

Государственный комитет Российской Федерации по высшему образованию

---

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

*В. Б. САПОЖНИКОВ*

ПРАКТИКУМ  
ПО  
ГЕОЛОГИИ  
И ГЕОМОРФОЛОГИИ ОКЕАНА

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
1994

Одобрено методической комиссией океанологического факультета РГГМИ

Сапожников В. Б. Практикум по геологии и геоморфологии океана. — СПб: изд. РГГМИ, 1994. 42 с.

Рецензенты: В. В. Тихомиров (Санкт-Петербургский государственный горный институт); С. С. Савкевич (Институт океанологии РАН).

Рассматриваются методы и порядок проведения лабораторных исследований по программе дисциплины «Геология и геоморфология океана» в РГГМИ. Практикум состоит из трех разделов: морские осадки и их исследования, морские геологические карты и разрезы, горный компас и методы работы с ним.

В первом разделе описаны прямые и косвенные методы определения гранулометрического состава морских осадков и порядок их проведения. Рассмотрены обработка и оформление результатов этих анализов.

Во втором разделе дано описание морских геологических карт и геологических разрезов. Приведены задачи на составление геологических карт и разрезов к ним.

В третьем разделе дано описание устройства горного компаса и методов определения с его помощью элементов залегания наклонных слоев горных пород.

The methods and sequence of laboratory investigations are studied in accordance of the discipline Geology and Geomorphology in the Russian State Hydrometeorological Institute. This paper consists of three sections: marine sediments and their investigation, marine geological maps and profiles, mining compass and practical rules how to deal with them.

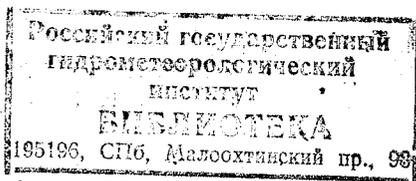
Section I is devoted to the description of the direct and indirect methods to determine the granulometric composition of marine sediments and how to realize their sequence. The development and representation of the analyzing data have been studied.

Section II deals with the description of marine geological maps and geological profiles. Problems have been offered to compile geological maps and profiles.

Section III deals with the description of the mining compass arrangement and the methods to determine with its aid bedding of slanting strata of mining rocks.

© Российский государственный гидromетеорологический институт (РГГМИ), 1994

ISBN 5 — 86 313 — 081 — 2



## ПРЕДИСЛОВИЕ

При изучении студентами-океанологами РТГМИ дисциплины «Геология и геоморфология океана» очень важной задачей является овладение практическими навыками и приемами обработки материалов геологических и геоморфологических исследований дна океана, а также последующей интерпретации полученных результатов. Практикум является руководством к следующим разделам курса: «Методы геологических и геоморфологических исследований дна Мирового океана», «Морские осадки и методы их изучения», «Геологическое строение и рельеф дна Мирового океана».

Теоретический материал к каждой работе дается в форме пояснений и дополнений к имеющейся литературе. Для более фундаментального ознакомления с теорией надо обращаться к учебникам и учебным пособиям по данному курсу.

К каждому занятию в руководстве даны соответствующие рекомендации: на что обратить главное внимание, как работать над выполнением задания.

В конце каждой лабораторной работы даются пояснения, в каком виде представлять отчет о проделанной работе.

## РАЗДЕЛ 1. МОРСКИЕ ОСАДКИ И ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ

Комплексы рыхлого осадочного материала на дне морей и океанов, сформировавшиеся в результате осаждения терригенных, вулканогенных, биогенных, хемогенных и космических продуктов различного размера, состава и генезиса, называются **морскими осадками**. Каждый вид морских осадков имеет свой гранулометрический состав, определенные физические свойства и состоит из различных минералов. Определение этих параметров позволяет исследователям выяснять происхождение и расшифровывать условия образования.

Для отбора проб морских осадков используются следующие устройства: грунтовые трубки, драги и дночерпатели. Грунтовые трубки предназначены для извлечения проб в какой-либо «точке» дна, при этом сохраняется последовательность напластования и текстура осадков. Дночерпатели применяются в основном на мелководье для сбора большого количества проб за короткое время. Драгами собирают разнообразные осадки с поверхности дна.

Для сохранения ненарушенной текстуры пробы в грунтовой трубке применяют либо прозрачные пластмассовые гильзы (в которых удобно изучать и хранить пробы осадков), либо разъемные вдоль длинной оси металлические вкладыши-пеналы, помещенные внутрь трубки. После подъема грунтовой трубки или пробоотборника на палубу экспедиционного судна проба попадает в условия, значительно отличающиеся от условий на дне водоема. Резко меняются температура, давление, а активность химических проце-

ссы повышается под действием кислорода воздуха. Проба начинает быстро усыхать и изменять свой цвет. Поэтому сразу после подъема на палубу пробу исследуют и подробно описывают, чтобы в дальнейшем можно было сделать определенные выводы об условиях образования этих отложений. Если проба доставлена грунтовой трубкой, то на ее поверхности надо отметить глубину погружения в грунт, а на колонке керна или на пластмассовой гильзе отметить верхний конец колонки знаком «+», нижний — знаком «—». После этого надо измерить длину колонки и мощность отдельных слоев в ней и сделать схематичную зарисовку образца. Затем приступают к описанию, придерживаясь определенной системы характеристики образца. Начинать надо с определения вида отложений, затем описать их основные особенности. Н. В. Логвиненко рекомендует в описании указывать: 1) гранулометрический состав и его изменения в пробе; 2) цвет и его изменения на воздухе (определяются спектрофотометром или с помощью таблицы эталонных цветов); 3) характер распределения окраски (пятнистая, полосчатая и т. д.); 4) структуру (характеристика размеров и формы минеральных зерен); 5) степень однородности; 6) текстуру верхней поверхности (знаки ряби, следы ползания организмов и т. д.); 7) внутрислоевые текстуры (типы слоистости, характер их выражения, местоположение в слое и чередование, отчетливость и выдержанность, а также причины их вызывающие); 8) характер границ между различными слоями; 9) физические свойства (степень уплотненности, вязкость и т. д.); 10) неорганические включения (наличие конкреций, их состав, размер, форма и характер распределения); 11) органические остатки (необходимо описать состав, сохранность и условия захоронения органических включений); 12) вторичные изменения (окремнение, ожелезнение, доломитизация и т. д.); 13) отметить остальные особенности пробы (запах сероводорода и др.).

После описания пробу следует сохранить для дальнейших исследований в лаборатории после возвращения экспедиции. В зависимости от намечаемых лабораторных исследований проба либо высушивается, либо сохраняется во влажном неизменном виде. В последнем случае пробу помещают в стеклянную банку так, чтобы банка была заполнена до краев, закрывают крышкой и заливают парафином. В этом случае в банке через некоторое время устанавливается биохимическое равновесие, и в течение длительного времени проба сохраняется в неизменном виде и может использоваться для анализов на определение в ней малоустойчивых соединений (таких, как водное сернистое железо, хлорофилл, гидраты и т. д.).

При отборе крупнообломочного материала драгой или дночерпателем можно дать сравнительную оценку количества приносимого материала. Для этого надо установить одинаковую продолжительность каждого отбора пробы и принять определенную количественную систему оценки приносимого материала (например:

1 — единичные; 2 — редкие; 3 — средние; 4 — многочисленные; 5 — обильные). Как правило, нет необходимости сохранять весь поднятый крупнообломочный материал. Для дальнейшего изучения следует отобрать наибольшее количество образцов разнообразных пород. Поэтому применяют метод эталонной коллекции, т. е. каждый образец раскалывают и но свежему сколу сравнивают с образцами эталонной коллекции (в которую включают все петрографические разности пород из поднятого крупнообломочного материала). Если в коллекции уже имеется образец данной породы, то в журнале регистрируется название этой породы, отмечается, где она была найдена, а образец выбрасывается. Если образца такой породы в коллекции нет, то предварительно определяется ее название, например красный песчаник № 2, и образец оставляется в коллекции. Если при детальном изучении образца в шлифах под микроскопом этот песчаник окажется гранитом, то такая ошибка не повлияет на результаты работ экспедиции, так как определение остальных образцов основывалось на непосредственном сравнении двух образцов. При характеристике крупнообломочного материала важно обращать внимание на форму образцов, характер их окатанности, на различные изменения их поверхности, обрастание различными организмами и т. д.

Каждая проба морских осадков должна сопровождаться этикеткой, в которой отражены следующие сведения:

- 1) наименование организации, экспедиционного судна, отряда или лаборатории;
- 2) номер пробы;
- 3) место взятия пробы (станция);
- 4) глубина отбора пробы;
- 5) метод отбора;
- 6) наименование по полевому определению;
- 7) дата отбора;
- 8) фамилия и подпись лица, проводившего описание пробы.

## **Гранулометрический состав морских терригенных\* отложений и методы его определения**

### **Общие положения**

Разнообразный терригенный материал (глина, пыль, песок), поступающий в моря и океаны, волнением и течениями переносится на значительное расстояние. При переносе этот материал сортируется по крупности и удельной массе обломочных частиц. Таким образом, размеры и масса частиц определяют скорость их

---

\* «Терригенный» происходит от латинского слова «терра», что значит Земля. Терригенные отложения состоят из обломков частиц различных размеров, образовавшихся при разрушении горных пород.

осаждения в воде. Кроме того, скорость их осаждения на дно зависит от гидродинамического режима водоема. Каждому постоянному гидродинамическому режиму соответствует определенная крупность обломочных частиц осадков. Осаждающийся на дно обломочный материал состоит из групп частиц, различающихся диаметром поперечного сечения. Эти группы называются **фракциями**. Физические свойства осадков зависят от соотношения различных фракций, их слагающих. В табл. 1 дана одна из широко известных классификаций морских осадков.

Гранулометрический состав позволяет выявить различные факторы, влияющие на образование отложений, а также установить зависимость между их механическим составом и различными физико-химическими процессами на дне водоема.

Гранулометрический анализ морских осадков разделяют на агрегатный и элементарный. При **агрегатном анализе** содержимое пробы сортируют на фракции в зависимости от размера агрегатов, находящихся в пробе и состоящих из нескольких соединенных зерен. В этом случае природная структура пробы не разрушается. В естественных условиях агрегаты частиц образуются в результате либо коагуляции частиц, либо их скрепления органическим веществом.

**Элементарный (механический) анализ** применяется тогда, когда необходимо определить количество и распределение исходных составных частей агрегатов (например, при детальном физико-хи-

Таблица 1

Классификация терригенных морских осадков по гранулометрическому составу (по Н. Л. Безрукову, А. П. Лисицыну, 1960 г.)

Группа осадков	Фракция	Размеры преобладающих частиц, мм	Медианный диаметр $M_d$ , мм	
Грубообломочные осадки (псефиты)	Глыбы	> 1000		
	Валуны крупные	средние	1000—500	
		средние	500—250	
		мелкие	250—100	
	Галечники крупные	средние	100—50	
		средние	50—25	
		мелкие	25—10	
Гравий крупный	средний	10—5		
	средний	5—2,5		
	мелкий	2,5—1,0		
Песочные осадки (псаммиты)	Песок крупный	1,0—0,5	1,0—0,5	
	средний	0,5—0,25	0,5—0,25	
	мелкий	0,25—0,1	0,25—0,1	
Алевритовые осадки (аледриты)	Ил крупноаледритовый	0,1—0,05	0,1—0,05	
	мелкоаледритовый	0,05—0,01	0,05—0,01	
Глинистые осадки (пелиты)	Ил аледрито-глинистый глинистый	< 0,01 менее 70 %	0,01—0,007	
		< 0,01 более 70 %	0,007	

мическом анализе). В этом случае пробу следует подготовить к анализу, т. е. промыть, подвергнуть кипячению в присутствии стабилизаторов и пептизаторов суспензии (25 %-ный раствор аммиака), растереть осторожно в воде, а при наличии органики — обработать перекисью водорода (3—6 %-ный раствор). Но даже указанные меры не гарантируют полного разрушения всех агрегатов частиц. В пробе все же сохраняются мелкие и относительно прочные агрегаты частиц. Поэтому правильнее называть этот анализ микроагрегатным. Полное разрушение агрегатов частиц достигается только при обработке пробы ультразвуком при дисперсионном анализе.

Изучение элементарного гранулометрического состава производится механическим анализом, позволяющим разделить морские осадки на гранулометрические фракции. Под гранулометрическим составом осадков понимают массовые доли частиц разных фракций, взятых по отношению к общей массе абсолютно сухого вещества. Содержание фракций в пробе выражают в процентах по массе. При выделении фракций пользуются размерами, указанными в табл. 1. Сущность гранулометрического анализа состоит в разделении пробы морских осадков на составные части по размеру частиц (фракций), начиная от самых крупных.

Методы рассматриваемого анализа делятся на прямые и косвенные. Прямые методы позволяют непосредственно выделять в пробе необходимые фракции, взвешивать их и определять их содержание в процентах. Косвенными методами определяются физические свойства содержащихся в пробе отложений. По их изменению можно судить о содержании в ней тех или иных фракций, не выделяя их из пробы. К прямым относятся ситовой и пипеточный методы, рассмотренные в данном руководстве, а к косвенным — визуальный и ареометрический. Прямой метод анализа песчаноглинистых отложений распадается на два самостоятельных метода:

- 1) определение содержания (в %) фракций частиц с размерами более 0,1 мм (т. е. псефитов и псаммитов). Производится механическим просеиванием через стандартный набор сит (ситовой метод);
- 2) определение фракций размером менее 0,1 мм (т. е. алевритов и пелитов). Производится путем измерения времени их осаждения в воде (водный, или пипеточный, метод).

Ситовой анализ производится путем рассеивания высушенной пробы в стандартной колонне сит с наименьшими отверстиями 0,1 мм. Пипеточный, или водный, метод предназначен для той части пробы, которая выпала в поддон, установленный под ситом с размером отверстий 0,1 мм.

Ниже описаны лабораторные работы по определению гранулометрического состава осадков прямыми и косвенными методами.

## Лабораторная работа № 1

### Визуальный и ситовой методы анализа

**Цель работы** — освоение студентами практических навыков определения приблизительного состава морских осадков визуальным методом (косвенный метод) и определение состава грубообломочных и песчаных осадков ситовым методом (прямой метод).

#### Визуальный метод анализа

Этот метод применяется для предварительного суждения о гранулометрическом составе морских песчано-глинистых отложений. Он может использоваться при массовых первичных определениях проб во время морских экспедиционных работ. С помощью табл. 2 можно определить следующие виды отложений: глинистый ил, ил, песчанистый ил, песок, гравий.

**Порядок работы.** Пользуясь данными, приведенными в табл. 2, определить физические свойства отложений, в соответствии с которыми присвоить им то или иное название. Влажный осадок определяют по графам 2, 3, 4. Сухой осадок можно сначала определить по графам 5, 6, 7, а потом смочить его водой и уточнить определение по графам 2, 3 и 4. Полученных в результате этого анализа данных вполне достаточно для предварительного суждения об отложении.

**Отчетность.** Студенты представляют описание трех — пяти проб морских осадков с определением их свойств в сухом и влажном состоянии. Заканчивается описание отнесением отложений в пробе к определенному по табл. 2 типу.

#### Ситовой метод анализа

Для определения гранулометрического состава грубообломочных и песчаных отложений широко применяется ситовой метод. Для этого необходимо иметь стандартный набор сит с калиброванными отверстиями диаметром 10; 7; 5; 3; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм, которые собираются в колонну с последовательным уменьшением диаметра отверстий сверху вниз. На верхнее сито надевают крышку *а* (рис. 1), а под нижнее ставят поддон *б*.

Для производства работ необходимо иметь совок, лист бумаги, фарфоровую ступку, пестик с резиновым наконечником, пластмассовый стакан для анализируемой пробы, технические весы с разновесами и стандартный набор сит.

**Порядок работы.** 1. Высушенную пробу рассыпают на листе бумаги и тщательно перемешивают, затем выравнивают совком и разделяют на четыре равные части двумя взаимно перпендикулярными линиями. Две четверти оставляют в качестве сокращенной пробы. Такое квартование производят до тех пор, пока масса оставшегося вещества, необходимая для анализа, не будет равна

Таблица 2  
Признаки для определения granulометрического вида отложений (по М. М. Филатову, с изменениями)

1	2	3	4	5	6	7
Фракция	Влажное состояние отложений	Отношение к скатыванию	Дополнительные признаки во влажном состоянии	Сухое состояние отложений	Вид растертого сухого отложения при наблюдении в лупу и невооруженным глазом	Ощущение при растирании сухого отложения пальцами на ладони-руки
Глинистый ил (глина)	Пластичное, липкое и мажущее	Скатывается в прочный, длинный шнур диаметром менее 1 мм; при сгибании не образуются трещины	При разрезании ножом дает гладкую поверхность, на которой не видно песчинок	При высыхании образует твердые комья, с трудом раздавливаемые ногтем	Однородная тонкопоршковая масса, не содержащая песчаных частиц	Трудно растирается в порошок
Ил (суглинок)	Пластичное	Скатывается в толстый шнур; при сгибании образуются трещины	При разрезании ножом чувствуется присутствие песчинок	Сухие комочки легко разваливаются при надавливании рукой	Среди преобладающих пылевато-глинистых частиц видны песчаные частицы	Не дает ощущения однородного порошка
Песчаный ил (супесь)	Слабо пластичное	Не скатывается в шнур, а только в шарик; на его поверхности образуются трещины, он легко осыпается	При разрезании ножом дает шероховатую поверхность	Сухие комочки очень легко рассыпаются при растирании	Преобладают песчаные частицы, более мелкие являются примесью	Представляет неоднородный порошок, в котором ясно ощущается присутствие песка
Песок	Непластичное, при значительном увлажнении обладает небольшой связностью; при переумажнении, переходит в текучее состояние	Не скатывается ни в шнур, ни в шарик	—	Сыпучее	Состоят почти целиком из зерен песка	Ощущение песчаной массы
Гравий	—	—	—	Сыпучее	Преобладают крупные частицы размером более 1,0 мм; если их содержание превышает 50 %, называется гравий	—



Рис. 1. Набор сит для гранулометрического анализа.

200—500 г (для песчаных отложений и проб, содержащих до 10 % гравия и гальки). Полученная квартованием проба для анализа является представительной, т. е. характеризует среднее содержание (в %) фракций во всей доставленной на анализ массе отложений, взятых на одной станции.

2. При наличии слипшихся комочков их осторожно растирают в фарфоровой ступке пестиком с резиновым наконечником.

3. Взвешивают пустой пластмассовый стакан на технических весах с точностью до 0,01 г. Затем высыпая пробу (навеску) в этот стакан и опять взвешивают на технических весах с той же точностью. Результаты записывают в табл. 3.

4. Взвешенную пробу осторожно высыпая на верхнее сито (в предварительно проверенную колонну сит), закрывают крышечкой и осторожно просеивают в течение 15—20 мин.

5. Собрать фракции, оставшиеся на ситах и в поддоне, взвесить каждую в отдельности в пластмассовом стакане с точностью до

0,01 г. Вычислить чистую массу каждой фракции и записать в табл. 3.

6. Вычислить содержание каждой фракции по формуле

$$X = \frac{A}{B} \cdot 100,$$

где  $X$  — содержание фракции в осадке, %;  $A$  — масса фракции, г;  $B$  — масса навески, г. Полученные результаты занести в таблицу.

7. Определить ошибку анализа  $\Delta$ . Для этого необходимо сравнить массу навески с суммарной массой гранулометрических фракций по формуле

$$\Delta = \frac{B - \sum F}{B} \cdot 100,$$

где  $\Delta$  — ошибка анализа, %;  $B$  — масса навески, г;  $\sum F$  — суммарная масса фракций, г.

Если ошибка анализа превышает 1%, то анализ надо повторить.

**Отчетность.** Студенты представляют результаты анализа гранулометрического состава отложений в виде таблиц и различных

Лабораторный номер	Дата	Масса навески, г	Показатели	Фракции, мм									
				> 10	10—7	7—5	5—3	3—1	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,1	≤ 0,1	
			Масса стакана (тары) с фракцией, г Масса стакана, г Масса фракции, г Содержание фракции, % Суммарное содержание фракции, %										

графиков (в виде кривой распределения и кумулятивной кривой).  
Ход визуального анализа и полученные результаты описываются студентами на отдельном листе бумаги. Преподаватель проверяет определения студентов и учитывает выполнение лабораторной работы.

## Лабораторная работа № 2

### Водный, или пипеточный, анализ

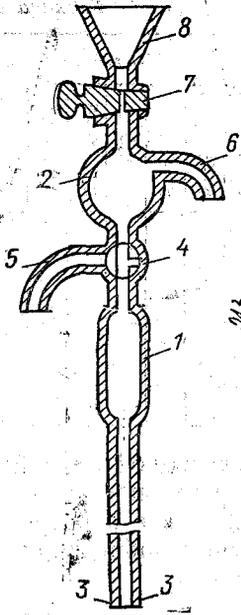
**Цель работы** — овладение практическими навыками проведения анализов морских алевро-пелитовых осадков водным (пипеточным) методом.

Водный анализ применяется как в комбинации с ситовым, так и самостоятельно для определения гранулометрического состава алевроитовых и пелитовых отложений. Метод основан на различной скорости осаждения в воде частиц разного диаметра. При условии одинаковой плотности вещества скорость осаждения частиц в воде зависит от их размеров. Содержание различных фракций определяется путем взятия проб пипеткой из приготовленной суспензии с определенной глубины через различные промежутки времени.

**Необходимое оборудование и материалы:** журнал, технические весы с разновесами, аналитические весы, дистиллированная вода и раствор 25 %-ного аммиака, колба лабораторная плоскодонная конической формы емкостью не менее 250 см<sup>3</sup>, алюминиевые бюксы, стеклянный цилиндр объемом 1200—1300 см<sup>3</sup>, высотой 40—45 см, диаметром 6 см, пипетка на 25 см<sup>3</sup> (или пипетка Захарьева), электроплитка с песчаной или водяной баней, резиновая груша для промывки колбы (промывалка), мешалка, секундомер, эксикатор, термометр с точностью деления 0,5 °С, ступка с пестиком.

Для взятия проб суспензии лучше всего использовать пипетку конструкции М. И. Захарьева (рис. 2). Она состоит из двух угол-

Рис. 2. Пипетка конструкции М. И. Захарьева.



щений: цилиндрического 1 и шарообразного 2, нижний конец трубки запаян, а жидкость поступает в нее через боковые отверстия 3. Выше цилиндрического утолщения 1 на расстоянии 5 см расположен трехходовой стеклянный кран 4 и отводящая трубка 5; от шарового утолщения 2 отходит еще одна отводящая трубка 6, которая через шланг соединяется с резиновой грушей. Выше шарового утолщения расположен стеклянный кран 7, а над ним находится воронка 8 (для промывания пипетки). Для взятия пробы нижний конец пипетки погружают в суспензию на определенную глубину, кран 7 перекрывают, а трехходовой кран 4 ставят в положение I (рис. 3). Затем резиновую грушу сжимают, а кран 4 ставят в положение II.

После этого суспензия всасывается в пипетку до тех пор, пока не займет положение выше крана 4. Затем трехходовой кран поворачивают в положение I, лишнюю суспензию сливают, а пипетку вынимают из суспензии. В заранее взвешенный бюкс выливают оставшуюся в пипетке суспензию, для чего устанавливают кран 4 в положение III. После этого открывают кран 7, устанавливают трехходовой кран в положение II и промывают пипетку, а промывочную жидкость собирают в тот же бюкс и ставят его в термостат на высушивание.

Выбор способа подготовки пробы к гранулометрическому анализу определяется целевым назначением этого анализа. Например, для характеристики динамики среды переноса отложений производят агрегатный анализ, а для определения гранулометрического состава осадочного материала — элементарный анализ.

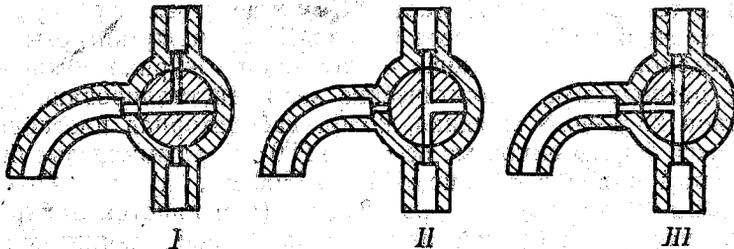


Рис. 3. Рабочие положения крана 4 пипетки Захарьева (см. рис. 2).

I — положение крана при подготовке пробы для взятия суспензии; II — положение крана при всасывании суспензии; III — положение крана при сливании суспензии.

Для элементарного анализа можно использовать воздушно-сухие пробы, для которых рекомендуется следующая подготовка.

1. Высушенная проба массой 50 — 100 г помещается в фарфоровую ступку и растирается пестиком до разрушения структурных агрегатов.

2. После этого проба просеивается через сито с отверстиями 0,1 мм. Оставшаяся на сите часть пробы взвешивается на технических весах с точностью до 0,01 г и определяется содержанием в пробе фракций размером более 0,1 мм. В случае значительного содержания этих фракций делается ситовой анализ.

3. Из прошедшего сквозь сито с отверстиями 0,1 мм мелкозем берется навеска массой 20 — 30 г. Одновременно берут вторую навеску массой 5 — 10 г для определения гигроскопической влажности.

4. Навеска для определения гигроскопической влажности помещается во взвешенный бюкс и взвешивается на аналитических весах. После этого ее помещают в сушильный шкаф, где высушивают до постоянной массы. Влажность вычисляют по формуле

$$W = \frac{g_2 - g_3}{g_3 - g_1}$$

где  $W$  — влажность навески;  $g_1$  — масса пустого бюкса;  $g_2$  — масса бюкса с влажной пробой;  $g_3$  — масса бюкса с высушенной пробой. Влажность вычисляется с точностью до 0,1 %.

5. Анализируемую навеску помещают в коническую колбу и заливают примерно 200 г дистиллированной воды, добавляют 1 см<sup>3</sup> раствора аммиака и кипятят в течение 1 ч на песчаной или водяной бане.

6. Если ситовой анализ не проводился, то остывшую суспензию переносят на предварительно смоченное сито, поставленное в большую фарфоровую чашку. Наливают в чашку такое количество воды, чтобы ее уровень был выше дна сита. После этого осторожно растирают пальцем осадок. Приподнимая и опуская сито, промывают осадок до тех пор, пока из сита не будет вытекать только чистая вода, а в осадке на сите останутся песчаные фракции.

Оставшиеся на сите песчаные фракции высушивают и просеивают через колонну сит. Каждую выделенную фракцию взвешивают на технических весах и вычисляют ее содержание (как при ситовом методе).

7. Промытую через сито суспензию сливают в стеклянный цилиндр и доливают водой до литровой отметки (на стенке цилиндра).

8. Прежде чем продолжить анализ, необходимо сделать пересчет навески, взятой на пипеточный анализ, на массу абсолютно сухого вещества по формуле

$$b = \frac{B \cdot 100}{100 + W}$$

где  $b$  — масса навески в абсолютно сухом состоянии, г;  $B$  — масса навески во влажном или воздушно-сухом состоянии, г;  $W$  — влажность навески, %.

9. Следующей операцией будет измерение температуры суспензии в цилиндре и взмучивание ее мешалкой до полного исчезновения осадка на дне цилиндра. После этого суспензию оставляют в покое на время, указанное в табл. 4.

10. После истечения указанного времени отстаивания из цилиндра осторожно (не взбалтывая суспензии) берут первую пробу. Для чего нижний конец пипетки опускают в цилиндр на глубину 10 см и набирают в нее пробу (25 см<sup>3</sup> — объем пипетки). За это время частицы крупнее 0,05 мм успевают осесть ниже указанной глубины и в столбе суспензии до 10 см остаются только частицы диаметром менее 0,05 мм.

11. В предварительно взвешенный бюкс сливают суспензию из пипетки, последнюю промывают, сливая промывку в тот же бюкс. Затем воду выпаривают и осадок высушивают до постоянной массы. Охладив пробу в эксикаторе, ее взвешивают с точностью до 0,1 мг (= 0,0001 г). Взвешивание при пипеточном анализе производится на аналитических весах.

12. Вычисление содержания взятой фракции производят по формулам

$$A = aV/V_1; \quad X = Ac/b \text{ или } X = aVc/bV_1,$$

где  $A$  — масса частиц диаметром менее 0,05 мм, содержащихся в суспензии в цилиндре, г;  $a$  — масса частиц диаметром менее 0,05 мм, содержащихся в суспензии в пипетке (масса высушенной пробы), г;  $V$  — объем суспензии в цилиндре, см<sup>3</sup>;  $V_1$  — объем суспензии в пипетке, см<sup>3</sup>;  $X$  — содержание в пробе частиц диаметром менее 0,05 мм, %;  $c$  — суммарное содержание фракций, взятых на анализ (если не было отдельно ситового анализа), всегда равно

Таблица 4

Время отстаивания суспензии (по В. Д. Ломтадзе, 1972 г.)

Проба (фракции)	Температура, °С				
	10	12	15	17	20
Первая (<0,05 мм)	58 с	55 с	51 с	48 с	45 с
Вторая (<0,01 мм)	24 мин 18 с	22 мин 59 с	22 мин 14 с	20 мин 9 с	18 мин 44 с
Третья (<0,002 мм)	5 ч 3 мин	4 ч 47 мин	4 ч 25 мин	4 ч 12 мин	3 ч 54 мин
Четвертая (<0,001 мм)	20 ч 15 мин	19 ч 9 мин	17 ч 42 мин	16 ч 48 мин	15 ч 36 мин

100 % (см. п. 6);  $b$ —масса навески, взятой для пипеточного анализа, пересчитанная на абсолютно сухую массу, г.

13. После этого суспензию в цилиндре доливают водой до литровой отметки, измеряют ее температуру, вновь взмучивают до исчезновения осадка на дне и оставляют в покое на время, указанное в табл. 4.

14. По истечении указанного времени из цилиндра берут вторую пробу (также с глубины 10 см). Эта проба будет содержать только частицы диаметром менее 0,01 мм. Суспензию из пипетки сливают в предварительно взвешенный бюкс, выпаривают, высушивают, охлаждают в эксикаторе, а затем взвешивают и вычисляют содержание фракций по формулам, указанным в п. 12.

15. Аналогичным образом отбирают третью (содержание фракций диаметром менее 0,002 мм) и четвертую (фракции диаметром менее 0,001 мм) пробы. Отбор этих проб производится с глубины 5 см. Время отстаивания суспензии после взмучивания указано в табл. 4.

После взятия каждой пробы суспензию доливают до 1 л, измеряют ее температуру и взмучивают до исчезновения осадка.

16. После определения суммарного содержания в пробе фракций диаметром менее 0,05, 0,01, 0,002 и 0,001 мм содержание в пробе каждой фракции вычисляют следующим образом:

а) содержание фракции диаметром 0,05 — 0,01 мм вычисляют по разности первой и второй проб (т.е. по разности между содержанием фракций диаметром менее 0,05 и 0,01 мм);

б) содержание фракции диаметром 0,01 — 0,002 мм вычисляют по разности второй и третьей проб (т.е. по разности между содержанием фракций диаметром менее 0,01 и 0,002 мм);

в) содержание фракции диаметром 0,002 — 0,001 мм вычисляют по разности третьей и четвертой проб (т.е. по разности между содержанием фракций диаметром менее 0,002 и 0,001 мм);

г) содержание фракции диаметром менее 0,001 мм соответствует содержанию четвертой пробы;

д) содержание фракции диаметром 0,1 — 0,05 мм вычисляют по разности между 100 % и суммарным содержанием всех фракций, определенных пипеточным методом;

е) содержание фракции диаметром более 0,1 мм равно тому, что осталось на сите с отверстиями 0,1 мм.

17. Все данные анализа записываются в табл. 5.

**Отчетность.** Студенты дают описание хода анализа и представляют его результаты в виде таблиц и графиков. Образцы графиков кривых распределения и кумулятивных кривых даны на рис. 9.

## Определение гранулометрического состава морских осадков водным анализом

Дата	Масса навески, г	Гигроскопическая влажность, %	Масса абсолютно сухой навески, г	Номер цилиндра	Объем цилиндра, см <sup>3</sup>	Объем пипетки, см <sup>3</sup>	Показатели	Фракции, мм											
								Данные анализа				Данные расчета							
								>0,1	<0,05	<0,01	<0,002	0,001	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01—0,002	0,002—0,001	<0,001		
							Номер и масса сухого бюкса Масса бюкса с высушенной пробой осадка Масса фрак- ции, содержа- щейся в пи- петке (а) Масса фрак- ции, содержа- щейся в ци- линдре (А) Содержание каждой фрак- ции, % Суммарное содержание фракций, %												

## Лабораторная работа № 3

## Ареометрический метод анализа

**Цель работы** — освоение студентами практических навыков определения гранулометрического состава алевро-пелитовых отложений ареометрическим косвенным методом.

Ареометрический метод основан на определении изменения плотности суспензии в процессе отстаивания и выпадения в осадок твердых частиц суспензии. В этом случае плотность суспензии будет уменьшаться, и опущенный в нее ареометр будет погружаться, фиксируя уменьшение плотности. Как и водным (пипеточным) методом, ареометрическим методом обычно определяется содержание в суспензии фракций диаметром менее 0,1 мм. Поскольку водный метод является прямым, а ареометрический — косвенным, эти методы можно использовать для контроля друг

Рис. 4. Ареометр для измерения плотности суспензии.

I — луковица, II — стержень.

друга, проводя параллельные определения гранулометрического состава одной пробы.

**Необходимое оборудование и материалы:** стеклянный ареометр, рассчитанный для определения плотности жидкости от 0,995 до 1,030 (рис. 4); технические весы с разновесами; алюминиевые бюксы, предварительно взвешенные; цилиндр стеклянный высотой 40—45 см и диаметром 6—7 см; термометр с точностью делений не менее 0,5 °С; колба коническая объемом не менее 250 см<sup>3</sup>; сито с диаметром отверстий 0,1 мм; аналитические весы; эксикатор; секундомер; ступка с пестиком; чашка фарфоровая диаметром 15—20 см; электроплитка с песчаной или водяной баней; резиновая груша (промывалка); 25 %-ный раствор аммиака; сушильный шкаф; мешалка; номограмма для вычисления диаметра частиц; журнал для записи результатов (см. табл. 7).

Для замера плотности суспензий ареометр градуирован. Цена деления на стержне 0,001. При взятии отсчета единицу отбрасывают, а запятую переносят на три знака вправо. Например, вместо 1,0140 записывают 14,0.

Поскольку на заводах ареометры градуируют по нижнему краю мениска, а в непрозрачной суспензии приходится брать отсчет по верхнему, вводится поправка на высоту мениска (рис. 5). Эту поправку определяют для каждого ареометра перед началом работ. Определение поправки производят погружением ареометра в дистиллированную воду при температуре 20 °С. Поправку приводят в соответствие с отсчетами по ареометру, умножая на 1000. Таким образом, поправка на высоту мениска для случая на рис. 5 равна 0,4. Вторая поправка вводится на отклонение от температуры градуировки ареометра, т. е. от 20 °С. Указанную поправку определяют либо по номограмме (рис. 6), либо по шкале температурных поправок (табл. 6).

**Порядок работы.** 1. Доставленные в лабораторию пробы просеивают через сито с диаметром отверстий 0,1 мм и определяют

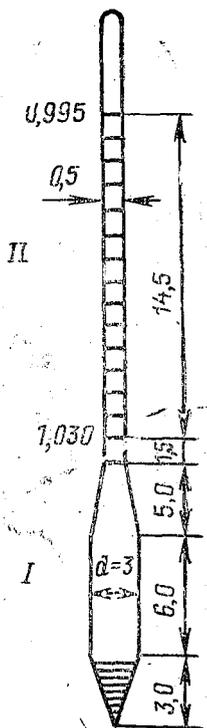


Рис. 5. Установление поправки на высоту мениска.

1 — стержень ареометра, 2 — высота мениска.



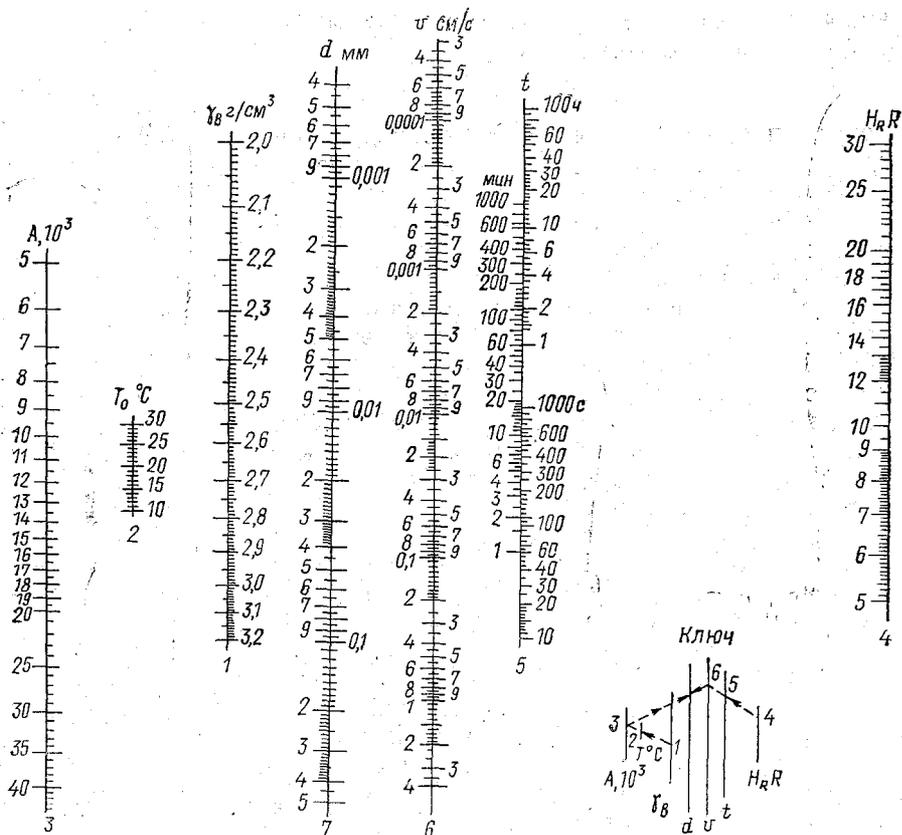


Рис. 6. Номограмма для вычисления диаметра частиц при ареометрическом методе анализа отложений.

содержание (в %) в них песчаной фракции. Для продолжения анализа берутся фракции размером менее 0,1 мм.

2. Из части пробы, предназначенной для приготовления суспензии, во взвешенный бюкс берут навеску массой примерно 10—20 г, взвешивают ее на аналитических весах и ставят в сушильный шкаф. Определение гигроскопической влажности пробы и пересчет на массу абсолютно сухого вещества производятся так же, как при водном (пипеточном) методе анализа.

3. Затем приготавливают суспензию из навески массой 20—30 г в соответствии с указаниями п. 5—7 лабораторной работы № 2.

4. Производят взбалтывание суспензии в цилиндре мешалкой до полного исчезновения осадка на его дне.

5. Осторожно (не касаясь стенок цилиндра) в суспензию опускают ареометр и после этого засекают время начала анализа. Отсчеты берут через 30 с, 1 мин, 2 мин, 5 мин, 30 мин, 1 ч, 1 ч 30 мин,

Температурные поправки к ареометру

Температура суспензии, °С	Поправка к отсчету по ареометру	Температура суспензии, °С	Поправка к отсчету по ареометру	Температура суспензии, °С	Поправка к отсчету по ареометру	Температура суспензии, °С	Поправка к отсчету по ареометру
10,0	-1,2	15,5	-0,7	20,5	+0,1	25,5	+1,1
11,0	-1,2	16,0	-0,6	21,0	+0,2	26,0	+1,3
11,5	-1,1	16,5	-0,6	21,5	+0,3	26,5	+1,4
12,0	-1,1	17,0	-0,5	22,0	+0,4	27,0	+1,5
12,5	-1,0	17,5	-0,4	22,5	+0,5	27,5	+1,6
13,0	-1,0	18,0	-0,3	23,0	+0,6	28,0	+1,8
13,5	-0,9	18,5	-0,3	23,5	+0,7	28,5	+3,9
14,0	-0,9	19,0	-0,2	24,0	+0,8	29,0	+2,1
14,5	-0,8	19,5	-0,1	24,5	+0,9	29,5	+2,2
15,0	-0,8	20,0	0,0	25,0	+1,0	30,0	+2,3

Примечание. Пример введения поправок. Отсчет по ареометру 14,0 (1,0140). Поправка на высоту мениска составит 0,4; поправка на температуру суспензии, равную 18°C, будет -0,3. С учетом поправок отсчет будет равен:  $14,0 + 0,4 + (-0,3) = 14,1$ .

3 ч, 6 ч, 24 ч. Первые три отсчета производят, не вынимая ареометра из суспензии. При снятии последующих отсчетов ареометр каждый раз вынимают из суспензии, обмывают его и вытирают насухо. При четвертом и последующих замерах ареометр опускают в суспензию за 5—10 с до начала измерения.

6. Замеры температуры суспензии производят один раз в течение первых пяти отсчетов, а в дальнейшем при каждом изменении.

7. Результаты первичных измерений заносят в табл. 7 в виде упрощенных отсчетов  $R_0$ .

8. Вводят поправки на высоту мениска и температуру и получают окончательный отсчет по ареометру  $R$ . Диаметр частиц вычисляют по номограмме (см. рис. 6), которая должна быть приготовлена для каждого ареометра отдельно.

9. Ключ к пользованию номограммой показан на рис. 6. В основу построения номограммы положен закон Стокса относительно скорости осаждения твердых частиц в жидкости (см/с):

$$v = \frac{2}{9} gr^2 \frac{\gamma_b - \gamma_{ж}}{\eta}$$

Согласно этой формуле, диаметр частиц  $d$  (мм), осаждающихся с определенной скоростью  $v$ , будет равен  $d = \sqrt{Av}$ , где  $A = \frac{\gamma \cdot 1800}{g(\gamma_b - \gamma_{ж})}$ ;  $v = H/t$ ;  $H$  — путь частиц, см;  $t$  — время падения, с. Входящие в формулы величины показаны на специальных шкалах номограммы:

- 1 — удельная масса вещества  $\gamma_b$ ;  
 2 — температура суспензии  $T_0$ , при которой производят замеры плотности;  
 3 — множитель  $A$  в подкоренном выражении для определения диаметра частиц, умноженный на 1000;  
 7 — диаметр частиц  $d$ ;  
 6 — скорость падения частиц  $v$  в жидкости;  
 5 — время отсчета по ареометру  $t$ , прошедшее от начала анализа;  
 4 — окончательное выражение отсчета по данному ареометру при всех возможных погружениях его, т. е. шкала данного ареометра  $R$ .

Все шкалы, кроме четвертой, будут постоянными для любого ареометра. Только шкала 4 является индивидуальной для каждого ареометра. Правую сторону шкалы 4 ( $R$ ) наносят в лаборатории при тарировке ареометра. Значения  $H_R$  на левой стороне шкалы 4 при выполнении определений не учитываются. Они необходимы только при тарировке ареометра.

10. Для вычисления диаметра частиц по рис. 6 необходимо приложить линейку к шкале 1 в точке, соответствующей удельной массе породы, и к шкале 2 в точке, соответствующей температуре суспензии при замере. Только на пересечении этой линии со шкалой 3 получаем значение  $A \cdot 1000$ . Затем прикладываем линейку к шкале 4 в точке, соответствующей окончательному отсчету по ареометру (правая сторона шкалы 4), и к шкале 5, показывающей время данного замера. Тогда на пересечении со шкалой 6 находим скорость падения частиц. После соединения полученных точек на шкалах 3 и 6 находим по шкале 7 диаметр частиц, соответствующих данному замеру. Содержание частиц вычисляют по формуле

$$X = \left( \frac{\gamma}{\gamma - 1} \cdot \frac{c}{b} \right) R,$$
 где  $X$  — содержание частиц диаметром меньше определенного размера, %;  $c$  — содержание частиц диаметром более 0,1 мм, %;  $\gamma$  — удельная масса пробы;  $R$  — окончательный отсчет по ареометру;  $b$  — масса абсолютно сухой навески, взятой на анализ. Если в пробе нет фракции более 0,1 мм, то  $c = 100\%$ .

**Пример.** На долю фракции диаметром более 0,1 мм в пробе приходится 25%, а менее 0,1 мм — 75%. Масса навески равна 30 г, удельная масса — 2,65. Окончательный отсчет по ареометру 2,4. После подстановки численных значений в формулу получим

$$X = \left( \frac{2,65}{2,65 - 1} \cdot \frac{75}{30} \right) \cdot 2,4 = 6,24 \%$$

11. По приведенной выше формуле вычисляется суммарное содержание фракций меньше определенного диаметра. Порядок вычисления содержания отдельных фракций приведен в табл. 7.

12. Полученные данные необходимо нанести на график и построить кумулятивную кривую, с помощью которой можно по-

Таблица 7

Лабораторный номер	Дата	Масса навески В, г	Влажность навески W, %	Масса абсолютно сухой навески b, г	Удельная масса пробы $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Время замера	Временной интервал от начала анализа T	Упрощенный отсчет		
								по ареометру R <sub>0</sub>	с поправкой на менiskus R <sub>0</sub> + c	
43	8.02.1982	42	5	40	2,7	9 ч 05 мин 30 с	30 с	23,5	23,8	
						9 ч 06 мин 00 с		1 мин	23,2	23,6
						9 ч 07 мин 00 с		2 мин	22,8	23,2
Температура суспензии t, °C	Температурная поправка ±t	Окончателный отсчет по ареометру R	Диаметр частиц d, мм (по номограмме)	Содержание по совокупности фракций меньше определенного диаметра, $X = R \left( \frac{\gamma - c}{\gamma - 1 \cdot b} \right)$	Диаметр частиц каждой фракции, мм	Содержание каждой фракции в пробе, %				
							18	-0,3	23,5	0,076
18	-0,3	23,3	0,050	91,14	0,050—0,034	0,45				
18	-0,3	22,9	0,034	90,36	0,034—0,020	2,45				

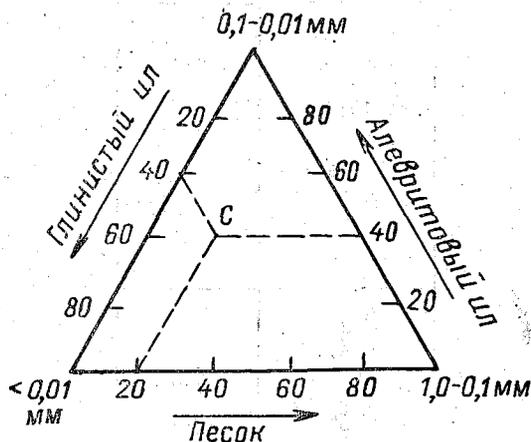
лучить данные о содержании в осадке различных гранулометрических фракций.

**Отчетность.** Студенты дают описание последовательности проведения анализа, приводят результаты измерений и вычислений в табличной и графической форме. Пример построения кумулятивной кривой дается на рис. 9.

### Графическое изображение гранулометрического состава морских отложений

Приводимые в виде таблиц результаты гранулометрического анализа не дают наглядного представления о составе морских осадков. Поэтому часто применяют графические формы изображения результатов, такие, как: треугольная и круговая диаграммы, кривые распределения и кумулятивная. Выбор той или иной формы изображения определяется задачами конкретных исследований. Треугольная диаграмма (рис. 7) используется для изображения состава отложений, представленных смесью песка ( $d > 0,1$  мм), алевритового ила ( $d = 0,1 - 0,01$  мм) и глинистого ила ( $d < 0,01$  мм). Каждой вершине треугольника соответствует 100 %-ное содержание одной группы. Результатам анализа смешанных по составу отложений соответствуют точки внутри треугольника, координатами которых являются содержания трех групп фракций, в сумме составляющие 100 %. Например, в образце, представленном на рис. 7 точкой С, содержание глинистого ила составляет 40 %, алевритового ила 40 %, песка 20 %.

На треугольной диаграмме образцы отложений, близкие по гранулометрическому составу, тяготеют к ее определенной части. Это свидетельствует о том, что они либо принадлежат к одной толще, либо образовались в сходных условиях седиментации. Недостатком треугольной диаграммы является невозможность



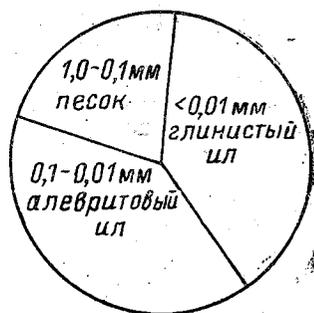
показать на ней распределение отдельных фракций внутри каждой из трех выделенных групп.

Такого недостатка лишена циклограмма, или круговая диаграмма (рис. 8). Она представляет собой круг, разделенный на секторы, площади которых пропорциональны содержанию гранулометрических фракций в образце. Каждому

Рис. 7. Треугольная диаграмма гранулометрического состава смешанных осадков.

Рис. 8. Круговая диаграмма гранулометрического состава смешанных осадков.

1% содержания соответствует угол  $3,6^\circ$ . На основании данных о содержании тех или иных фракций в образце намечают границу между секторами. Например, образец, представленный на треугольной диаграмме точкой *C*, на циклограмме занимает три сектора:  $144^\circ$  (глинистый ил),  $144^\circ$  (алевритовый ил),  $72^\circ$  (песок). Выделенные сектора для наглядности раскрашивают в разные цвета или по-разному штрихуют.



Описанные выше способы графического изображения результатов гранулометрического анализа не дают полного представления о характере распределения обломочных частиц в отложении. Более информативными и наглядными являются кривые распределения и кумулятивные.

Кривая распределения строится в прямоугольной системе координат. По оси абсцисс откладываются конечные и средние размеры фракций, а по оси ординат — содержание каждой фракции (рис. 9). Масштаб применяется как простой, так и полулогарифмический. При построении кривой распределения в полулогарифмическом масштабе на оси абсцисс откладываются логарифмы конечных размеров фракций пробы. Обычная логарифмическая шкала неудобна тем, что на ней частицы размером менее 1 мм выражаются дробными отрицательными числами. Для того чтобы этого избежать, обычно используют  $\gamma$ -шкалу Батурина. Для перевода натурального размера частиц в значения  $\gamma$ -шкалы пользуются специальной

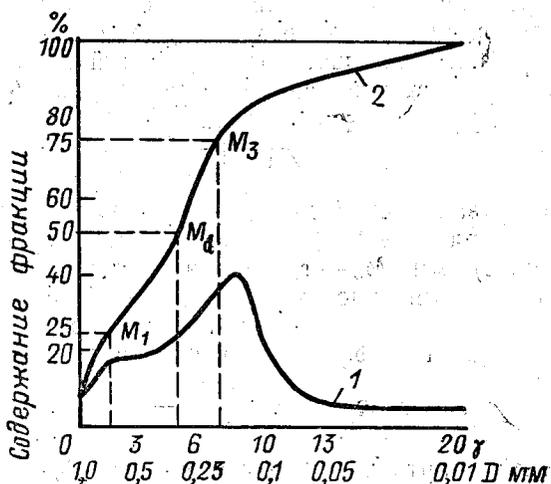


Рис. 9. Кривая распределения (1) и кумулятивная (2).

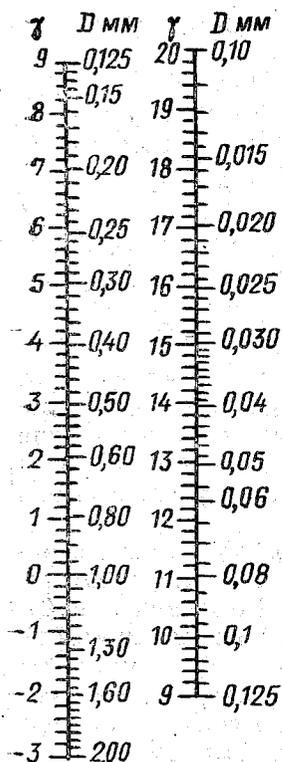


Рис. 10. Линейка для перевода линейных диаметров частиц в значения шкалы  $\gamma$ .

линейкой (рис. 10), на которой логарифмические значения возрастают с уменьшением размера частиц.

Кумулятивная кривая строится по принципу нарастания ординат. К значению первой ординаты, показывающей содержание (в %) первой (наиболее крупной или наиболее мелкой) фракции, прибавляется значение, соответствующее содержанию следующей фракции, и строится вторая ордината. Для построения каждой последующей ординаты к предыдущей прибавляется содержание следующей фракции. Последняя ордината кривой равняется 100 %. Кумулятивная кривая по существу является кривой обеспеченности диаметров частиц. Для получения менее растянутого графика при построении кумулятивной кривой пользуются полулогарифмическим масштабом или  $\gamma$ -шкалой Батурина (см. рис. 10).

Средний размер частиц, составляющих пробу, чаще всего выражают медианным диаметром  $M_d$ , который определяется по 50 %-ному содержанию частиц на кумулятивной кривой. Но один и тот же средний диаметр может получиться как у хорошо отсортированных осадков (т. е. состоящих из немногих преобладающих фракций), так и у плохо отсортированных осадков (т. е. содержащих большое число фракций). Для того чтобы численно определить степень сортированности, в характеристику пробы вводят коэффициент сортировки

$$S_0 = \sqrt{M_1/M_3},$$

где  $M_1$  — первый квартильный диаметр, соответствующий на кумулятивной кривой ординате 25 % (при уменьшении размера частиц вдоль оси абсцисс), мм;  $M_3$  — третий квартильный диаметр, соответствующий на кумулятивной кривой ординате 75 %, мм.

Кроме того, для определения меры скошенности кривой распределения вычисляется коэффициент асимметрии

$$S_k = \frac{M_1 M_3}{M_d^2},$$

где  $M_1$  — первый квартильный диаметр, мм;  $M_3$  — третий квартильный диаметр, мм;  $M_d$  — медианный диаметр.

Классификация осадков по их механическому (гранулометрическому) составу (по Н. М. Страхову, 1954 г.)

Фракция	Медианный диаметр, мм	Коэффициент сортировки		
		<2	2—3,5	>3,5
Песок	0,1	Хорошо сортирован	Средне сортирован	Плохо сортирован
Ил крупно-алевритовый мелко-алевритовый глинистый	0,1—0,05	То же	То же	То же
	0,05—0,01	"	"	"
	0,01	"	"	"

После нахождения по кумулятивной кривой медианного диаметра и вычисления коэффициента сортировки для классификации осадков по их механическому составу можно воспользоваться таблицей, предложенной Н. М. Страховым (табл. 8).

При установлении генезиса осадков, их корреляции и классификации нередко более целесообразно пользоваться кривой распределения. Одновершинная кривая распределения свидетельствует о связи отложения с каким-либо одним условием седиментации. Двухвершинные кривые говорят о смешении осадков разного происхождения (например, аллювиальных и морских на речных авандельтах). Чем уже и выше пик одновершинной кривой распределения, тем лучше сортированность частиц, слагающих отложения. Положительная асимметрия кривой (левое крыло крутое, правое — пологое) указывает, что осадки имеют континентальное происхождение. Отрицательная (левое крыло пологое, правое — крутое), что они сформировались в прибрежной части морского или озерного бассейна.

## РАЗДЕЛ 2. МОРСКИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ И РАЗРЕЗЫ

Морской геологической картой называется батиметрическая карта, на которой условными обозначениями показано распространение горных пород на дне водоема с указанием их возраста, состава и формы залегания. В настоящее время в связи с активным освоением шельфовых областей Мирового океана на них широко разворачиваются геологические работы. Поиск и разведка разных видов полезных ископаемых, эксплуатация разведанных месторождений, различные гидротехнические и защитные сооружения в береговой зоне морей и океанов предъявляют различные требования к созданию геологических карт, отличающихся по масштабу и назначению. Поэтому в настоящее время геолого-съёмочные работы ведутся в комплексе с различными геофизическими и геохимическими работами. Результатом этих исследований являются

различные геологические, геохимические и геофизические карты изученного участка морского дна. Для создания такого комплекта карт применяется целый комплекс различных научно-исследовательских работ.

Так как морские шельфы в геологическом отношении являются частью континентов, то обычно развитые на суше отложения и геологические структуры имеют непосредственное продолжение на шельфе. Поэтому геологическое изучение шельфа начинается с геологических работ на берегу, где определяют состав и возраст горных пород, формы их залегания и изменения на изучаемой территории. После окончания наземных работ намечают маршрут подводных исследований и переходят к морским работам. Чаще всего для подводных работ используют автономные дыхательные аппараты — акваланги. Преимуществом этих аппаратов перед другими являются большая свобода передвижения и высокая мобильность, позволяющая обследовать значительную площадь за сравнительно короткое время. Продолжительность пребывания аквалангиста под водой определяется количеством воздуха в баллонах. Обычно они обеспечивают пребывание человека под водой на глубине до 50—60 м в течение одного часа. Для успешной работы под водой необходимы хорошие приборы и инструменты в герметичном исполнении. Часы позволяют контролировать продолжительность нахождения под водой. Горный компас служит для ориентировки под водой и измерения элементов залегания пород, тектонических разрывов и т. д. Глубиномер — для определения глубины погружения. Нож необходим в аварийных случаях и при защите от хищных морских животных. Фонари применяют при недостаточной видимости. Поясной груз помогает уравновесить плавучесть при погружениях. Фото- и киносъемка производится аппаратами, помещенными в специальные водонепроницаемые боксы. Запись наблюдений целесообразно производить на подводный портативный магнитофон. Регистрация наблюдений путем записи на пластмассовой дощечке жировым карандашом малопродуктивна и неудобна. Для взятия образцов донных осадков применяют специальные пробоотборники. Особое внимание при подводных работах надо уделять организации хорошей устойчивой двусторонней связи.

Для берегового и подводного участков составляется единая геологическая карта.

Как континентальные, так и морские геологические карты подразделяются в зависимости от масштаба и содержания.

По масштабу геологические карты бывают обзорные (мельче 1:1 000 000), мелкомасштабные (1:1 000 000, 1:500 000), среднемасштабные (1:200 000, 1:100 000), крупномасштабные (1:50 000, 1:25 000), детальные (1:10 000 и крупнее).

По содержанию геологические карты разделяются на геолого-стратиграфические (собственно геологические), литологические, тектонические, геоморфологические, геохимические, гидрогеологи-

ческие, инженерно-геологические, геофизические, карты четвертичных отложений, карты полезных ископаемых и другие.

Геологическая карта отражает временную последовательность напластования горных пород, поэтому она позволяет не только изучать строение определенной толщи земной коры, но и получать представление об истории геологического развития этого участка земной коры.

Известно, что более 90 % поверхности литосферы покрыто горизонтально залегающими отложениями четвертичного возраста. Эти отложения, как чехлом, покрывают более древние породы как на континентах, так и на дне морей и океанов. Они не дают возможности определить последовательность образования древних пород и структурное строение рассматриваемого участка земной коры. Поэтому на общей стратиграфической геологической карте покров горизонтальных четвертичных отложений условно снимается и показываются залегающие под ними более древние породы. Так как четвертичные отложения во многих случаях содержат различные полезные ископаемые и также представляют интерес, они показываются на специальных картах четвертичных отложений. В настоящее время после геологического изучения района обычно составляется не одна геологическая карта, а несколько, т. е. комплект.

Например, в комплект геологических карт шельфа входят:

- 1) карта фактического материала геологических работ (места взятия и номера грунтовых проб, местонахождения, номера и глубины скважин; положения геолокационных профилей);
- 2) карты фактического материала геофизических работ (положение сейсмических, электроразведочных, гидромагнитных, сонарных, радиометрических и других профилей);
- 3) батиметрическая карта;
- 4) литологическая карта поверхности морского дна (т. е. карта рыхлых осадков, или грунтовая карта);
- 5) карта литофицированных четвертичных отложений (со снятым покровом рыхлых осадков);
- 6) общая стратиграфическая геологическая карта (со снятым четвертичным покровом);
- 7) сводная литолого-стратиграфическая колонка для района работ;
- 8) геоморфологическая карта (т. е. карта подводного рельефа);
- 9) карта полезных ископаемых;
- 10) геохимическая карта.

При необходимости в комплект могут входить тектонические, гидрогеологические, инженерно-геологические и другие карты. Все эти карты дополняют основную геологическую карту данными о тектонике, подземных водах, инженерных характеристиках грунтов и т. д. Комплект карт обычно сопровождается объяснительной запиской с подробным описанием геологического строения закартированного участка.

Среднемасштабные карты и карты более крупных масштабов обычно сопровождаются условными обозначениями, литолого-стратиграфической колонкой и геологическими разрезами. Все это монтируется на одном листе. Причем геологическая карта помещается в средней части листа так, чтобы верхняя кромка карты совпадала с северным направлением, а нижняя — с южным. Над северным краем размещается название карты, год составления, номенклатура и масштаб, а слева, внизу под рамкой карты указывается составитель карты. Справа от карты помещаются условные обозначения, использованные на карте, в следующем порядке: первыми сверху в стратиграфической последовательности (от молодых к древним) осадочные породы, затем вулканогенные и метаморфические, ниже интрузивные образования, а за ними другие условные обозначения (элементы залегания слоев, тектонические нарушения и т. д.).

Литолого-стратиграфическая колонка помещается слева от карты, а под нею обычно даются геологические разрезы по направлениям, наиболее полно отражающим глубинное строение рассматриваемого участка.

На геологических картах для обозначения стратиграфических подразделений применяют унифицированные буквенные индексы стратиграфических подразделений и стандартные цвета для пород разного геологического возраста (табл. 9). Установленные границы стратиграфических подразделений на геологических разрезах показываются сплошными черными линиями, а предполагаемые — штриховыми. Для обозначения разрывных тектонических нарушений применяются красные линии (сплошные для установленных нарушений, штриховые — для предполагаемых).

Особыми знаками показываются элементы залегания горных пород. Залегание горных пород может быть горизонтальным, наклонным и складчатым. При горизонтальном залегании пород и выровненном рельефе поверхности на геологической карте будет показано повсеместное распространение отложений наиболее молодого стратиграфического подразделения. При расчлененном рельефе и горизонтальном залегании пород границы между осадочными слоями будут параллельны горизонталям рельефа, а в отдельных случаях могут и совпадать с ними. Причем более древние слои занимают более низкие гипсометрические уровни на суше и большие глубины на дне акваторий.

**Геологическим разрезом** (геологическим профилем) называется графическое изображение геологического строения верхней части земной коры в вертикальном сечении. Он показывает изменение с глубиной формы залегания пород, мощности слоев, состава и возраста отложений. Геологический разрез дополняет и уточняет геологические карты. Направление разреза выбирается таким образом, чтобы на нем было представлено максимальное число пород, показанных на карте. Разрез освещает геологическое строение на глубину расчленения подводного или наземного рельефа.

Геохронологическая и стратиграфическая шкалы  
(по У. Б. Харленду, А. В. Коксу, П. Г. Плевеллину, К. А. Г. Пиктону,  
А. Г. Смиту, Р. Уолтерсу, 1985 г.)

Группа (индекс группы)	Система (индекс системы)	Отдел (индекс отдела)	Цветовые обозначения систем	Продолжитель- ность, млн. лет	
				эпохи	периода
Кайно- зойская (KZ)	Четвертич- ная (Q)	Голоцен (Q <sub>IV</sub> )	Желтовато- серый	0,01	2,0
		Верхний плейстоцен (Q <sub>III</sub> )		1,99	
		Средний плейстоцен (Q <sub>II</sub> )			
		Нижний плейстоцен (Q <sub>I</sub> )			
	Неогеновая (N)	Верхний плиоцен (N <sub>2</sub> <sup>2</sup> ) Нижний плиоцен (N <sub>2</sub> <sup>1</sup> )	Бледно- желтый	3,1	22,6
		Верхний миоцен (N <sub>1</sub> <sup>3</sup> ) Средний миоцен (N <sub>1</sub> <sup>2</sup> ) Нижний миоцен (N <sub>1</sub> <sup>1</sup> )		19,5	
Палео- геновая (P)	Верхний олигоцен (P <sub>3</sub> <sup>2</sup> ) Нижний олигоцен (P <sub>3</sub> <sup>1</sup> )	Густо- желтый с оранжевым оттенком	13,4	40,4	
	Верхний эоцен (P <sub>2</sub> <sup>3</sup> ) Средний эоцен (P <sub>2</sub> <sup>2</sup> ) Нижний эоцен (P <sub>2</sub> <sup>1</sup> )		16,9		
	Верхний палеоцен (P <sub>1</sub> <sup>2</sup> ) Нижний палеоцен (P <sub>1</sub> <sup>1</sup> )		10,1		
Мезо- зойская (MZ)	Меловая (K)	Верхний мел (K <sub>2</sub> )	Зеленый	32,5	79,0
		Нижний мел (K <sub>1</sub> )		46,5	
	Юрская (J)	Верхний отдел (J <sub>3</sub> )	Синий	19,0	69,0
		Средний отдел (J <sub>2</sub> )		25,0	
		Нижний отдел (J <sub>1</sub> )		25,0	
	Триасовая (T)	Верхний триас (T <sub>3</sub> )	Фиолетовый	18,0	35,0
		Средний триас (T <sub>2</sub> )		12,0	
Нижний триас (T <sub>1</sub> )		5,0			
Палео- зойская (PZ)	Пермская (P)	Верхний отдел (P <sub>2</sub> )	Оранжево- коричневый	10,0	38,0
		Нижний отдел (P <sub>1</sub> )		28,0	

Группа (индекс группы)	Система (индекс системы)	Отдел (индекс отдела)	Цветовые обозначения систем	Продолжитель- ность, млн. лет		
				эпохи	периода	
Палео- зойская (PZ)	Каменно- угольная (C)	Верхний отдел (C <sub>2</sub> )	Серый	34,0	74,0	
		Нижний отдел (C <sub>1</sub> )		40,0		
	Девонская (D)	Верхний девон (D <sub>3</sub> )	Коричневый	14,0	48,0	
		Средний девон (D <sub>2</sub> )		13,0		
		Нижний девон (D <sub>1</sub> )		21,0		
	Силурий- ская (S)	Верхний силур (S <sub>2</sub> )	Серо- зеленый	20,0	30,0	
		Нижний силур (S <sub>1</sub> )		10,0		
	Ордовик- ская (O)	Верхний ордовик (O <sub>3</sub> )	Оливковый	20,0	67,0	
		Средний ордовик (O <sub>2</sub> )		20,0		
		Нижний ордовик (O <sub>1</sub> )		27,0		
	Кембрий- ская (Є)	Верхний кембрий (Є <sub>3</sub> )	Сине- зеленый	18,0	85,0	
		Средний кембрий (Є <sub>2</sub> )		17,0		
		Нижний кембрий (Є <sub>1</sub> )		50,0		
	Протеро- зойская (PR)			Розовый		1910,0
	Архей- ская (AR)			Сиренево- розовый		1500,0

или на глубину вскрытия горными выработками (буровые скважины, шурфы, траншеи и т. д.).

Геологические разрезы могут быть наблюдаемые и построенные. **Наблюдаемые разрезы** составляют в полевых маршрутах, отражают геологическое строение земной коры в точке наблюдения и составляются только в вертикальном масштабе. **Построенные геологические разрезы** вычерчиваются по данным наблюдаемых разрезов или по данным геологической карты. Эти разрезы составляются в вертикальном и горизонтальном масштабах. Причем первым этапом вычерчивания геологического разреза является составление топографического профиля.

Топографические профили бывают нормальные и искаженные. **Нормальный профиль** имеет одинаковые вертикальный и горизонтальный масштабы, а **искаженный** — различные. При построении геологических разрезов участков с горизонтальным залеганием пород обычно применяются искаженные профили. Последовательность построения геологического разреза по карте с горизонтальным залеганием пород следующая (рис. 11):

- 1) провести на карте линию разреза;
- 2) выбрать вертикальный и горизонтальный масштабы для разреза;

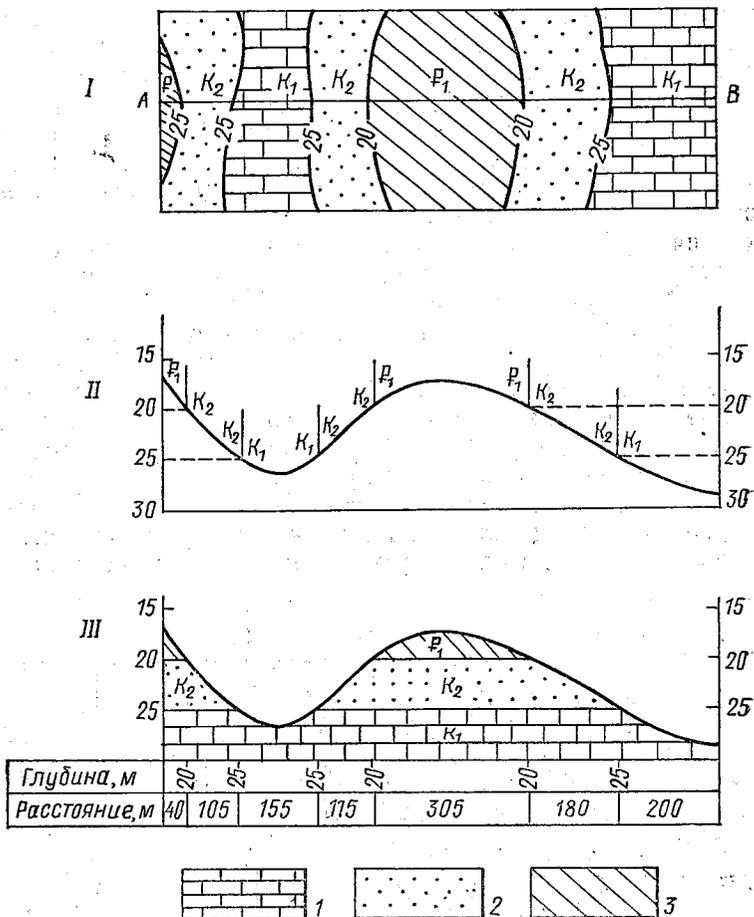


Рис. 11. Последовательность (I—III) построения геологического разреза по геологической морской карте со снятым четвертичным покровом и горизонтальным залеганием слоев.

1 — известняки, 2 — песчаники, 3 — глины.

- 3) составить топографический профиль по линии разреза;
- 4) на топографический профиль вынести все границы между слоями различных пород;
- 5) соединить горизонтальными прямыми линиями все одинаковые границы;
- 6) достроить разрез пластами пород, расположенных ниже уровня эрозии вдоль линии разреза (но обнажающихся в пределах карты);
- 7) нанести цветные и штриховые условные обозначения, а также стратиграфические индексы пород на разрезе.

По литолого-стратиграфической колонке с указанием абсолютных отметок границ между пластами пород различного возраста на топографической основе можно составить геологическую карту с горизонтальным залеганием отложений. Для этого на топографической карте надо провести дополнительные линии между горизонталями рельефа, соответствующие границам пластов различного возраста. Промежутки между линиями, обозначающими подошву и кровлю пласта, закрасить цветом, отвечающим возрасту этого стратиграфического интервала.

Тектонические нарушения в горных породах подразделяются на складчатые, или пликативные, и разрывные, или дизъюнктивные. Простейшим видом тектонического нарушения является моноклиналиное залегание горных пород, характеризующееся наклоном пластов в одну сторону и постоянным углом падения. Если такое залегание пород прослеживается на значительной площади, то выделяют моноклиналиную структуру, или просто моноклиналию.

На геологической карте моноклиналиное залегание пород показывается прямыми или изогнутыми полосами (рис. 12). Ширина этих полос зависит от мощности отложений и угла их падения. Чем больше мощность пласта и больше его угол падения, тем шире полоса его выхода на земную поверхность. При вертикальном

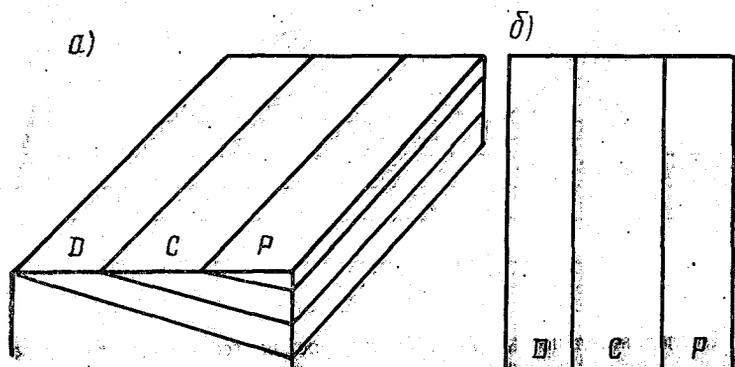


Рис. 12. Моноклиналиное залегание горных пород.  
а — блок-диаграмма, б — изображение на геологической карте.

залегании пласта ширина выхода соответствует его истинной мощности. Направление падения слоев в моноклинали происходит в направлении от более древних пород к более молодым.

Складчатые структуры делятся на синклинали и антиклинали. Но если при следовании вкрест простирания моноклинали прослеживается последовательная смена возраста слоев, то здесь при том же пересечении наблюдается повторение разновозрастных пластов.

Синклиальная складка характеризуется тем, что при пересечении ее вкрест простирания наблюдается симметричное повторение на крыльях более древних пород, а в ядре без повторения наблюдаются более молодые породы (рис. 13). Синклиналь — складка прогиба, в такой складке падение крыльев направлено к замковой, т. е. осевой, части складки.

Антиклиальная складка характеризуется тем, что при пересечении ее вкрест простирания пород наблюдается повторение на крыльях более молодых пород, а в ядре без повторения обнаруживаются более древние (рис. 14). Антиклинали — складка поднятия, в которой падение крыльев направлено от замковой (осевой) части складки.

На геологических картах может наблюдаться как согласное залегание пластов, характеризующееся параллельным положением границ слоев и свит, так и несогласное. Последнее отличается тем, что границы более древних пластов упираются в границы более молодых, залегающих с меньшими углами падения (рис. 15).

Разрывные, или дизъюнктивные, нарушения на геологических картах характеризуются тем, что границы пластов упираются на карте в линию сброса (или другого дизъюнктива). По обе стороны от линии нарушений обычно находятся разновозрастные отложения (рис. 16). Исключение составляют разломы без смещения крыльев и некоторые виды надвигов.

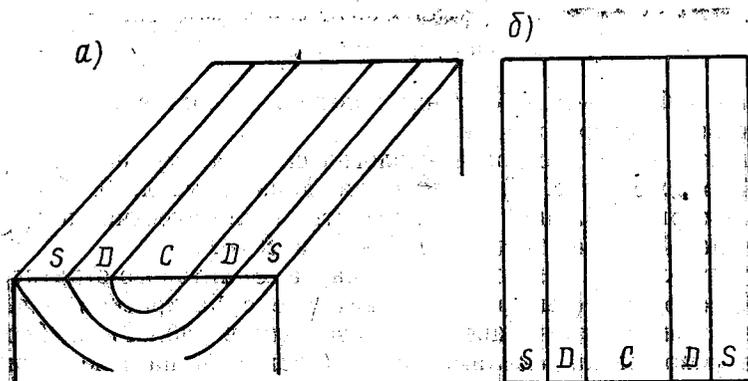


Рис. 13. Синклиальная складка.

а — блок-диаграмма складки, б — изображение на геологической карте.

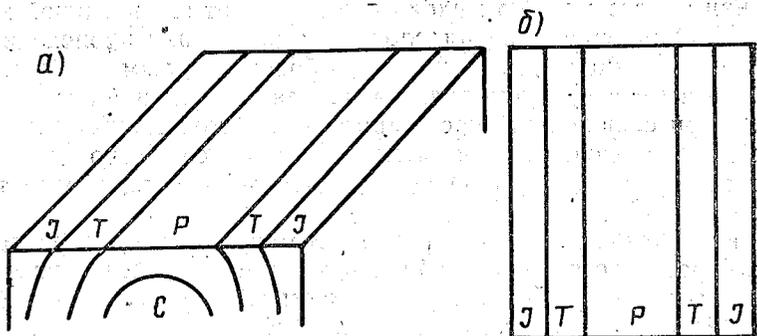


Рис. 14. Антиклинальная складка.

а — блок-диаграмма, б — изображение на геологической карте.

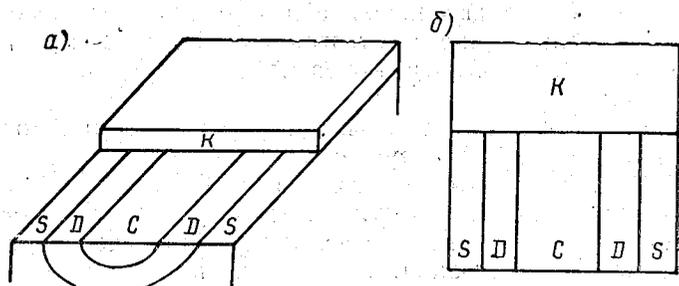


Рис. 15. Несогласное залегание горных пород.

а — блок-диаграмма, б — изображение на геологической карте.

## Лабораторная работа № 4

### Геологические карты и разрезы

**Цель работы** — приобретение навыков по составлению геологических карт и разрезов к ним.

**Задание 1:** а) построить геологическую карту на топографической основе (рис. 17), используя данные табл. 10. Залегание пород — горизонтальное; б) составить геологические разрезы к вычерченной карте по линиям А—Б и В—Г.

**Отчетность.** 1. Геологическая карта с литолого-стратиграфической колонкой (вычертить на ватмане с раскраской разновозрастных свит согласно цветам, указанным в табл. 9). 2. Геологические разрезы на миллиметровке (составить на всю мощность пород, вскрытых буровой скважиной и указанных в табл. 10).

**Задание 2.** Составить геологические разрезы по линиям А—Б и В—Г к карте на рис. 18, используя методику построения раз-

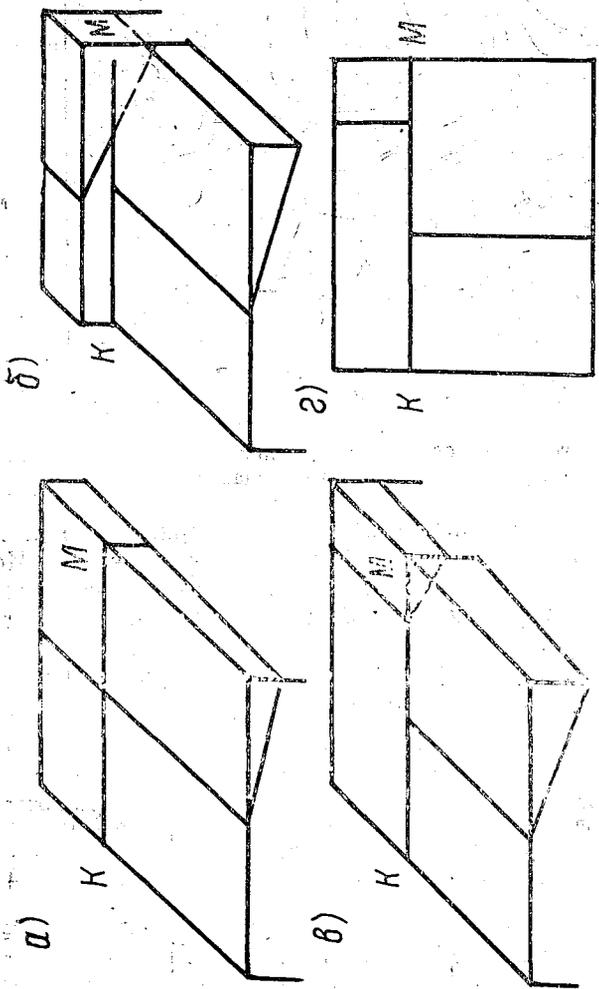


Рис. 16. Развитие разрывного нарушения.  
 а — разрыв без смещения крыльев (блок-диаграмма), б — смещение крыльев, в — приведение к единому уровню размылом, г — геологическая карта.

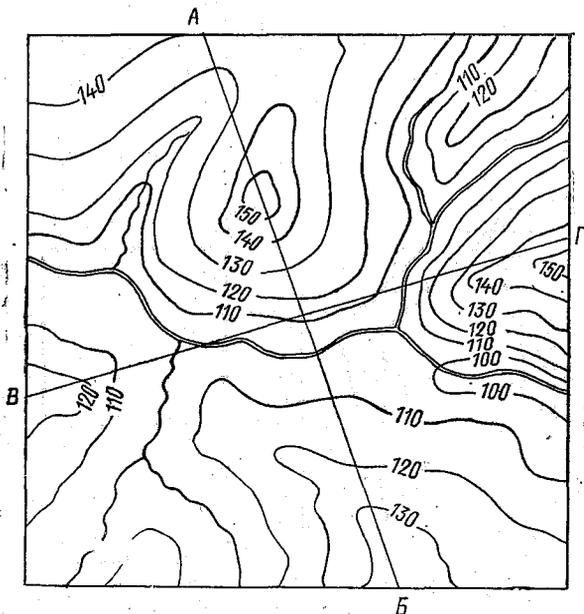


Рис. 17. Топографическая основа для построения геологической карты. Лабораторная работа № 4, задание 1.

реза карт с горизонтальным залеганием горных пород. Принять вертикальный и горизонтальный масштабы равными. Использовать данные о породах, приведенные в литолого-стратиграфической колонке, которая составлена в том же масштабе, что и геологическая карта.

**Отчетность.** Копия геологической карты и разрезы к ней, построенные по линиям А—Б и В—Г.

Таблица 10

Наименование стратиграфических подразделений	Абсолютная отметка кровли горизонта	Абсолютная отметка подошвы горизонта
Неоген (N)	+155	+142
Палеоген (P)	+142	+125
Мел (K)	+125	+110
Юра (J)	+110	+103
Триас (T)	+103	+75
Пермь (P)	+75	+21
Карбон (C)	+21	-310

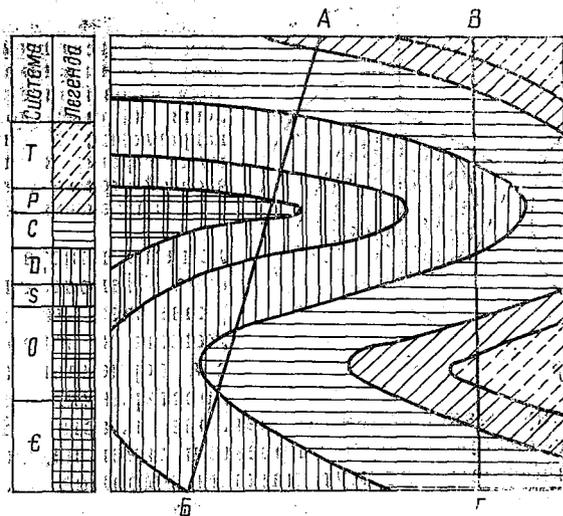


Рис. 18. Геологическая карта с горизонтальным залеганием горных пород и литолого-стратиграфическая колонка для построения геологических разрезов. Лабораторная работа № 4, задание 2.

### РАЗДЕЛ 3. ГОРНЫЙ КОМПАС И МЕТОДЫ РАБОТЫ С НИМ

Для определения положения в пространстве наклонного пласта или жилы в геологии введены понятия элементов залегания, к которым относятся направления простирания, падения и угол падения.

**Простирание** — это линия пересечения подошвы или кровли наклонного пласта с горизонтальной плоскостью, т. е. горизонтальная линия на поверхности наклонного пласта. Направление этой линии в пространстве определяется ее азимутом, т. е. углом, отсчитываемым в горизонтальной плоскости от северного направления географического меридиана до линии простирания по направлению движения часовой стрелки. Так как любая линия простирания имеет два конца, то азимут простирания может быть выражен двумя значениями отличающимися на  $180^\circ$  (рис. 19).

**Направление падения и угол падения** — это параметры однозначного положения наклонного слоя.

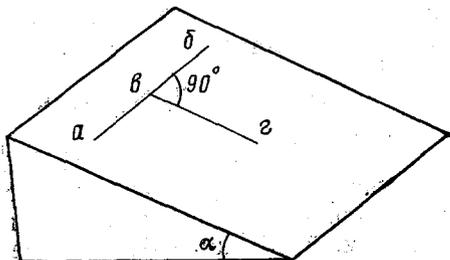


Рис. 19. Элементы залегания наклонного слоя.

*ab* — линия простирания; *bc* — линия падения;  $\alpha$  — угол падения.

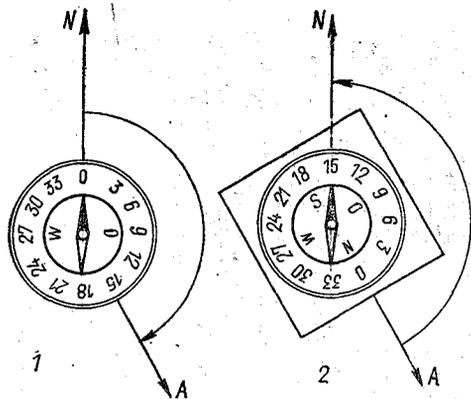


Рис. 20. Измерение азимута.

Стрелка  $N$  — направление на север;  $A$  — исследуемое направление; 1 — измерение азимута по ходу часовой стрелки от направления на север до исследуемого направления; 2 — измерение азимута горным компасом — против часовой стрелки (от исследуемого направления на север).

лонного пласта в пространстве. Направление падения указывает линия, расположенная на поверхности пласта перпендикулярно линии простирания. Она направлена в сторону максимального наклона пласта. Направление падения определяется азимутом проекции линии падения на горизонтальную плоскость. Азимут падения выражен только одним значением, так как отличающийся от него на  $180^\circ$  азимут будет принадлежать линии восстания, которая также перпендикулярна линии простирания, но направлена вверх по пласту (см. рис. 19). Угол падения — это угол между линией падения и ее проекцией на горизонтальную плоскость.

Для замеров элементов залегания наклонного пласта в пространстве служит горный компас, имеющий некоторые особенности по сравнению с обычным компасом.

**Горный компас** — это прибор, в котором компас сочетается с отвесом. Отвес насаживается на ту же ось, что и магнитная стрелка компаса. Для замера углов с помощью отвеса служит полулимб на дне коробки компаса, градуированный с 0 до  $90^\circ$  в обе стороны с ценой деления  $2^\circ$ . При установке компаса длинным ребром на горизонтальной поверхности отвес находится на  $0^\circ$ . Лимб горного компаса градуирован не по часовой стрелке, как у обычного компаса, а против часовой стрелки. Соответственно с этим запад и восток на этом компасе поменялись местами. Это сделано для того, чтобы значение азимута можно было отсчитывать непосредственно по показанию северного конца магнитной стрелки (рис. 20). Третьей особенностью горного компаса является то, что он укреплен на прямоугольной подставке из немагнитного материала, причем длинные стороны этой подставки параллельны линии север — юг ( $0 - 180^\circ$ ) компаса.

## Лабораторная работа № 5

### Горный компас

**Работа с горным компасом.** При замере азимута любого заданного направления север лимба горного компаса направляют на визируемый объект и берут отсчет на лимбе против северного конца

магнитной стрелки. При этом получают магнитный азимут, т. е. угол между заданным направлением и направлением магнитного меридиана в данной точке земной поверхности. Для определения истинного (географического) азимута вводят поправку на магнитное склонение. Значение магнитного склонения указывается внизу топографического планшета в зарамочном оформлении. В случае восточного магнитного склонения к отсчету по горному компасу надо прибавить значение склонения, а в случае западного магнитного склонения — отнять это значение.

Для замера элементов залегания наклонного пласта в исследуемом пласте надо выбрать ровную площадку, совпадающую с плоскостью напластования и определить на ней элементы залегания этого пласта.

Первым определяется положение линии простираения. Для этого на выбранную площадку ставится горный компас вертикально на длинное ребро и поворачивается без отрыва от поверхности пласта до тех пор, пока отвес не установится на нуле (в этом случае длинное ребро компаса займет горизонтальное положение). После этого вдоль длинного ребра прочерчивается линия простираения. Компас поворачивается в горизонтальное положение и прикладывается длинной стороной к линии простираения. Против северного конца стрелки снимается показание азимута простираения слоя. Так как у линии простираения два азимута, различающихся на  $180^\circ$ , то обычно отсчет берется по одному из них, находящемуся в северных румбах (СВ или СЗ).

Вторым определяется азимут линии падения. Для этого горный компас кладут на выбранную площадку и совмещают с линией простираения короткое ребро подставки компаса. Компас должен находиться ниже этой линии, а точка севера ( $0^\circ$  на лимбе компаса) должна быть направлена вниз по направлению падения пласта. В этом случае длинное ребро компаса будет совпадать с линией падения. Поворачивая компас вокруг верхнего ребра, совмещаем его с горизонтальной плоскостью и против северного конца стрелки берем отсчет азимута проекции линии падения на горизонтальную плоскость (азимут падения).

Третьим определяется угол падения наклонного пласта. Для этого прикладываем горный компас в вертикальном положении длинным ребром к линии падения и отпускаем отвес. По показанию отвеса на шкале полулимба определяем угол падения наклонного пласта.

Для того чтобы избежать ошибок при отсчете, кроме цифровых значений азимутов указываются румбы (четверти) в буквенном выражении (СВ, ЮВ, СЗ, ЮЗ), в которые попадают отсчеты. Значок градусов обычно не ставится, чтобы не спутать его с нулем.

Запись имеет следующий вид:

Аз. прост. СЗ  $320$ , аз. пад. СВ  $50$ ,  $\angle 15$ .

При работе с горным компасом допустимая ошибка в измерении составляет  $1 - 2^\circ$ .

## Определение элементов залегания наклонного пласта горным компасом

**Цель работы** — закрепление материала, изложенного в теоретической части практикума (раздел — горный компас), приобретение навыков определения элементов залегания наклонного пласта.

**Задание.** Определить элементы залегания наклонного пласта на условной модели (наклонная доска) при трех различных ориентировках пласта и различных углах падения. Правильно записать определенные элементы залегания воображаемых пластов.

**Необходимый материал и оборудование:** условная модель пласта (доска с подставкой для придания ей различных углов наклона), горный компас, листок бумаги, карандаш.

**Порядок выполнения.** Установить модель, последовательно определить элементы залегания наклонного пласта и правильно их записать. Два раза поменять положение и угол наклона пласта и каждый раз производить замеры элементов залегания пласта и записать результаты замеров.

**Отчетность.** Дать определения элементов залегания наклонного пласта и объяснить необходимость введения этих понятий. Рассказать об устройстве горного компаса и его особенностях.

Показать последовательность определения элементов залегания наклонного пласта на модели и порядок записи этих элементов.

### ЛИТЕРАТУРА

- Картирование шельфа.* — Л.: Изд. Географического общества, 1974. — 142 с.
- Ласточкин А. Н.* Методы морского геоморфологического картирования. — Л.: Недра, 1982. — 271 с.
- Леонтьев О. К.* Морская геология. — М.: Высшая школа, 1982. — 344 с.
- Логвиненко Н. В.* Петрография осадочных пород (с основами методики исследования). М.: Высшая школа, 1974. — 400 с.
- Логвиненко Н. В.* Морская геология. — Л.: Недра, 1980. — 343 с.
- Логвиненко Н. В., Сергеева Э. И.* Методы определения осадочных пород. — Л.: Недра, 1986. — 236 с.
- Ломтадзе В. Д.* Методы лабораторных исследований физико-механических свойств горных пород. — Л.: Недра, 1972. — 312 с.
- Методика изучения вещественного состава донных отложений (на примере Северного Ледовитого океана).* — Л., 1977. — 57 с.
- Одесский И. А., Яблоков К. В.* Основы литологии морских отложений и геологии морских россыпей. — Л.: Недра, 1974. — 165 с.
- Пособие к лабораторным занятиям по курсу общей геологии.* — М., Недра, 1974. — 182 с.
- Сафиров Г. Н.* Структурная геология и геологическое картирование. — М.: Недра, 1965. — 259 с.
- Стиридонов М. А. и др.* Методические указания по геологической съемке шельфа масштаба 1:200 000. — Л.: Изд. ВСЕГЕИ, 1983. — 27 с.
- Шепард Ф. П.* Морская геология. — Л.: Недра, 1969. — 455 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Раздел 1. Морские осадки и их исследования . . . . .	—
Лабораторная работа № 1. Визуальный и ситовой метод анализа . . . . .	8
Лабораторная работа № 2. Водный, или пипеточный, анализ . . . . .	11
Лабораторная работа № 3. Ареометрический метод анализа . . . . .	16
Раздел 2. Морские геологические карты и разрезы . . . . .	25
Лабораторная работа № 4. Геологические карты и разрезы . . . . .	34
Раздел 3. Горный компас и метод работы с ним . . . . .	37
Лабораторная работа № 5. Горный компас . . . . .	38
Литература . . . . .	40

## CONTENTS

Preface . . . . .	3
Section 1. Marine sediments and their investigations . . . . .	—
Laboratory work № 1. Visual and sieve analyses . . . . .	8
Laboratory work № 2. Water or pipette analysis . . . . .	11
Laboratory work № 3. Areometric analysis . . . . .	16
Section 2. Marine geological maps and profiles . . . . .	25
Laboratory work № 4. Geological maps and profiles . . . . .	34
Section 3. Mining compass and how to deal with it . . . . .	37
Laboratory work № 5. Mining compass . . . . .	38
Referances . . . . .	40

Всеволод Борисович Сапожников

Практикум по геологии и геоморфологии оксана

Редактор О. Д. Рейнгерц

ЛР № 020309 от 28.11.91 г.

---

Сдано в набор 30.05.94.

Подписано к печати 27.12.94.

Формат бумаги 60 × 90 1/16. Бумага тип. № 2 Лит. гарн. Печать высокая

Объем 2,625 п. л.;

2,5 уч.-изд. л.

Тир. 300.

Зак. 548.

РГГМИ. 195196. Санкт-Петербург, Малоохтинский пр.98.

---

Типография ВАС