	Давление		Вязкость воздуха $\mu$ , мПа·с	Объем воздуха V <sub>B</sub> , м <sup>3</sup>
			P <sub>1</sub> , Па	P <sub>2</sub> , Па		
1	0,03	0,025	1,4·10 <sup>5</sup>	1,0·10 <sup>5</sup>	0,018	0,0036
2	0,13	0,056	1,6·10 <sup>5</sup>	1,1·10 <sup>5</sup>	0,026	0,006
3	0,06	0,062	2,4·10 <sup>5</sup>	2,1·10 <sup>5</sup>	0,034	0,0047
4	0,07	0,050	1,6·10 <sup>5</sup>	1,2·10 <sup>5</sup>	0,036	0,0064
5	0,04	0,025	1,8·10 <sup>5</sup>	1,5·10 <sup>5</sup>	0,042	0,0044
6	0,03	0,030	2,2·10 <sup>5</sup>	1,8·10 <sup>5</sup>	0,050	0,0042
7	0,05	0,0025	1,4·10 <sup>5</sup>	1,1·10 <sup>5</sup>	0,022	0,0066
8	0,07	0,0026	1,9·10 <sup>5</sup>	1,6·10 <sup>5</sup>	0,038	0,0052
9	0,087	0,0025	3,4·10 <sup>5</sup>	2,9·10 <sup>5</sup>	0,026	0,0048
10	0,09	0,0045	1,8·10 <sup>5</sup>	1,3·10 <sup>5</sup>	0,020	0,0029

11	0,06	0,0028	$1,4 \cdot 10^5$	$0,9 \cdot 10^5$	0,019	0,0026
12	0,051	0,0031	$1,7 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^5$	0,024	0,0033
13	0,04	0,022	$1,6 \cdot 10^5$	$1,35 \cdot 10^5$	0,013	0,0062
14	0,064	0,051	$1,1 \cdot 10^5$	$0,9 \cdot 10^5$	0,014	0,0042
15	0,06	0,023	$2,5 \cdot 10^5$	$1,9 \cdot 10^5$	0,017	0,0062

### Задача 3.

Определить удельную поверхность породы используя для решения значения выше решенных задач.

#### Решение:

- 1) Определяем удельную поверхность породы по формуле:

$$F_{уд} = C \cdot m \cdot \sqrt{\frac{m}{k_{пр}}} \text{ м}^2/\text{м}^3$$

где  $C$  – коэффициент, зависящий от разнородности частиц песка (принимается равным 0,353).



Классификация песчано–алевритовых коллекторских пород по пористости и проницаемости (по А.А. Ханину, 1973)

Класс коллектора	Название породы	Эффективная пористость, %	Проницаемость, мкм <sup>2</sup>
I–очень высокий	Песчаник среднезернистый	>16,5	≥1
	Песчаник мелкозернистый	>20,0	
	Алеврит крупнозернистый	>23,5	
	Алеврит мелкозернистый	>29,0	
II–высокий	Песчаник среднезернистый	15–16,5	0,5–1,0
	Песчаник мелкозернистый	18–19,0	
	Алеврит крупнозернистый	21,5–23,5	
	Алеврит мелкозернистый	26,5–29,0	
III–средний	Песчаник среднезернистый	11–15	0,1–0,5
	Песчаник мелкозернистый	14–18	
	Алеврит крупнозернистый	16,8–21,5	
	Алеврит мелкозернистый	20,5–26,5	
IV–средний	Песчаник среднезернистый	5,8–11	0,01–0,1
	Песчаник мелкозернистый	8–14	
	Алеврит крупнозернистый	10–16,8	
	Алеврит мелкозернистый	12–20,5	
V–низкий	Песчаник среднезернистый	0,5–5,8	0,001–0,01
	Песчаник мелкозернистый	2–8	
	Алеврит крупнозернистый	3,3–10	
	Алеврит мелкозернистый	3,6–12	
VI–очень низкий, непромышленный.	Песчаник среднезернистый	<0.5	<0.001
	Песчаник мелкозернистый	<2	
	Алеврит крупнозернистый	<3.3	
	Алеврит мелкозернистый	<3.6	

### Контрольные вопросы к практической работе №3

1. Что понимают под коллектором нефти и газа?
2. Охарактеризуйте виды коллекторов и их особенности.
3. Перечислите и охарактеризуйте основные коллекторские свойства пород–коллекторов.
4. Что понимают под пористостью горных пород, какими показателями она характеризуется и понимается?
5. Каким законом пользуются при определении проницаемости горных пород?
6. Перечислите виды проницаемости?
7. Что называется неколлектором?
8. Назовите какие существуют межзерновые пространства?
9. Напишите формулу Дарси и выведите из нее коэффициент проницаемости.

## **Практическая работа №4**

**Тема:** «Построение геологического профиля по данным бурения»

**Цель:** приобретение практических умений построения геологических профилей

### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучение методики построения геологического профиля
2. Из таблицы выбрать данные своего варианта.
3. Определить масштаб построения с учётом размеров листа.
4. Выполнить построение в соответствии с методическими указаниями.
5. Оформить и защитить практическую работу.

### **Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме:**

#### **Методика построения геологического профиля**

Основное назначение поисковой скважины – вскрыть заданную толщу отложений земной коры и, используя методы геологии, геофизики, гидродинамики и геохимии, выявить продуктивные (обеспечивающие промышленный приток углеводородов) пласты (интервалы) или однозначно установить их отсутствие. При решении этой задачи используют следующие основные методы исследования разреза поисковой скважины: 1) оперативный геологический контроль бурения; 2) геофизические методы; 3) методы испытания на приток, гидродинамические методы.

Оперативный геолого–технический контроль бурения поисковой скважины является основным методом получения информации о вскрываемом разрезе до испытания скважины, используемой для выбора объекта испытания. На скважине, на основе геолого–технического контроля ее бурения оперативно, получают по метровую информацию о вскрываемом разрезе, позволяющую выделить коллекторы и во многих случаях оценить характер их насыщения.

Все характеристики, получаемые на основе оперативного геологического контроля бурения скважины, привязывают к глубине.

Данные оперативного геолого–технического контроля сводят в таблицу, на основе которой строят (оперативно на скважине) график комплексной оценки вскрываемого бурением разреза скважины, дающий 100%–ную по метровую освещенность разреза с указанием количества коллекторов, интервалов их залегания и их характеристик.

В дальнейшем этот график коррелируют с данными геофизических исследований.

Геологический профиль месторождения представляет собой сечение месторождения вертикальной плоскостью.

Геологический профиль (разрез) месторождения составляют по разрезам скважин: он оказывает большую помощь геологу, давая наглядное представление о строении месторождения построение профиля, помимо указанного, облегчает проектирование разведочных скважин, оказывает значительную помощь при построении структурной карты, показывает изменчивость фаций в различных направлениях и положение залежи нефти и газа, а также характер контакта их друг с другом и с водой. Поэтому усвоение методики построения геологического профиля по скважинам является важной задачей.

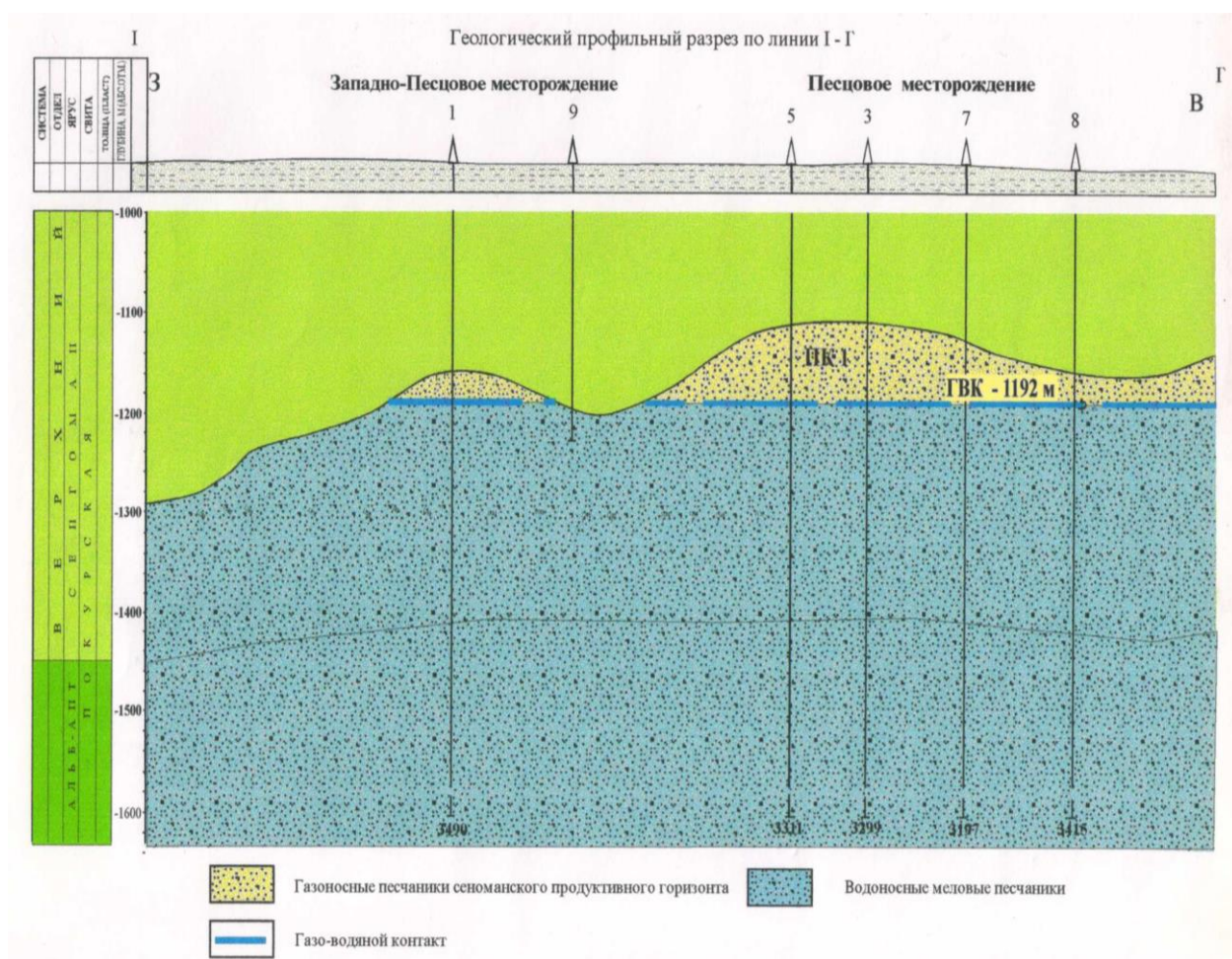


Схема построения геологического разреза по линии профиля I-Г

В зависимости от поставленных задач выбирают то, или иное направление профиля.

Поперечный профиль (вкрест простирания пород или по падению пород) проектируют для изучения тектоники месторождения: для изучения какого-либо нарушения проводят профиль вкрест нарушения.

Продольный профиль (по простиранию пород) строят также для изучения тектоники месторождения: по существу он вытекает из сопоставления ряда поперечных профилей и дополняет их.

Профили других направлений, диагональные простиранию и падению составляют для изучения, например, нарушений и фациальной изменчивости отложений в указанных выше направлениях.

Геологический профиль по скважинам строят как правило, в масштабе геологической или структурной карты, по которой его составляют. Если масштаб карты очень мелкий, а в профиле необходимо показать различные детали, то профиль выполняют в более крупном масштабе.

Горизонтальный и вертикальный масштабы при построении профиля берут одинаковыми во избежание искажения углов падения пород. Разные масштабы принимают лишь в тех случаях, когда горизонтальное расстояние между скважинами весьма большое (например, на платформе), а для более детального изучения разреза по вертикали необходимо принять более крупный масштаб. Однако и в этом случае более целесообразно брать одинаковые масштабы, для того чтобы уместить скважины на одном листе бумаги, показав разрывы между ними.

Профиль вычерчивают в определенной последовательности в отношении стран света, располагая слева на право: **ю–с, юз–св, з–в, сз–юв.**

### **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Ознакомиться с методом построения профиля.

*Составляют профиль в следующем порядке:*

- ✓ Проводят линию уровня моря и вычерчивают графический вертикальный масштаб.
- ✓ На линии уровня моря точками показывают положение скважин в профиле согласно выбранному масштабу.
- ✓ Через указанные точки проводят вертикальные линии стволов скважин и в масштабе показывают альтитуды скважин: содержание отметок альтитуд дает рельеф поверхности в направлении составляемого профиля.
- ✓ Проводят вторую линию, параллельную стволу скважины, и вычерчивают колонку разреза скважины, пользуясь условными знаками.
- ✓ Проводят корреляцию (сопоставление) разрезов скважин и окончательно вычерчивают геологический профиль.

2. Из таблицы выбрать данные своего варианта.

3. Определить масштаб построения с учётом размеров листа.

4. Выполнить построение в соответствии с методическими указаниями.

5. Оформить и защитить практическую работу.

По предложенным данным построить геологический профиль в условных обозначениях:

Забой скв.	2600	2300	2250	1970	2150	2120	1980	1980	2050
№ скв.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>ГЛИНА</b>	0–200	0–150	0–150	0–150	0–200	0–200	0–250	0–300	0–350
	400–450	350–400	300–350	300–350	300–400	–	–	350 550–	400–450
	550–600	500–650	550–600	500–550	500–550	350–400	400–550	600	500–600
<b>ПЕСЧАНИК</b>	200–400	150–350	150–300	150–300	200–300	200–250	250–300	300–350	350–400
	450–550.	400–500	350–450	350–450	300–400	300–350	350–400	350–500	450–500
	800–1000	850–1050	700–1000	600–900	600–800	650–800	800–850	700–900	700–900
<b>НЕФТЬ</b>	2050–2750	2000–2500	1900–2500	1800–2400	1750–2350	1750–2300	1600–2100	1750–2350	1800–2400
<b>ВОДОНАСЫЩ.</b>	600–700	650–750	600–700	550			550	600–700	600–700
	2750–2900	2500–2600	2500–2600	2400–2500	2350–2450	2300–2400	2100–2200	2350–2450	2400–2500

**Условные обозначения:**

Глины (абсолютные отметки кровли и подошвы), м

Песчаник (~), м

Нефтенасыщенный коллектор (~), м

Водонасыщенный коллектор (~), м

Расстояния между скважинами считать одинаковыми.

По предложенным данным построить геологический профиль в условных обозначениях:

<b>Забой скв.</b>	<b>2600</b>	<b>1100</b>	<b>2160</b>	<b>2240</b>	<b>2050</b>	<b>1900</b>	<b>1850</b>	<b>1985</b>	<b>2120</b>
<b>№ скв.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>ГЛИНА</b>	0–200 400–450 550–600	0–150 350–400 500–650	0–150 300–350 550–600	0–150 300–350 500–550	0–200 300–400 500–550	0–200 – 350–400	0–250 – 400–550	0–300 350 550–600	0–350 400–450 500–600
<b>ПЕСЧАНИК</b>	200–400 450–550. 800–1000	120–260 400–500 800–1300	150–300 350–450 700–1000	150–300 350–450 600–900	200–300 300–400 600–800	200–250 300–350 650–800	250–300 350–430 800–850	300–350 350–570 700–900	350–400 450–500 700– 900
<b>ГАЗ</b>	2050–2750	910–1200	1900–2500	1800–2400	1750–2350	1750–2300	1600–2100	1750–2350	1800–2400
<b>ВОДОНАСЫЩ.</b>	550–800 2750–2900	600–800 2500–2600	600–700 2500–2600	550–600 2400–2500	430–600 2350–2450	350–650 2300–2400	430–800 2100–2200	570–700 2350–2450	500–700 2400–2500

По предложенным данным построить геологический профиль в условных обозначениях:

<b>Забой скв.</b>	<b>3050</b>	<b>2600</b>	<b>3000</b>	<b>2800</b>	<b>2750</b>	<b>2900</b>	<b>1850</b>	<b>2200</b>	<b>1720</b>
<b>№ скв.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>ГЛИНА</b>	0–150 400–450 550–600	0–100 350–400 500–650	0–250 300–350 550–600	0–100 300–350 500–550	0–200 300–400 500–550	0–200 – 350–400	0–250 – 400–550	0–300 350 550–600	0–350 400–450 500–600
<b>ПЕСЧАНИК</b>	200–400 450–550. 800–1000	150–350 400–500 850–1050	150–300 350–450 700–1000	150–300 350–450 600–900	200–300 300–400 600–800	200–250 300–350 650–800	250–300 350–400 800–850	300–350 350–500 700–900	350–400 450–500 700–900
<b>НЕФТЬ</b>	–	–	450–600	450–630	490–670	500–700	–	–	–
<b>ГАЗ</b>	2040–2650	2120–2780	2230–3200	2800–3200	2750–3260	2650–3150	1600–2100	1750–2350	1800–2400
<b>ВОДОНАСЫЩ.</b>	600–700 2750–2900	650–750 2500–2600	600–700 2500–2600	550 2400–2500	2350–2450	2300–2400	550 2100–2200	600–700 2350–2450	600–700 2400–2500



По предложенным данным построить геологический профиль в условных обозначениях:

<b>Забой скв.</b>	<b>2235</b>	<b>2500</b>	<b>2400</b>	<b>1850</b>	<b>2750</b>	<b>1900</b>	<b>1850</b>	<b>1890</b>	<b>2300</b>
<b>№ скв.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>ГЛИНА</b>	0–200 400–450 550–600	0–150 350–400 500–650	0–150 300–350 550–600	0–150 300–350 500–550	0–200 300–400 500–550	0–200 – 350–400	0–250 – 400–550	0–300 350 550–600	0–350 400–450 500–600
<b>ПЕСЧАНИК</b>	200–400 450–550. 800–1000	150–350 400–500 850–1050	150–300 350–450 700–1000	150–300 350–450 600–900	200–300 300–400 600–800	200–250 300–350 650–800	250–400 800–850	300–350 350–500 700–900	350–400 450–500 700–900
<b>НЕФТЬ</b>	2120–2750	2300–2800	1900–2500	1800–2400	1750–2350	1750–2300	1600–2100	1750–2350	1800–2400
<b>ВОДОНАСЫЩ.</b>	600–700 2750–2900	650–750 2500–2600	600–700 2500–2600	550 2400–2500	400–500 2350–2450	400–650 2300–2400	550–800 2100–2200	600–700 2350–2450	600–700 2400–2500

По предложенным данным построить геологический профиль в условных обозначениях:

<b>Забой скв.</b>	<b>2650</b>	<b>2400</b>	<b>2560</b>	<b>2500</b>	<b>2550</b>	<b>2500</b>	<b>1850</b>	<b>2000</b>	<b>232000</b>
<b>№ скв.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>ГЛИНА</b>	0–230 400–450 550–600	0–100 350–400 500–650	0–100 300–350 550–600	0–100 300–350 500–550	0–200 300–400 500–550	0–200 – 350–400	0–250 – 400–550	0–300 350 550–600	0–350 400–450 500–600
<b>ПЕСЧАНИК</b>	200–400 450–550. 800–1000	150–350 400–500 850–1050	150–300 350–450 700–1000	150–300 350–450 600–900	200–300 300–400 600–800	200–250 300–350 650–800	250–300 350–400 800–850	300–350 350–500 700–900	350–400 450–500 700– 900
<b>ГАЗ</b>	–	100–350	100–300	100–300	–	–	–	–	–
<b>НЕФТЬ</b>	2150–2780	2320–2600	1960–2780	1800–2700	1750–2750	1750–2700	1600–2100	1750–2350	1800–2400
<b>ВОДОНАСЫЩ.</b>	600–700 2750–2900	650–750 2500–2600	600–700 2500–2600	550 2400–2500	2350–2450	2300–2400	550 2100–2200	600–700 2350–2450	600–700 2400–2500

## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

В разрезе месторождений Большого Уренгоя выделено несколько этажей газоносности. Схематический геологический профиль Уренгойского месторождения представлен на рисунке. В целом, слагающие продуктивную толщу породы литологически неоднородны, анизотропны и имеют различные геолого–физические свойства. Залежи углеводородов – пластовые, сводовые. Коллекторами являются песчаники и алевролиты с глинистым цементом.

Верхний этаж газоносности – водоплавающие сеноманские залежи с большой площадью газоносности, залегающие на глубине 1030–1280 м. Сеноманская залежь Уренгойского месторождения приурочена к мощной толще песчано–глинистых отложений, сложно переслаивающихся глинами. Залежь сводовая, подстилаемая водой, с неоднородным терригенным коллектором. Продуктивная толща характеризуется сильной изменчивостью по площади и по разрезу, при крайней неоднородности разреза содержание песчаных пород в нем преобладает над глинистыми, наличие отдельных глинистых разделов большого распространения обуславливает строение залежи близкое к пластово–массивному типу. Глубина залегания залежи от 1000 до 1250 м. Поверхность ГВК наклонена с юга на север от 1187 до 1200 метров, при этом данные разведки и эксплуатационного бурения свидетельствуют о сложном характере поверхности начального ГВК. Покрышкой залежи служат турондатские отложения толщиной до 600 метров. Фильтрационно–емкостные свойства и начальные термобарические условия залегания залежи характеризуются следующими показателями: пористость от 28 до 37%, проницаемость варьируется от 300 до 3500 мД, газонасыщенность от 70 до 74%, максимальный этаж газоносности 230 м, начальное пластовое давление 122.1 МПа, температура 31 С.

Средний этаж газоносности – газоконденсатонефтяные залежи нижнего мела. Глубина залегания от 1700 до 3340 м. Залежи этих месторождений приурочены к валанжинским отложениям и в них выделяется от 13 до 17 газоносных пластов. Эти объекты по разведанным запасам почти в пять раз меньше сеноманских, но являются основными по содержанию жидких углеводородов (нефть, конденсат), а также этана и пропан–бутана. Начальное пластовое давление в залежах от 23, 5 до 34,5 МПа, пластовая температура плюс 62 – плюс 97 °С. Среднее потенциальное содержание конденсата изменяется от 75 до 370 г/м<sup>3</sup>.

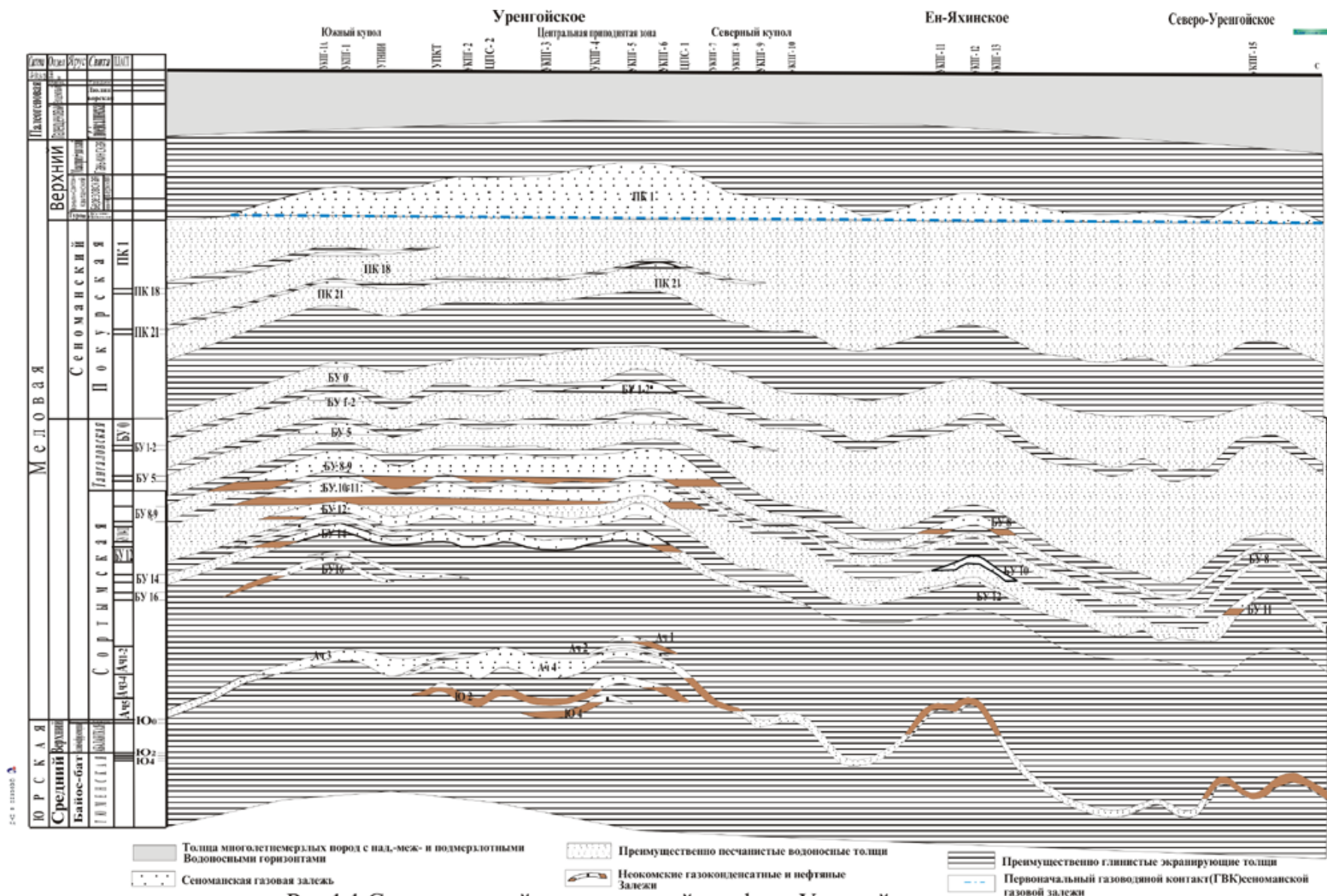


Рис.1.1 Схематический геологический профиль Уренгойского месторождения

Третий этаж газоносности – юрский глубокозалегающий комплекс, сложенный ачимовскими отложениями. Его большие потенциальные ресурсы (по газу более 7 трлн. м<sup>3</sup>) наименее реализованы.

Продуктивность ачимовских отложений на Уренгойском месторождении установлена в 1978 году. В настоящее время залежи находятся в стадии разведки. Пробурено более 40 разведочных скважин. По экспертным оценкам ВНИИГаза эти залежи будут преимущественно мелкими и средними с аномально высокими пластовыми давлениями и низкими коллекторскими свойствами.

Ачимовские отложения – единый глинистый массив, включающий песчаные тела клиноформного типа, характеризующиеся как гидродинамическая система закрытого типа. Глины и песчаники недоуплотнены, имеют большую пористость и аномально высокие поровые и пластовые давления. Коллекторы изменчивы, порового и поровотрещиноватого типа с широким диапазоном изменения проницаемости, характером насыщения: газ, конденсат, нефть, вода.

Глубина залегания ачимовской толщи от 3472 до 3687 м. Дебиты скважин по газу от 3 до 360 тыс.м<sup>3</sup>/сутки, дебиты нефти от 2 до 30 м<sup>3</sup>/сутки. Пористость коллектора 10–18%, нефтегазонасыщенность – 65%, проницаемость – доли единиц миллидарси, нефтенасыщенные толщины от 4 до 14 м.

Общая толщина пластов изменяется от 20 до 40 м. Аномально высокие пластовые давления от 49,2 до 65,8 МПа. Потенциальное содержание конденсата достигает 483 гр/м<sup>3</sup>.

Разрез Уренгойского месторождения представлен породами палеозойского складчатого фундамента и песчано–глинистыми терригенными отложениями платформенного мезозойско–кайнозойского осадочного комплекса.

#### **Контрольные вопросы к практической работе №4**

1. Дать определение понятию «геологический профиль»?
2. На основании, каких данных проводится построение профилей на промыслах?
3. Как обозначаются горные породы при построении профилей?
4. Какие могут быть направления профилей?
5. Каково значение геологических профилей?
6. В каком масштабе выполняют геологический профиль?
7. Что показывает поперечный профиль?
8. Что такое типовой разряд и сводный разрез?
9. Какие материалы используются при составлении нормального разреза месторождения?

## Практическая работа №5

**Тема:** «Методика построения структурной карты по данным бурения»

**Цель:** приобретение практических умений по составлению структурных карт по кровле продуктивного пласта нефтяного (газового) месторождения способом треугольников.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить основные способы построения структурных карт
2. Выбрать наиболее подходящий способ построения
3. Заполнить таблицу по примеру Таб. 5.2

**Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме:**

### ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ КАРТ

Структурная карта представляет собой изображение в горизонталях (изогипсах) рельефа какого-либо стратиграфического раздела.

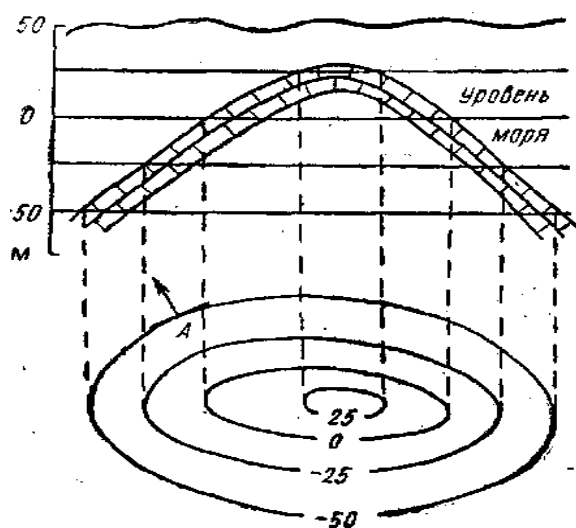


Рис.1 Изображение подземного рельефа пласта с помощью структурной карты

Структурная карта дает четкое представление о строении выбранного горизонта, обеспечивает наиболее точное проектирование разведочных и эксплуатационных скважин, облегчает изучение изменения свойств по площади продуктивного горизонта (мощности, пористости, проницаемости), помогает определять границы залежи и распределения давления.

За базисную поверхность при построении структурных карт обычно принимают уровень моря, от которого производится отсчет горизонталей (изогипс)

глубинного рельефа. Отметки глубин, расположенных ниже уровня моря, берутся со знаком минус, а перед отметками изогипс, расположенных выше уровня моря, ставится знак плюс.

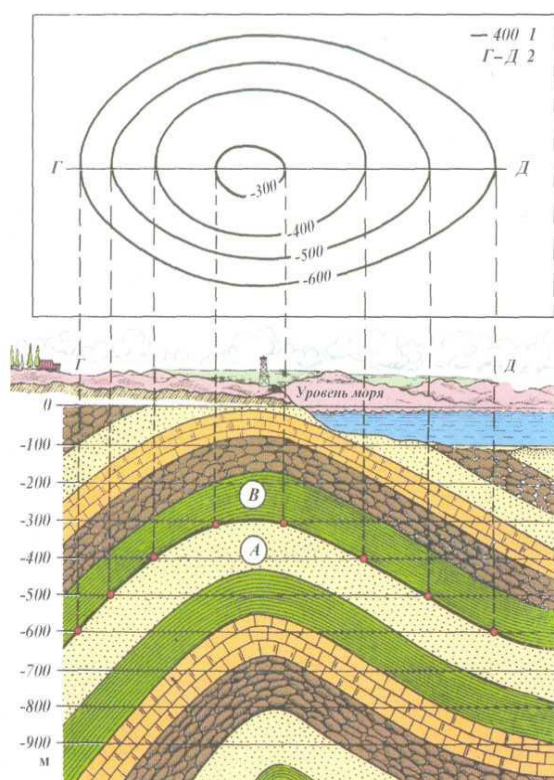
На рисунке 1 показан пример структурной карты, построенной по кровле пласта, сложенного известняком. Сечение изогипс выбрано через 25 метров.

На практике сечение изогипс выбирается в зависимости от степени выраженности структуры. Чаще всего пользуются стандартными сечениями: 5, 10, 25, 50 и 100 метров. Для очень пологих структур сечение изогипс берут более мелким: 2 – 3 метра.

Изогипса пласта показывает его простираие. На криволинейных участках изогипс простираие в любой точке (точка **A** на рис. 1) направлено по касательной к ней, а падение – перпендикулярно касательной по направлению к большим глубинам. Расстояние между соседними изогипсами показывает угол падения пласта на данном участке. Чем ближе изогипсы расположены друг к другу, тем круче угол падения, а чем дальше – тем угол положе.

В промысловой практике применяются обычно два основных способа построения структурных карт: **способ треугольников и способ профилей.**

Построению *структурной карты* должны предшествовать:



1) выбор поверхности, по которой намечается построение; эта поверхность должна хорошо прослеживаться в разрезах всех пробуренных скважин и не являться границей размыва;

2) выбор масштаба структурной карты; в зависимости от поставленных задач чаще всего применяют масштабы 1:5000, 1:10000, 1:25000, 1:50000 и 1:100000;'

3) проверка правильности нанесения положения скважин на план, а также их альтитуд;

4) выбор сечения изогипс в зависимости от требуемой детальности изучения структуры и особенностей ее строения.

### **Способ треугольников**

Построение структурных карт способом треугольников дает хорошие результаты при изучении сравнительно спокойно построенных структур, не имеющих разрывных нарушений или слабо нарушенных. Прежде всего, все точки скважин наносятся по координатной сетке на планшет выбранного масштаба. Составляется таблица исходных данных для построения. Около каждой точки скважины на плане пишут соответствующие номера скважин и, в виде знаменателя дроби, значение приведенных к уровню моря глубин залегания поверхности, по которой строится структурная карта. После этого все точки скважин соединяют между собой



линиями так, чтобы они образовали систему треугольников, в каждой вершине которых должна находиться точка скважины. Затем между вершинами треугольников (точками скважин), по данным отметок глубин залегания, проводят интерполяцию в соответствии с выбранными интервалами сечения между изогипсами и, соединяя одноименные отметки плавными линиями строят структурную карту.

При построении системы треугольников следует, руководствуясь данными о положении оси складки, проводить длинные стороны треугольников примерно параллельно ей. Не допускается интерполяция между скважинами, находящимися на разных крыльях складки. Для этого предварительно анализируются отметки – глубин по скважинам, которые имеют примерно симметричные значения по одну и другую стороны от направления оси поднятия; кроме того, следует учитывать, что вдоль оси складки отмечаются минимальные углы падения пород.

Предположим, что на площади пробурено 15 скважин, вскрывших кровлю горизонта, по которому нужно составить структурную карту. Для систематизации данных по скважинам и для расчета абсолютных значений глубин залегания кровли горизонта **составляется специальная таблица (таблица 1).**

Таблица 5.1

Номер скважины	Превышение устья скважины над уровнем моря, м	Глубина от устья, м	Приведенная глубина, м	Номер скважины	Превышение устья скважины над уровнем моря, м	Глубина от устья, м	Приведенная глубина, м
1	35	628	593	9	51	673	622
2	41	643	602	10	48	652	604
3	47	638	591	11	64	695	631
4	38	651	613	12	57	677	620
5	40	657	617	13	37	661	624
6	34	646	612	14	49	675	626
7	43	667	624	15	42	667	625
8	40	665	625				

Вычисленные значения приведенных глубин надписываются у соответствующих скважин на плане их расположения (рисунок 2). Анализ абсолютных значений глубин залегания кровли выбранного горизонта показывает, что ось складки проходит примерно через скважины 15, 1, 3, 10, 8. Точки скважин соединяют линиями, которые образуют треугольники; при этом стремятся к тому, чтобы длинные стороны треугольников были примерно параллельны намеченной оси.

Если при построении треугольника по соседним скважинам в его вершине образуется очень тупой угол (как при соединении скважин 9, 4, 8), то его длинную сторону лучше не

проводить, так как интерполяция между точками, находящимися на ее концах (скважине 9 и 8), практически повторяет, но менее точно, интерполяцию по коротким сторонам данного треугольника (между скважине 9 и 4 и между скважине 4 и 8). Затем выбирается сечение изогипс (в данном примере 10 м) и согласно ему производится интерполяция между скважинами таким образом, чтобы отметки изогипс были кратны выбранному сечению (в данном примере 600, 610, 620).

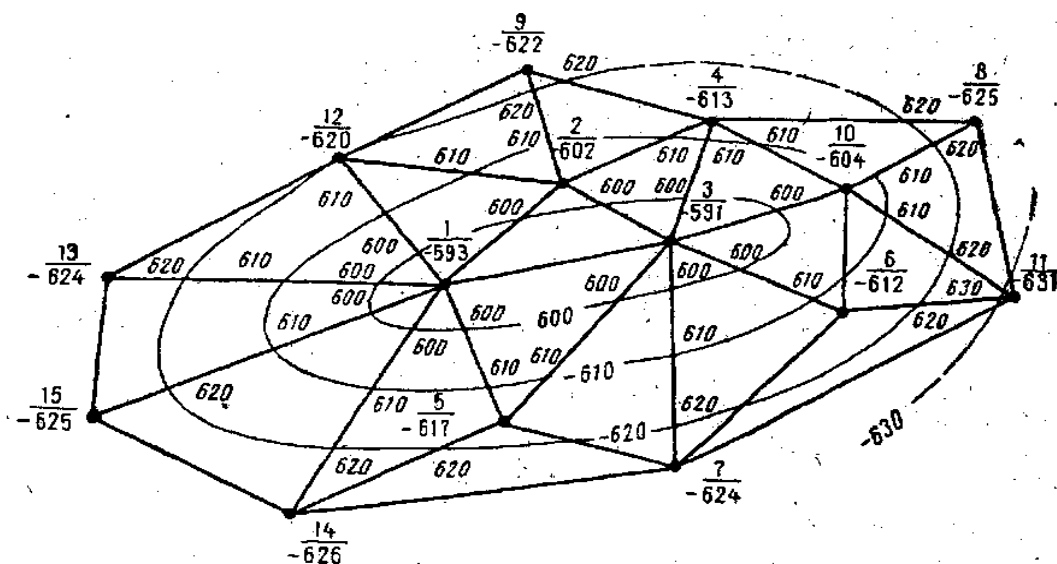


Рисунок 2 – Построение структурной карты по способу треугольников

В числителе дроби – номер скважины, в знаменателе – абсолютная отметка скважины.

Сечение изогипс 10 м

Полученные при интерполяции одноименные отметки соединяют плавными линиями (изогипсами), получая тем самым структурную карту (см. рис. 2, на котором изображена брахиантиклинальная складка).

### Порядок выполнения работы

1. Выбрать масштаб структурной карты. Для этого нужно найти минимальные и максимальные значения координат X и Y, затем полученные значения сравнить с размером будущей карты (листа формата А4 или А3).
2. Отобразить на листе бумаге схему расположения устьев скважин в соответствии с координатами (X и Y), представленными в Вашем варианте.
3. С учетом азимута искривления ствола скважины ( $\varphi$ ) и величины смещения ( $A_{гор}$ ) определить место положения точки пересечения ствола скважины с кровлей пласта.

Например, известно расположение устья скважины 1-Поисковой; азимут и величина смещения соответственно равны 90° и 100 м, масштаб карты - 1:10 000 (рисунок 3).

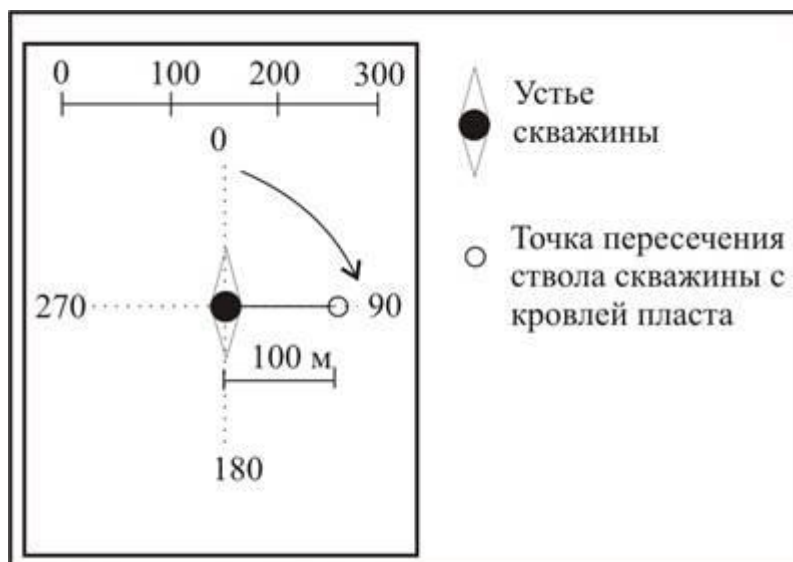


Рисунок 3 – Определения места положения точки пересечения ствола скважины с кровлей пласта

4. Рассчитать абсолютные отметки точек вскрытия кровли картируемого пласта ( $H$ ) в каждой скважине по формуле:

$$H = Alt - (L - \Delta L)$$

где  $Alt$  – альтитуда устья скважины, м (рисунок 4);  $L$  - глубина точки вскрытия скважиной кровли пласта, замеренная по стволу, м;  $\Delta L$  – поправка на удлинение скважины за счет ее искривления, м.

Данные для расчета выдаются отдельно.

Таблица 5.2 - Исходные данные для построения структурной карты методом треугольников

№ скв.	Альтитуда устья, м $Alt$	Глубина точки вскрытия кровли, м $L$	Поправка за удлинение ствола скважины, м $\Delta L$	Абсолютная отметка точки вскрытия кровли, м $H$
	+50			-675
	+125			-550
...	...	...	...	...
	+69			-650

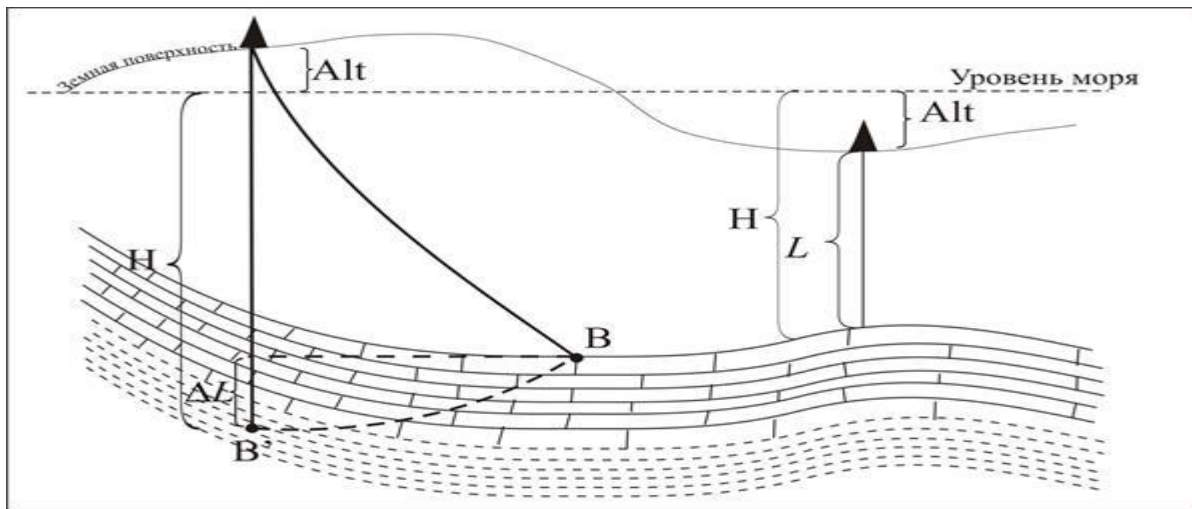


Рисунок 4 - Определение абсолютной отметки точки вскрытия скважиной кровли пласта

5. Вычисленные значения абсолютных отметок кровли пласта нанести на схему скважин, поместив их под номером соответствующей скважины.

6. Выбрать сечение изогипс, исходя из разницы между минимальной и максимальной абсолютными отметками кровли пласта. Количество изогипс на структурной карте должно быть не менее 5 и не более 10.

7. Соединить между собой ближайшие скважины отрезками, получив систему треугольников (рисунок 5).



Рисунок 5– Построение структурной карты методом треугольников  
(по М.А. Жданову)

8. На каждой стороне треугольника, применяя способ линейной интерполяции, определить места положения точек с абсолютными отметками, кратными сечению изогипс.

9. Точки с одинаковыми абсолютными отметками соединить плавными линиями; оцифровать изогипсы.

10. На построенную карту нанести внешний контур нефтеносности.

11. Составить легенду (условные обозначения) к структурной карте.

**Содержание отчета, форма и правила оформления отчета о выполненной работе.**

В отчете следует отразить: цель работы, краткое теоретическое обоснование, ход выполнения практической работы. Полученные данные представить в виде структурной карты кровли продуктивного пласта, а также таблицы, аналогичной таблице 2, где привести исходные данные и результаты расчётов.

Защита работы проводится в устной форме.

### **Контрольные вопросы к практической работе №5**

1. Что такое структурная карта?
2. Способы построения структурных карт?
3. Что обозначает понятие «способ треугольников»?
4. В чем заключается сущность построение структурных карт методом профилей?
5. Что такое изогипса?
6. Что такое кровля пласта?
7. В чем принципиальное отличие построение структурной карты «способом треугольников», от метода профилей?
8. Какая карта является более информативна, структурная карта или геологический профиль?

## Практическая работа №6

**Тема:** «Подсчет запасов нефти и газа объемным методом»

**Цель:** развитие практических умений в области определения извлекаемых запасов нефти и газа объемным методом.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить методы подсчета нефти
2. Решить задания выбрав варианты согласно Таблиц 6.1-6.2

**Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме:**

### Теоретическая часть.

#### Основные способы подсчета запасов нефти и газа.

Для подсчета запасов нефти используют следующие методы: объемный, статистический и материального баланса. Выбор того или иного метода обусловлен качеством и количеством исходных данных, степенью изученности месторождения и режимом работы залежи. В геологопромысловой практике наиболее широко применяется объемный метод. Его можно использовать при подсчете запасов на различных стадиях разведанности и при любом режиме работы залежи.

**Объемный метод подсчета запасов** основан на данных о геолого-физической характеристике объектов подсчета и условиях залегания флюидов в них.

Для подсчета запасов нефти применяется следующая формула:

$$Q_{\text{изв.н.}} = F \cdot H \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{н}} \cdot \rho_{\text{н}} \cdot \theta \cdot \eta$$

В этой формуле произведение  $F \cdot H$  представляет собой объем залежи,  $F \cdot H \cdot k_{\text{п}}$  – поровый объем залежи (суммарный объем открытых пор, слагающих залежь),  $F \cdot H \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{н}}$  – нефтенасыщенный объем пласта (объем нефти в порах пласта),  $F \cdot H \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{н}} \cdot \eta$  – объем нефти, которая может быть извлечена на поверхность при существующих способах разработки залежи;  $F \cdot H \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{н}} \cdot \eta \cdot \theta$  – объем нефти, которая может быть извлечена на поверхность с учетом перевода нефти из пластовых в поверхностные условия, и, наконец произведение  $F \cdot H \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{н}} \cdot \eta \cdot \theta \cdot \rho_{\text{н}}$  – представляет собой запасы нефти и млн.т., которые могут быть извлечены из недр на поверхность в результате эксплуатации залежи (т.е. промышленные или извлекаемые запасы нефти).

**Метод материального баланса** основан на данных об изменении пластового давления и количественных соотношений между нефтью и газом (свободным, растворенным) в процессе разработки (отбора жидкости, газа).

При подсчете запасов нефти этим методом следует строить карту изобар, по которой можно рассчитать средневзвешенное по площади залежи (или по ее объему) пластовое давление. Это пластовое давление и является исходным для определения всех зависящих от него параметров.

**Статистический метод** основан на статистических связях между различными показателями разработки. Среди них наиболее известны связи между предыдущими и последующими дебитами нефти, текущими и накопленными отборами нефти, долей воды

(нефти) в продукции залежи и накопленными отборами нефти. Применение статистического метода и метода материального баланса возможно после достаточно длительной разработки. Статистический метод предоставляет более достоверные результаты при подсчете запасов нефти.

**При подсчете запасов газа** применяют объемный метод и метод подсчета по падению давления.

**Объемный метод подсчета запасов газа** широко применяется вследствие своей простоты, а также потому, что необходимые для него параметры можно получить в процессе разработки при пробной эксплуатации залежи газа.

Объемный метод базируется на данных о геологических границах распространения залежи, характере порового пространства и соответствующем пластовом давлении.

Для подсчета запасов газа объемным методом применяется формула:

$$Q_{\text{изв.г}} = F \cdot H \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{н}} \cdot f \cdot (P_o \cdot \alpha_o - P_{\text{к}} \cdot \alpha_{\text{к}})$$

**Метод подсчета запасов газа по падению пластового давления** основан на связи количества извлекаемого газа с величиной падения пластового давления в процессе разработки газовой залежи.

#### **Категории запасов.**

Запасы нефти, газа, конденсата и содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение, по степени изученности подразделяются на разведанные – категории А, В, С<sub>1</sub> и предварительно оценочные – категория С<sub>2</sub>.

**Категория А** – запасы залежи, изученной с детальностью, обеспечивающей полное определение ее типа, формы и размеров, эффективной нефте- и газонасыщенной толщины, типа коллектора, характера изменения коллекторских свойств, состава и свойств нефти, газа и конденсата, а также основных особенностей залежи, от которых зависят условия ее разработки.

Запасы категории А подсчитываются по залежи, разбуренной в соответствии с утвержденным проектом разработки месторождений нефти и газа.

**Категория В** – запасы залежи, нефтенасыщенность которой установлена на основании полученных промышленных притоков нефти и газа в скважинах на различных гипсометрических отметках. Запасы категории В подсчитываются по залежи, разбуренной в соответствии с утвержденной технологической схемой разработки месторождения нефти или проектом опытно-промышленной разработки месторождения газа.

**Категория С<sub>1</sub>** – запасы залежи, нефтегазонасыщенность которой установлена на основании полученных в скважинах промышленных притоков нефти или газа (часть скважин опробована испытанием пластов) и положительных результатов геологических и геофизических исследований в неопробованных скважинах.

Запасы категории С<sub>1</sub> подсчитываются по результатам геологоразведочных работ и эксплуатационного бурения и должны быть изучены в степени, обеспечивающей получение исходных данных для составления технологической схемы разработки месторождения.

**Категория С<sub>2</sub>** – запасы залежи, наличие которых обосновано данными геологических и геофизических исследований. Запасы этой категории используются для определения перспектив месторождения, планирования геологоразведочных работ или геолого-промысловых исследований при переводе скважин на вышележащие пласты и частично для проектирования разработки залежей.

По группе запасы нефти и газа подразделяются на: **балансовые** – запасы месторождений (залежей), вовлечение которых в разработку в настоящее время целесообразно; **забалансовые** – запасы месторождений (залежей), вовлечение которых в разработку в настоящее время экономически нецелесообразно.



Классификация месторождений нефти и газа по величине извлекаемых запасов нефти и газа представлена в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Класс месторождений по величине запасов	Индекс класса	Запасы	
		нефти, извлекаемые, млн.т	газа, балансовые, млрд.м <sup>3</sup>
Уникальные (У)		более 300	более 500
Крупные (К)	K <sub>1</sub>	200–300	200–500
	K <sub>2</sub>	100–200	100–200
	K <sub>3</sub>	30–100	30–100
Средние (С)	C <sub>1</sub>	30–20	30–20
	C <sub>2</sub>	10–20	10–20
Мелкие (М)	M <sub>1</sub>	10–5	10–5
	M <sub>2</sub>	5–1	5–1
	M <sub>3</sub>	менее 1	менее 1

### Практическая часть.

**Задание №1.** Вычислить извлекаемые запасы нефтяной залежи круговой формы. Исходные данные приведены в таблице №1.

Таблица 1

Вариант	R <sub>з</sub> , км	H, м	κ <sub>п</sub>	κ <sub>н</sub>	T <sub>пл</sub> , °С	P <sub>пл</sub> , МПа	Γ <sub>о</sub> , м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	ρ <sub>н</sub> , кг/м <sup>3</sup>	ρ <sub>г</sub> , кг/м <sup>3</sup>	№ Режима
1	4,75	7	0,27	0,7	72	23,3	149	808	1,165	1
2	5,66	10	0,27	0,7	75	25,2	410	680	1,165	2
3	7,32	5	0,27	0,7	72	18,9	257	700	1,165	3
4	6,89	13	0,27	0,7	70	19,7	505	620	1,165	4
5	8,21	6	0,27	0,7	81	21,6	324	690	1,165	1
6	4,12	9	0,27	0,7	69	24,1	250	750	1,165	2
7	9,45	11	0,27	0,7	77	19,5	370	640	1,165	3
8	6,34	8	0,27	0,7	84	22,6	552	715	1,165	4
9	5,39	15	0,27	0,7	78	23,7	198	820	1,165	1
10	7,67	12	0,27	0,7	73	20,4	340	760	1,165	2

### Решение.

1) При подсчете запасов нефти объемным методом используют формулу (1.1.):

$$Q_{\text{изв.н.}} = F \cdot H \cdot \kappa_{\text{п}} \cdot \kappa_{\text{н}} \cdot \rho_{\text{н}} \cdot \theta \cdot \eta \text{ (млн.т)} \quad (1.1.)$$

где Q<sub>изв</sub> – извлекаемый запас нефти в млн.т.;

F – площадь нефтеносности в м<sup>2</sup>;

H – нефтеносная мощность пласта в м;

κ<sub>п</sub> – коэффициент открытой пористости нефтесодержащих пород;

κ<sub>н</sub> – коэффициент насыщения пласта нефтью (коэффициент нефтенасыщения);

ρ<sub>н</sub> – плотность нефти в поверхностных условиях в т/м<sup>3</sup>;

θ – пересчетный коэффициент, учитывающий усадку нефти;

θ=1/b (b – объемный коэффициент пластовой нефти);

η – коэффициент нефтеотдачи.

2) Рассчитываем площадь нефтеносности круговой залежи по формуле (1.2.)

$$F = \pi \cdot R_3^2, (\text{м}^2) \quad (1.2.)$$

где  $R_3$  – радиус залежи в км.

3) Рассчитываем объемный коэффициент пластовой нефти в зависимости от газонасыщенности по формуле (1.3. или 1.4.)

$$b = 1 + 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma_o \quad \text{при } \Gamma_o \leq 400 \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (1.3.)$$

$$b = 1 + 3,63 \cdot 10^{-3} \cdot (\Gamma_o - 58) \quad \text{при } \Gamma_o > 400 \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (1.4.)$$

где  $\Gamma_o$  – газонасыщенность пластовой нефти в  $\text{м}^3/\text{м}^3$  (объем приведен к стандартным условиям).

4) Коэффициент нефтеотдачи выбираем в зависимости от режима работы залежи (номер режима для каждого варианта указан в таблице 1):

1. Водонапорный режим – 0,6–0,8
2. Режим газовой шапки – 0,5–0,7
3. Режим растворенного газа – 0,2–0,4
4. Гравитационный режим – 0,1–0,2.

5) Производим подсчет запасов нефти объемным методом по формуле 1.1. определив все необходимые данные для расчета.

6) Произведя расчет по подсчету запасов нефти объемным методом, по таблице 1 определить к какому месторождению относится залежь.

7) Написать вывод.

**Задание №2.** Определить извлекаемые запасы газа и определить категорию залежи. Исходные данные приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2

Вариант	$F_2$ , $\text{м}^2$	$H$ , $\text{м}$	$\kappa_{п}$	$T$ , $^{\circ}\text{C}$	$P_{о2}$ , $\text{МПа}$	$P_{к2}$ , $\text{МПа}$	$\kappa_{в}$
1–3	$7,15 \cdot 10^8$	9,72	0,28	76	31,6	0,1	0,33
4–6	$7,68 \cdot 10^8$	8,76	0,28	72	20,7	0,1	0,42
7–9	$8,69 \cdot 10^8$	9,65	0,28	79	21,4	0,1	0,39
10–12	$9,36 \cdot 10^8$	9,43	0,28	80	23,8	0,1	0,45
13–15	$9,67 \cdot 10^8$	9,21	0,28	83	25,9	0,1	0,29
16–18	$8,23 \cdot 10^8$	8,66	0,28	74	27,3	0,1	0,37
19–21	$8,34 \cdot 10^8$	8,94	0,28	86	24,7	0,1	0,39
22–24	$8,12 \cdot 10^8$	8,65	0,28	77	27,2	0,1	0,48
25–27	$7,59 \cdot 10^8$	8,34	0,28	84	29,3	0,1	0,36
28–30	$9,15 \cdot 10^8$	9,47	0,28	81	30,5	0,1	0,31

**Решение.**

1) Определяем извлекаемый запас газа объемным методом по формуле:

$$Q_{\text{изв.г}} = F \cdot H \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{н}} \cdot f \cdot (P_o \cdot \alpha_o - P_{\text{к}} \cdot \alpha_o) \quad (2.1.)$$

где  $Q_{\text{изв.г}}$  – извлекаемый запас газа в млрд.м<sup>3</sup>;

$F$  – площадь газоносности в м<sup>2</sup>;

$H$  – средняя газонасыщенная толщина в м;

$k_{\text{п}}$  – коэффициент открытой пористости газосодержащих пород;

$k_{\text{н}}$  – средний коэффициент газонасыщенности;

$f$  – поправка на температуру для приведения объема газа к стандартной температуре;

$P_o$  – начальное пластовое давление в газовой залежи в МПа;

$P_{\text{к}}$  – среднее абсолютное остаточное давление в газовой залежи при установлении на устье скважины давления, равного атмосферному (0,1 МПа);

$\alpha_o$  – поправка на отклонение углеводородных газов от закона Бойля–Мариотта, соответственно для давления  $P_o$  и  $P_{\text{к}}$ .

2) Определяем поправку на температуру по формуле:

$$f = \frac{T + t_{\text{ст}}}{T + t_{\text{пл}}} \quad (2.2.)$$

где  $T$  – абсолютная температура, равная 273 °С;

$t_{\text{пл}}$  – пластовая температура в °С;

$t_{\text{ст}}$  – стандартная температура, равная 20 °С.

3) Определяем коэффициент газонасыщенности по формуле:

$$k_{\text{н}} = 1 - k_{\text{в}} \quad (2.3.)$$

где  $k_{\text{в}}$  – коэффициент содержания связанной воды.

4) Определяем поправки на отклонение углеводородных газов от закона Бойля–Мариотта для давлений  $P_o$  и  $P_{\text{к}}$  по формулам:

$$\alpha_o = \frac{1}{Z} \quad (2.4.)$$

где  $Z$  – коэффициент сверхсжимаемости газа.

Для определения коэффициента можно рассчитать по формулам или приблизительно определить по графику изображенному на рисунке 1.

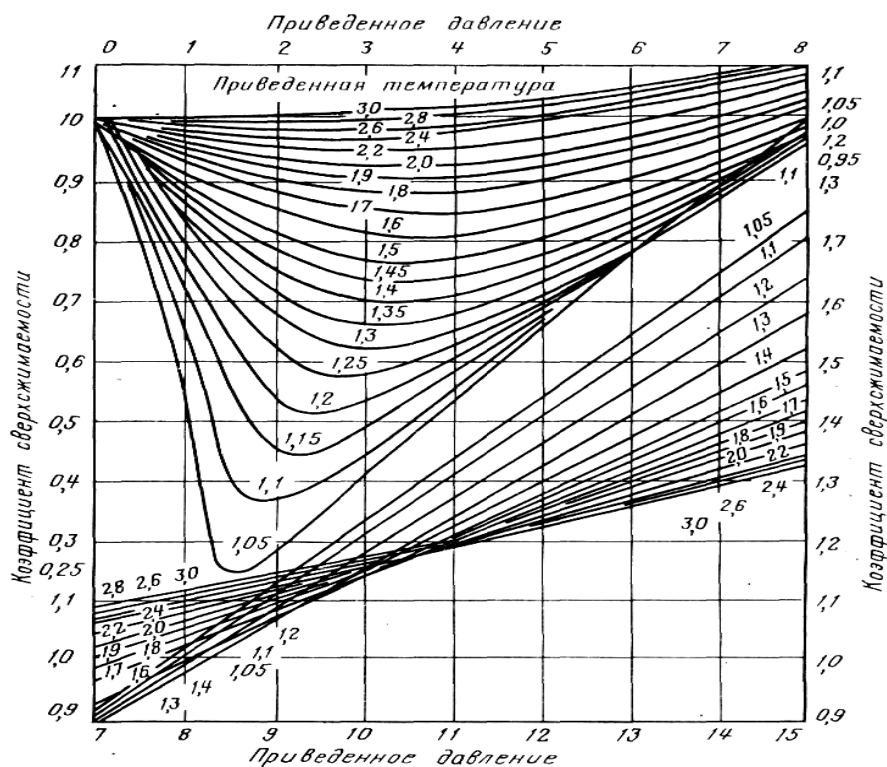


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента сверхсжимаемости природного газа от приведенных давления и температуры

5) Определяем коэффициент сверхсжимаемости газа по формуле:

$$Z = 1 - 10^{-2} \cdot (0,76 \cdot T_{np}^3 - 9,36 \cdot T_{np} + 13) \cdot (8 - P_{np}) \cdot P_{np} \quad (2.6)$$

где  $P_{np}$  – приведенное давление в МПа;  
 $T_{np}$  – приведенная температура в К.

б) Для определения приведенного давления и температуры необходимо сначала определить псевдокритические давление и температуру по формулам:

$$P_{п.кр} = \sum_{i=1}^n y_i \cdot P_{кр.i} \quad (2.7)$$

$$T_{п.кр} = \sum_{i=1}^n y_i \cdot T_{кр.i} \quad (2.8)$$

где  $y_i$  – объемное содержание i-го компонента газа в смеси, доли единицы.  
 Для подсчета по этой формуле необходимо воспользоваться таблицей 6.2.

Таблица 6.3

Параметры	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	N <sub>2</sub>
$P_{кр}$ , МПа	4,7	4,9	4,3	3,8	3,4	3,1	7,4	9	3,4
$T_{кр}$ , К	190,7	306,2	369,8	425,2	470,4	508,0	304,2	373,6	126,2
$y_i$	97,88	0,82	0,19	–	–	–	0,21	0,9	–

7) Определяем приведенное давление и температуру по формуле:

$$P_{\text{пр}} = \frac{P}{P_{\text{п.кр}}} \quad (2.9.)$$

$$T_{\text{пр}} = \frac{T}{T_{\text{п.кр}}} \quad (2.10)$$

где **P** и **T** – текущие значения давления и температуры, для которых необходимо рассчитать коэффициент сверхсжимаемости.

8) Производим окончательный расчет запасов газа по формуле 2.1.

9) Написать вывод.

### **Контрольные вопросы к практической работе №6**

1. Объяснить понятие «извлекаемые запасы нефти и газа»?
2. Что такое балансовые запасы?
3. Перечислите категории запасов, перспективных и прогнозных ресурсов нефти и газа?
4. Перечислите методы подсчета запасов нефти, на чем они основаны?
5. Перечислите методы подсчета запасов газа, на чем они основаны?
6. В чем заключается особенность подсчета запасов газа объемным методом?
7. Как классифицируются запасы нефтяных и газовых месторождений?

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

СОГЛАСОВАНО

Старший методист



М.В. Отс

Методист по ИТ



Ю.В. Пеховкина