

В/Д.5-4/52-0

ОДЕССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И.И. МЕЧНИКОВА

На правах рукописи

Леонов Юрий Викторович

УДК 627.222.+551.351(262.5)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ
ИЗМЕНЧИВОСТИ СОСТАВА И СВОЙСТВ ГОЛОЦЕНОВЫХ
ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ

04.00.10 Геология океанов и морей

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель
кандидат геолого-минералогических наук, доцент
В.М. Воскобойников

Одесса-1984

Введение	5
I. Геологическое строение северо-западного шельфа Черного моря, факторы и условия осадконакопления в голоцене	10
I.1 Физико-географический очерк района исследований. . .	10
I.1.1 Климат.	10
I.1.2 Орогидрография прилегающей суши	12
I.2 Поступление осадочного материала и гидрологические условия его осаждения	22
I.3 Краткая геолого-структурная характеристика	35
I.4 Стратиграфо-литологическая и инженерно-геологи- ческая характеристика неоген-четвертичного разреза	41
I.4.1 Породы коренного субстрата	43
I.4.2 Чехол голоценовых отложений	47
I.5 Неотектоника и геоморфология северо-западного шельфа	63
I.6 Характер развития голоценовой трансгрессии и условия осадконакопления в голоцене	70
2. Региональные и генетические предпосылки инженерно- геологических исследований чехла голоценовых отложений северо-западного шельфа Черного моря	83
2.1 Общая характеристика чехла голоценовых отложений северо-западного шельфа как объекта инженерно- геологических исследований	83
2.2 Обоснование методики региональных инженерно- геологических исследований и используемой	

терминологии	89
2.3 Типичные обстановки осадконакопления северо-западного шельфа как основа для выбора опорных участков детальных инженерно-геологических исследований	109
2.4 Возможности целостной инженерно-геологической характеристики литолого-генетических типов шельфовых отложений	110
3. Характеристика состава и физико-механических свойств голоценовых илов северо-западного шельфа	117
3.1 Методика изучения состава и физико-механических свойств морских илов	117
3.2 Комплексная характеристика состава, физических и механических свойств голоценовых илов северо-западного шельфа	127
3.3 Признаковые модели состава и свойств генетических типов илов северо-западного шельфа как основа их целостной инженерно-геологической характеристики.	157
4. Закономерности пространственной изменчивости показателей состава и физико-механических свойств голоценовых отложений северо-западного шельфа	177
4.1 Теоретические и методические предпосылки изучения пространственной изменчивости состава и свойств шельфовых отложений	177
4.2 Анализ режима пространственной изменчивости показателей состава и свойств голоценовых отложений северо-западного шельфа	184
4.3 Структурные модели состава и свойств как основа региональной характеристики генетических типов	

шельфовых отложений	203
Выводы	236
Литература	239

В В Е Д Е Н И Е

Инженерно-хозяйственное освоение новых территорий привело к расширению объекта инженерной геологии и появлению новых научных направлений. Одним из наиболее молодых и интенсивно развивающихся направлений является морская инженерная геология, тематика исследований которой на XI пятилетку подтверждена рекомендациями Научного совета по инженерной геологии и гидрогеологии АН СССР и включает изучение закономерностей формирования свойств в пределах морских акваторий, разработку и совершенствование средств и методов изучения инженерно-геологических условий морских акваторий. За последние два десятилетия особенно расширились объемы и разнообразие инженерно-геологических исследований на акваториях шельфа. В частности, на северо-западном (СЗ) шельфе Черного моря рядом организаций (Причерноморской комплексной геологоразведочной экспедицией, Черноморской геофизической экспедицией, Институтом геологических наук АН УССР, Проблемной лабораторией инженерной геологии и Отраслевой научно-исследовательской лабораторией Одесского госуниверситета и др.) пробурены тысячи съемочных и специализированных скважин. Однако, в процессе исследований мало внимания уделяется изучению закономерностей распределения различных литолого-генетических типов шельфовых отложений, формированию и особенностям их состава и свойств, анализу пространственной изменчивости инженерно-геологических показателей.

Цель и задачи работы. Целью работы является изучение строения чехла голоценовых отложений СЗ шельфа Черного моря и выявление закономерностей формирования и пространственной изменчивости состава и физико-механических свойств основных их литолого-

генетических типов. В соответствии с целью работы исследования были направлены на решение следующих задач:

- изучение строения чехла голоценовых отложений СЗ шельфа и закономерностей регионального распространения различных литолого-генетических типов шельфовых отложений, их мощностей, площадей распространения и объемов;

- комплексное изучение состава и физико-механических свойств голоценовых илов СЗ шельфа с выявлением наиболее информативных инженерно-геологических показателей, а также зависимостей и обобщенных показателей, обеспечивающих целостную характеристику и типизацию илов различного генезиса;

- анализ режима пространственной изменчивости состава и свойств чехла голоценовых отложений и выявление характера связи показателей состава и свойств с морфометрическими параметрами седиментационных бассейнов;

- построение моделей пространственной изменчивости состава и физико-механических свойств различных генетических типов голоценовых отложений.

Научная новизна. По инженерно-геологическим особенностям чехол голоценовых отложений СЗ шельфа расчленен на два горизонта, соответствующих новочерноморским и новозвксинско-древнечерноморским слоям. Построены карты обстановок осадконакопления и литофаций этих горизонтов, характеризующие пространственное распространение типов шельфовых обстановок, а также фаций илов, песков и ракушечников, их мощностей, площадей и объемов. По принадлежности к обстановкам осадконакопления выделены генетические типы голоценовых отложений, отличающиеся литофациальным составом, характером взаимосвязи инженерно-геологических показателей

и структурой распределения показателей в пространстве.

Выявлены наиболее простые и информативные инженерно-геологические показатели голоценовых илов, получены уравнения связи и обобщенные показатели их состава и свойств, выделены два основных генетических комплекса - морских и лагунно-дельтовых илов. Проведен детальный анализ режима пространственной изменчивости состава и физико-механических свойств чехла голоценовых осадков в вертикальном и горизонтальном срезе, что позволило выявить характер связи показателей состава и свойств с ходом развития голоценовой трансгрессии и морфометрией седиментационных бассейнов. Впервые для шельфовых отложений Черного моря построены математические модели и выявлены закономерности пространственной изменчивости показателей состава, физических и прочностных свойств.

Практическая ценность. Метод опорных полигонов, апробированный в процессе региональных инженерно-геологических исследований СЗ шельфа, обеспечивает целостную характеристику типичных геологических таксонов и может быть рекомендован для включения в комплекс опытно-производственных работ и целевых геологических съемок на шельфах.

Карты обстановок осадконакопления и литофаций голоценовых отложений могут служить основой для проведения региональных исследований северо-западного шельфа Черного моря, а также для палеореконструкций условий осадконакопления в голоцене. Уравнения связи и обобщенные показатели состава и физико-механических свойств голоценовых илов обеспечивают их инженерно-геологическую оценку и типизацию, а также вычисление сложных в определении характеристик физико-механических свойств по более простым. Схе-

мы и математические модели изменчивости показателей состава и физико-механических свойств могут быть использованы для региональных инженерно-геологических оценок территории шельфа, для планирования геологического и инженерно-геологического опробования.

Апробация. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на Всесоюзном семинаре "Осадочные бассейны и их нефтегазоносность" (Москва, 1981), на Всесоюзной школе морской геологии (Геленджик, 1982), Всесоюзном совещании "Изменения уровня моря" (Одесса, 1982), Научных конференциях молодых ученых ИГН АН УССР (Киев, 1981) и Одесского госуниверситета (Одесса, 1980) и др.

Фактический материал и методы исследований. Основой для решения поставленных задач послужили материалы полевых и лабораторных исследований, проведенных в период 1976-1982 гг. Проблемной лабораторией инженерной геологии Одесского госуниверситета (ПЛИГ ОГУ) при личном участии автора. В процессе исследований использовано около 2500 картировочных скважин, пробуренных на СЗ шельфе различными организациями (ЧГЭ, ПКГРЭ, ПЛИГ ОГУ и др.). В соответствии с целями и методикой исследований, более 250 скважин инженерно-геологического опробования пробурены ПЛИГ ОГУ на опорных полигонах в пределах типичных обстановок осадконакопления СЗ шельфа (рис.1). Весь фактический материал обрабатывался по единой методике под руководством и при личном участии автора. Однородность экспериментального материала позволила провести его обработку и анализ на ЭВМ Мир-2 и ЕС-1022 по ряду стандартных и специально составленных программ.

Автор пользуется случаем отдать дань памяти и глубокого ува-

жения своему первому научному руководителю - доктору геолого-минералогических наук, профессору Л.Б.Розовскому. Автор выражает глубокую благодарность и признательность своему непосредственному научному руководителю кандидату геолого-минералогических наук, доценту В.М.Воскобойникову за помощь и поддержку на всех этапах выполнения работы. Автор благодарен старшему научному сотруднику ИГи АН УССР Л.Г.Борейко за содействие в проведении математического моделирования геологических полей. Всем сотрудникам Проблемной лаборатории инженерной геологии и кафедры инженерной геологии и гидрогеологии Одесского государственного университета автор выражает свою признательность за оказание разносторонней помощи в процессе исследований и подготовки диссертации.

КАРТА ФАКТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

МАСШТАБ 1:500000

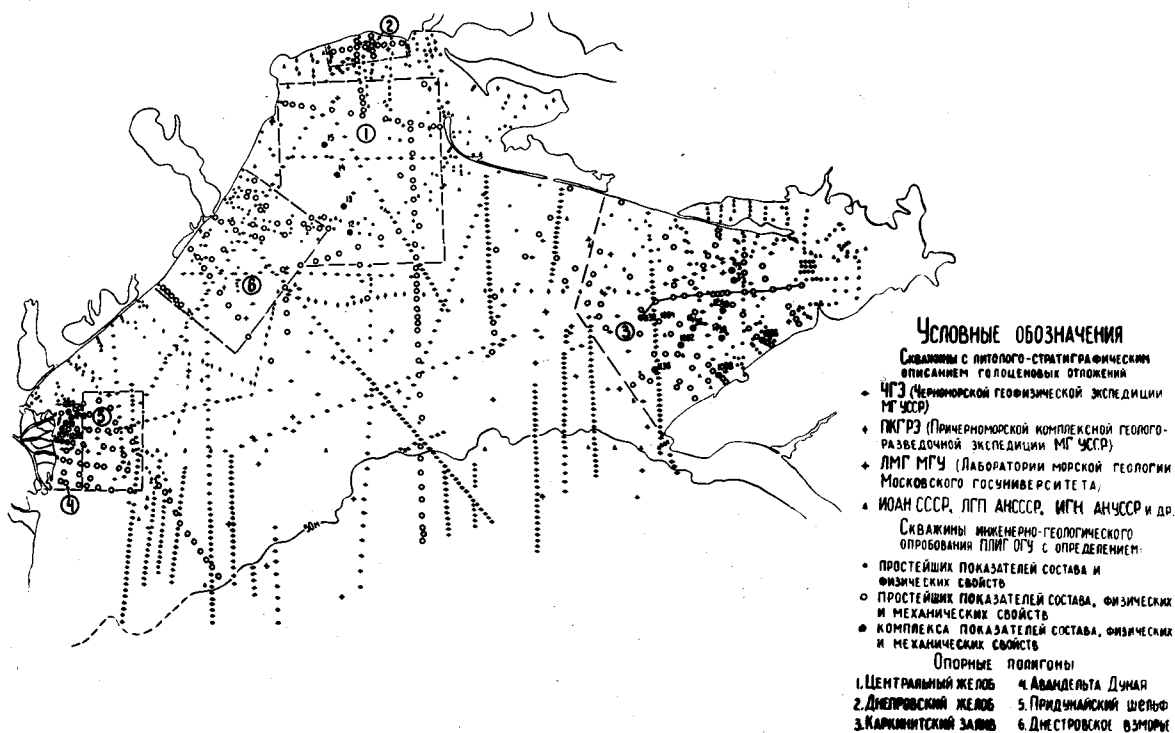


Рис. I.

Г. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ, ФАКТОРЫ И УСЛОВИЯ ОСАДКОАКОПЛЕНИЯ В ГОЛОЦЕНЕ

Г.Г. Физико-географический очерк района исследований

Район исследований расположен в северо-западной части Черного моря и охватывает область черноморского шельфа между авандельтой Дуная и Тарханкутским полуостровом вплоть до 50-ти метровой изобаты. Северо-западная часть Черноморского шельфа представляет собой типично платформенный шельф бесприливного внутриконтинентального моря. Геолого-структурное положение и общность физико-географических условий северо-западного шельфа обуславливают возможность его изучения в качестве самостоятельного и целостного региона.

Г.Г.Г. К л и м а т

Район исследований расположен в пределах умеренной климатической зоны и относится к Черноморской подобласти Атлантико-континентальной степной области (Алисов, 1956). Сравнительно мягкая, влажная зима и сухое жаркое лето определяют общее преобладание условий, присущих умеренному гумидному климату (Страхов, 1963).

Основными климатообразующими факторами северо-западного шельфа являются географическое положение Черного моря и характер циркуляции атмосферы. Положение Черного моря в сравнительно низких широтах обуславливает достаточно высокие среднегодовые температуры воздуха. В зимний период средние месячные температуры воздуха колеблются от 4° до -2° . Весной средние месячные температуры составляют $3^{\circ}-9^{\circ}$ в марте и $15^{\circ}-16^{\circ}$ в мае. Летом

средние месячные температуры воздуха довольно постоянны и равны повсеместно 20° - 24° . Осень, как правило, всегда теплее весны. Средние месячные температуры воздуха в сентябре составляют 18° - 21° , а в ноябре 5° - 9° . Максимальные перепады температуры воздуха зимой и летом лежат в пределах от -25° - 27° до 35° - 37° соответственно.

В ветровом режиме района исследований имеются существенные сезонные различия. Ветровой режим холодного времени года контролируется взаимодействием Азорского антициклона и Средиземноморской циклонической области. При распространении Азиатского антициклона на Восточную Европу над Черным морем возникают устойчивые и сильные ветры от северных до восточных, которые приносят холодный и относительно сухой континентальный воздух умеренных широт. Ослабление отрога Азиатского антициклона приводит к развитию циклонической деятельности на Черном море, сопровождающейся южными ветрами и повышением температуры воздуха.

В теплый период года господствует субтропический Азорский антициклон, который, располагаясь над Черным морем, часто создает длительные периоды спокойной погоды с большим количеством сухих ясных дней. Преобладающими становятся ветры с открытых районов моря в сторону побережья, повторяемость которых составляет 35-50%, а также ветры северо-западного направления с повторяемостью 40-50%.

Максимальные скорости характерны для юго-западных и южных ветров. По распределению среднегодовых скоростей ветров в пределах Черноморского бассейна северо-западный шельф принадлежит к достаточно однородной зоне со среднегодовыми значениями скорости ветра 4-6 м/с (Ржонсницкий, 1973). Максимум штормовой актив-

ности наблюдается в зимний период, когда среднее количество дней со штормами достигает 3-8 за месяц, а высота штормовых волн - 3-3,5 м. Наибольшая продолжительность штормовых волнений также приурочена к этому времени. Все это обуславливает активизацию гидродинамического режима на северо-западном шельфе именно в зимний период, что сопровождается преобладанием процессов переноса, распределения и перераспределения донного материала.

Осадков в северо-западной части Черного моря выпадает сравнительно мало, среднее годовое количество их колеблется от 300 до 500 мм. Наибольшее количество осадков выпадает летом (103-149 мм), минимум осадков отмечается зимой (53-74 мм). Относительная влажность воздуха в течение всего года колеблется в среднем от 70% до 85%.

По характеру температурного, ветрового и волнового режимов район наших исследований входит в выделяемый Б.М. Земляковым (1963) Северо-Западный район, расположенный между взморьем Дуная и мысом Сарыч. Северо-Западный район является самым холодным на Черном море с преобладанием в холодный период 4-х типов атмосферных процессов. В теплое время года преобладает устойчивая ясная погода с преимущественно широтной циркуляцией воздушных масс с запада на восток.

В целом, приведенные для района северо-западного шельфа Черного моря климатические характеристики свидетельствуют о преобладании здесь гумидного типа литогенеза (Страхов, 1954).

1.1.2. Орогидрография прилегающей суши

Условия осадконакопления на северо-западном шельфе во многом связаны с орогидрографией прилегающей суши. Главные орогидрографические характеристики прилегающей суши определяются при-

надлежностью ее к Причерноморской впадине, являющейся наиболее пониженной частью Восточно-Европейской платформы (см. раздел I.3). Структурное положение и общность геоморфологического облика позволяют при геоморфологическом районировании Украинской и Молдавской ССР выделить данную территорию причерноморья в качестве однородной и самостоятельной области - Причерноморской низменности (Бондарчук, 1949, 1959; Цысь, 1962; Грубрин, 1972 и др.).

Причерноморская низменность представляет собой пологую, расчлененную речными долинами и балками холмистую равнину с постепенно понижающейся в сторону моря поверхностью. Рельеф низменности сформировался в результате длительного и сложного взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов.

Общее гипсометрическое положение, а также характерные черты рельефа Причерноморской низменности - равнинность, пониженность и наклон к морю являются следствием продолжительных тектонических движений преимущественно отрицательного знака. Этими же движениями обусловлено и строение гидрографической сети, главными особенностями которой являются консеквентность речных долин и сближение между собой к югу, на что неоднократно указывали многие исследователи (Бондарчук, 1949, 1959; Амброз, 1962; Цысь, 1962; Федорченко, 1965 и др.).

Наряду с эндогенными факторами значительная роль в формировании рельефа Причерноморской низменности принадлежит таким факторам как литологический состав рельефообразующих пород, климат и характер экзогенных процессов. Из особенностей литологического строения прилегающей суши в современном рельефе наиболее отчетливо проявилась литология пород, залегающих выше базиса эрозии, к которым, прежде всего, следует отнести понтические известняки

и лессы.

Так, например, общая равнинность и выположенность всего Причерноморья обусловлена широким площадным развитием понтических известняков, а формирование глубоких речных долин в значительной степени связано с наличием мощной толщи просадочных и легкоразмываемых лессовых отложений.

Описываемая область прилегающей суши сформировалась в пределах морской раннеплиоценовой поверхности выравнивания, сменяющейся в приморской полосе позднеплиоценовой аллювиально-лиманно-дельтовой террасовой равниной. Большая часть территории построена отложениями средне-верхнеплиоценовых и четвертичных террас, которые слагают междуречья современной гидрографической сети и склоны, а также выполняют речные долины Причерноморья. Средне- и верхнеплиоценовые террасы вытянуты либо параллельно, либо под острым углом к береговой линии; четвертичные террасы занимают, как правило, секущее положение по отношению к плиоценовым.

В целом рельеф Причерноморской низменности может быть охарактеризован как достаточно древний, эрозионно-денудационный по происхождению и долинно-балочный по преобладающим формам. Главными формами рельефа являются речные долины, балки и овраги, а также разделяющие их междуречья и межбалочные пространства.

Речные долины представляют собой наиболее обособленные и хорошо выраженные, зрелые формы рельефа, о чем свидетельствуют значительные глубины вреза долин, их ширина, плоскодонность и хорошая выработанность. Наибольшие глубины вреза (100-120 м) отмечаются в верховьях долин. В направлении к морю глубины речных долин постепенно понижаются, но везде остаются переуглубленными на несколько десятков метров. Для поперечных профилей долин ха-

рактерна правобережная асимметрия, вызванная преимущественно правосторонним горизонтальным перемещением речных русел. Профили склонов речных долин при продвижении к морю меняются от выпуклых к выпукло-вогнутым и вогнутым.

Весьма характерными для Причерноморья формами рельефа являются балки и овраги, которые при почти полной безводности отличаются крупными размерами и морфологической зрелостью. Овражно-балочная сеть находится в тесной связи с речной сетью, обуславливая вместе с последней значительную расчлененность Северного Причерноморья. Густота расчленения Причерноморской низменности изменяется, уменьшаясь при приближении к морю от 0,5-0,6 км/км² до 0,2-0,4 км/км² (Природа..., 1979).

К положительным формам рельефа Причерноморской низменности относятся междуречья и межбалочные пространства. Формирование междуречий в значительной степени определяется направлением, густотой и глубиной речных долин, а также формой и крутизной их склонов. В пределах междуречий выделяются два элемента второго порядка - водораздельные пространства, занимающие центральные части междуречий и водораздельные склоны, образующие понижения к речным долинам. Водораздельные пространства Причерноморской низменности приурочены к участкам понтической поверхности выравнивания и характеризуются повышенным залеганием слагающих их пород и наиболее высокими отметками топографической поверхности.

Прилегающий к северо-западному шельфу район Причерноморья в связи с сухостью климата характеризуется недостаточной обводненностью - реки расположены редко, мало озер и почти нет болот, а подземные воды залегают достаточно глубоко. Основным источни-

ком питания поверхностных вод являются талые снега и дождевые воды, роль подземных вод весьма незначительна.

Средний речной сток на территории Причерноморской низменности не превышает 15-20 мм. Изолинии стока уменьшаются в направлении к морю. Распределение рек на территории прилегающей суши неравномерное. Коэффициент густоты речной сети изменяется с северо-запада на юго-восток от 0,20 км/км² до 0,05 км/км². Совсем незначительна густота речной сети на левобережье Нижнего Днепра и в северной части Крыма.

Все реки Причерноморья по гидрологическому режиму и физико-географическим условиям делятся на две группы (Коновалова, 1962) - малые реки, режим которых всецело определяется местными физико-географическими условиями и крупные реки, протекающие транзитом и не связанные с природными особенностями прибрежной суши.

Группа местных малых рек характеризуется маловодностью и незначительностью уклонов (0,8-1,6 м/км) и медленным течением. Питание преимущественно снеговое, до 80% и более годового стока приходится на весенний период. Общее гидрологическое значение этой группы рек малосущественно. В частности, среднегодовой сток малых рек Одесской области в сумме составляет 346 млн.м³/год, в то время как сток Днестра равен 7 млрд.м³/год (Природа..., 1979). Более подробно следует остановиться на характеристике крупных рек.

Все крупные реки Причерноморья в соответствии с типизацией Н.М.Страхова (1963) принадлежат одной физико-географической группе рек степных областей со средней и высокой механической денудацией. По характеру рельефа речных бассейнов выделяют равнинные реки (Днепр, Южный Буг) и реки, начинающиеся с гор и крупных возвышенностей (Дунай, Днестр). В материале, выносимом равнин-

ными реками из трех компонентов стока - растворенной, взвешенной и влекомой, преобладают растворенные вещества. Горным рекам присуще преобладание в стоке взвешенного материала (Лопатин, 1952).

Общая характеристика стока крупных рек Причерноморской низменности приводится в таблице I.1, составленной авторами монографии "Геология шельфа УССР . Среда; История..." (1982) по данным А.М. Алмазова (1962), Б.С. Залогина, Н.А. Радионова (1969) и М.И. Львовича (1971).

Суммарный водный сток 4-х крупных рек, впадающих в северо-западную часть Черного моря, составляет $270 \text{ км}^3/\text{год}$, а сток взвешенных наносов - почти 79 млн. т/год, что равняется 78% и 57% соответствующих стоков всех крупных рек Черноморского бассейна. Таким образом, в устьевые части рек северо-западного шельфа поступает большая часть пресных вод и исходного терригенного материала, выносимых с окружающей бассейн суши. Данные факторы принадлежат к числу наиболее существенных для осадконакопления на северо-западном шельфе, определяя значительную опресненность морской среды, изменяющуюся с северо-запада на юго-восток от 7-10% в Дунайском районе до 16-17% в районе Крыма. Характером поступления речных наносов во многом обусловлен общий характер распределения донного материала, хорошо отразившийся в расположении литофаций северо-западного шельфа и их мощностей (рис. I.5, I.6). В качестве наиболее общих особенностей распределения шельфовых осадков, обусловленных характером поступления речных наносов, следует указать на приуроченность мощных аккумулятивных тел к устьевым частям рек и на общее убывание величины мощности шельфовых отложений от прибрежной к внешней части северо-западного шельфа (см. I.4.2).

Сведения о вещественном и минеральном составе речного мате-

Таблица I.I

Характеристика стока крупных рек северо-западной части Черного моря

Река	Длина, км	Площадь бассей- на, тыс. км. кв.	Годо- вой сток водн, км	Годо- вой ион сток, млн. т.	Годовой сток рек, млн. т.			Годо- вой сток продук- тов эрозии млн. т.	Интенсивность дену - дации, т/км			К-во твердого стока по отноше- нию к про- дуктам эрозии, %
					взве- шенных	влеко- мых	суммар- ный		хими- ческой	меха- ниче- ской	общей	
Дунай	2900	817	203	59,4	67,5	0,7	68,2	133,9	72,7	91,2	163,9	55,7
Днестр	1360	72	11	3,7	5,0	0,5	5,5	9,2	51,4	76,4	127,8	59,9
Юж. Буг	792	63,7	2,7	1,1	0,4	0,4	0,44	5,5	17,2	6,3	23,5	7,3
Днепр	2280	504	53	7,6	6,0	0,6	6,6	14,2	15,1	13,1	28,2	46,4
Всего:	-	1457	270	71,8	78,9	1,8	80,7	162,8	-	-	-	-

риала и его влиянии на литологию шельфовых отложений можно найти в работах О.К.Алекина (1950, 1950а, 1964), М.А.Глаголевой (1959), М.Г.Барковской (1961, 1972), Г.Ю.Бутузова (1971, 1975), Л.В.Ищенко (1972), И.Ю.Лубченко и И.В.Беловой (1973), Я.В.Бумбу (1973), К.М. Shimkus, E.S.Tzimonis, 1974 и др. Достаточно полное обобщение этих сведений выполнено в монографии "Геология шельфа УССР. Среда, история..." (1982).

Минералогический состав речной взвеси качественно однообразен и представлен преимущественно смешанно-слоистыми слюдо-монтмориллонитовыми образованиями. Количественные вариации основных минералов (гидрослюда, монтмориллонит, каолинит и хлорит) не превышают 5-20% (таблица 1.2) и, по-видимому, не способны решающим образом повлиять на формирование физических и физико-механических свойств шельфовых отложений.

Таблица 1.2.

Минералогическая характеристика речных взвесей северо-западного шельфа (по данным Г.Ю.Бутузовой и др., 1975).

Река	Содержание основных минералов в речной взвеси, %			
	гидрослюда	монтмориллонит	каолинит	хлорит
Дунай	50 - 70	20 - 35	10	5
Днепр	40 - 50	30 - 40	10 - 15	5 - 10

Более существенные различия имеются в содержании органического вещества в речных водах. Так, например, в речных выносах Дуная $S_{орг.}$ в 2-3 раза меньше, чем в водах Днепра (Глаголева, 1959), что существенным образом отразилось в характере ряда важнейших инженерно-геологических свойств осадков в устьевых областях этих рек. В частности, значения показателей влажности, пористости и пластичности илов авандельты Дуная в 1,5-2,0 раза ниже

по сравнению с илами Днепровского и Центрального желобов (см. гл.3.2).

Весьма важным фактором осадконакопления на северо-западном шельфе является морфология и динамика окружающих берегов. Очертаниями берегов, их строением и динамикой во многом определяются различия условий осадконакопления и наличие конкретных типов седиментационных обстановок. Особенно важное значение строение берегов имеет для обстановок прибрежного шельфа - таких как заливы, взморья, затопленные желоба, лагуны и др. В пределах изучаемой территории по морфолого-динамическим признакам В.П.Зенковичем (1958) выделено четыре области: 1) Северная часть Дунайской дельты; 2) Северо-западная (Жебрияны-Очаков); 3) Днепровско-Каркинитская; 4) Западно-Крымская.

Область дельты Дуная протягивается на 45 км от Старостамбульского гирла до Жебриянской косы. Низкие берега аллювиального и лиманно-морского генезиса сложены песчаными и глинистыми грунтами. Преобладающими формами рельефа являются косы, бары и мелкие острова. Берега аккумулятивные со скоростью нарастания до 8м/год (Пазюк, Розовский, 1969). Морское дно на этом участке покрыто мощным слоем глинистых осадков, образованных выносами Дуная (рис. Г.6). Прилегающая часть шельфа представляет собой классический пример авандельты крупной реки, выделенной при региональных исследованиях в качестве одного из опорных полигонов.

Северо-западная область имеет протяженность 232 км и охватывает участок побережья от Сасыкской пересыпи до Днепровско-Бугского лимана. Северо-западную область прилегающей суши В.П.Зенкович (1958) делит на четыре района: Жебрияны-Днестровский лиман; Днестровский лиман - м.Большой Фонтан; побережье Одессы;

Одесская бухта - Очаков. Наиболее характерной особенностью побережий данной области является увеличение высоты берега с запада на восток (от 7-8 м до 40-50 м) и смена типов берегов с аккумулятивных и размываемых первично-аккумулятивных на динамически стабильные, абразионно-обвальные и абразионно-оползневые (Природа..., 1979). Преобладающая роль принадлежит абразионно-оползневым берегам, которые отличаются от абразионно-обвальных большой высотой (до 50-60 м) и наличием многоступенчатой (из 4-6 уступов) оползневой "террасы" (Дранников, 1960; Емельянова, 1960; Зелинский и др., 1968, 1974). Берега на всем протяжении извилистые с узкими пляжами карманного типа. Скорости разрушения берегов различны и меняются по данным Ю.Д.Шуйского (1976) от 0,4-0,5 до 6-7 м/год. В пределах данной области было выделено два опорных участка - Днестровское взморье и Палеоднепровский желоб, существенно различные по условиям осадконакопления. Абразионные берега отмечены только на участке между корневыми частями Тендровской косы и полуострова Джарылгач. Среднегодовые темпы абразии составляют здесь 2-3 м/год (Шуйский, 1976). В пределах Днепровско-Каркинитской области расположены самые мощные на черноморском побережье аккумулятивные образования: остров Джарылгач, Кинбурнская, Тендровская и Бакальская косы, а также ряд примыкающих банок и островов. Процессы абразии имеют локальное развитие и невысокие среднегодовые скорости (0,2-0,3 м/год). Днепровско-Каркинитская и Западно-Крымская области оконтуривают самый крупный на Черном море Каркинитский залив, в пределах которого заложен опорный полигон для постановки детальных исследований.

Из Западно-Крымской области на исследуемой территории расположена только северная часть Тархануцкого полуострова, пред-

была проведена на локальных участках в пределах прибрежной зоны (Лонгинов, 1963; Айбулатов, 1966; Ищенко, 1970, 1971, 1972; Новикова, 1973, 1977; Невесский, 1965, 1967 и др.).

Работы обобщающего и теоретического плана появились сравнительно недавно (Лонгинов, 1963, 1973; Шадрин, 1972; Романовский, 1977; Swift, 1970) и ограничиваются, по сути, анализом правдоподобия различных гипотез, описывающих осадконакопление на шельфе.

В данной ситуации вполне определенный интерес представляют исследования, направленные на выявление региональных особенностей пространственного распределения различных типов шельфовых отложений, а также изменчивости характеристик состава и свойств донных осадков наиболее типичных для шельфов обстановок осадконакопления. Выявленные закономерности пространственной изменчивости состава и свойств отложений различных обстановок осадконакопления могут быть использованы как для построения седиментационных моделей, так и для их проверки.

Осадконакопление в пределах шельфовых областей контролируется, в основном, поступлением исходного материала и гидрологическим режимом водной среды. Характер гидрологического режима северо-западного шельфа определяется приплатформенным его типом и принадлежностью Черного моря к внутриконтинентальным бассейнам.

Черное море - внутренний бесприливный водоем, приливные колебания уровня в котором (до 3-7 см) практически не сказываются на гидрологическом режиме всего бассейна в целом и отдельных его частей. Северо-западная часть Черного моря в структурном отношении принадлежит к платформенным типам шельфов с протяженной выровненной поверхностью и небольшими глубинами дна. В следствие этого северо-западный шельф является районом наиболее интенсивного теп-

была проведена на локальных участках в пределах прибрежной зоны (Лонгинов, 1963; Айбулатов, 1966; Ищенко, 1970, 1971, 1972; Новикова, 1973, 1977; Невесский, 1965, 1967 и др.).

Работы обобщающего и теоретического плана появились сравнительно недавно (Лонгинов, 1963, 1973; Шадрин, 1972; Романовский, 1977; Swift, 1970) и ограничиваются, по сути, анализом правдоподобия различных гипотез, описывающих осадконакопление на шельфе.

В данной ситуации вполне определенный интерес представляют исследования, направленные на выявление региональных особенностей пространственного распределения различных типов шельфовых отложений, а также изменчивости характеристик состава и свойств донных осадков наиболее типичных для шельфов обстановок осадконакопления. Выявленные закономерности пространственной изменчивости состава и свойств отложений различных обстановок осадконакопления могут быть использованы как для построения седиментационных моделей, так и для их проверки.

Осадконакопление в пределах шельфовых областей контролируется, в основном, поступлением исходного материала и гидрологическим режимом водной среды. Характер гидрологического режима северо-западного шельфа определяется приплатформенным его типом и принадлежностью Черного моря к внутриконтинентальным бассейнам.

Черное море — внутренний бесприливный водоем, приливные колебания уровня в котором (до 3–7 см) практически не сказываются на гидрологическом режиме всего бассейна в целом и отдельных его частей. Северо-западная часть Черного моря в структурном отношении принадлежит к платформенным типам шельфов с протяженной выровненной поверхностью и небольшими глубинами дна. В следствие этого северо-западный шельф является районом наиболее интенсивного теп-

лообмена между морем и атмосферой, что во многом обуславливает общую повышенную его гидрологическую активность (Солянкин, 1968).

Наиболее существенным гидрологическим фактором на шельфах, а в особенности на шельфах платформенного типа, считается ветровое волнение. По утверждению В.В. Лонгинова (1982) литодинамика шельфа выше глубин 30 м в океане полностью определяется волнением и связанными с ним потоками. В прибрежной зоне Черного моря действие волн ощущается вплоть до глубин 75 м (Зенкович, 1960). Таким образом, для района наших исследований, расположенного в пределах 50-ти метровой изобаты, фактор ветрового воздействия, по-видимому, имеет первостепенное значение.

В соответствии с гидрологическим районированием Черного моря, проведенным Ю.С. Георгиевым (1972), северо-западный шельф относится к району с преобладанием процессов конвективно-ветрового перемешивания. Процессы конвективно-ветрового перемешивания способствуют в холодный период года наибольшему охлаждению шельфовых вод и проникновению их в южные районы моря с прослеживанием как в поверхностном, так и в промежуточном слоях.

Весьма существенное влияние на гидрологию северо-западного шельфа оказывает речной сток, составляющий в среднем $265 \text{ км}^3/\text{год}$ или 70% общего стока в черноморский бассейн. Режим солености водной среды северо-западного шельфа, будучи тесно связанным с материковым стоком, подчиняется сезонной цикличности и контролируется цикличностью поступления речного стока и характером морских течений. С начала весны на северо-западный шельф поступает до 60% суммарного годового стока, который в летний период сносится циклонической циркуляцией в западную и юго-западную части района. В силу этого соленость морской воды понижается с юго-

востока на северо-запад от 16-17‰ в районе Каркинитского залива до 7-10‰ в районе авандельты Дуная (рис. I.1). В зимний период в результате активного конвективно-ветрового перемешивания вод соленость на всем северо-западном шельфе однородна и составляет 17-18‰ (Среда..., 1982). Максимальные значения солености (18,5‰ и более) приурочены к глубинам свыше 40 м, а также к крупным котловинам типа Центрального желоба и Каркинитского залива.

Кроме поступления речных вод весьма активное воздействие на гидрологию северо-западного района оказывает водообмен с глубинными районами бассейна. В силу высокой энергичности этого водообмена полное обновление воды на северо-западном шельфе происходит приблизительно за год с вовлечением в водообмен 2600 км³/год морской воды, что почти в 10 раз превышает суммарный материковый сток (Большаков, 1967). Областью наиболее активного протекания этих процессов является внешняя часть шельфа - район наименьших темпов осадконакопления и незначительных мощностей донных осадков (рис. I.4, I.5).

Гидрологическая структура водной среды северо-западного шельфа неотделимо связана с общей циркуляцией вод в черноморском бассейне (рис. I.2). Современные представления о циркуляции вод Черного моря опираются на схему, предложенную Н.М.Книповичем (1932). В соответствии с этой схемой водная масса Черного моря охвачена единым циклоническим кольцом, внутри которого выделяются несколько местных циклонических круговоротов (Зенкович, 1958; Богуславский и др., 1975). Главным фактором, обуславливающим общую циклоническую циркуляцию вод являются ветры, имеющие над бассейном преимущественно циклоническую направленность.

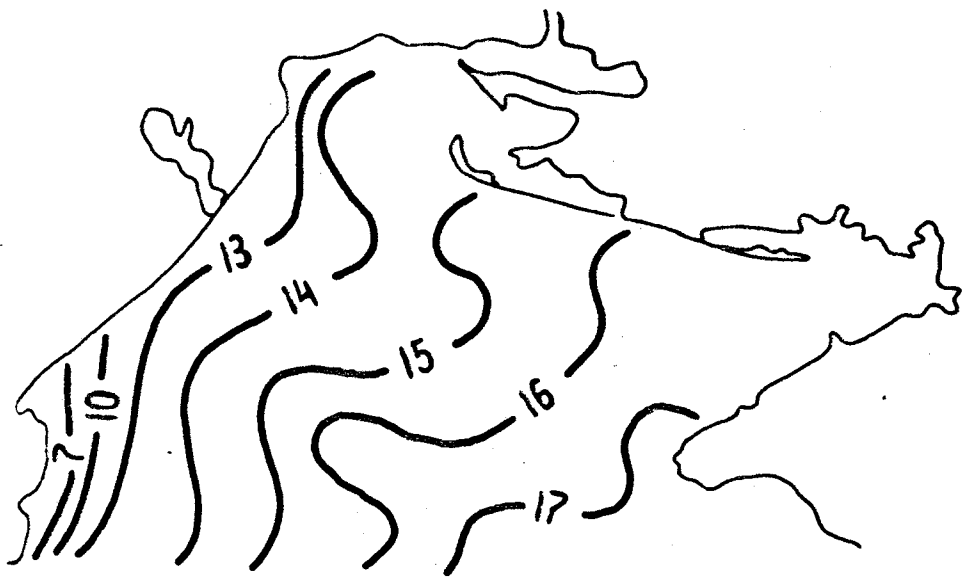


Рис. I.I. Распределение солености (в промилле) поверхностных вод северо-западного шельфа Черного моря (Геология шельфа СССР. Среда..., 1982).

Приведенная на рисунке Г.2, А структура течений северо-западного шельфа существенно связана с изменениями ветрового режима, соответствуя циклонической циркуляции при северо-восточных ветрах (рис. Г.2, Б) и антициклонической - при юго-западных ветрах (рис. Г.2, В). В силу преобладания северо-восточных и восточных ветров на северо-западном шельфе превалирует циклоническая система течений. Максимальные значения скорости поверхностных течений (до 40 см/с) отмечены вблизи Дуная (Среда..., 1982) и обусловлены, по-видимому, усиливающим воздействием дунайских вод. Исследования ИГН АН УССР показали, что общий характер распределения струй течений, в основном, сохраняется и на глубинных горизонтах, несколько уменьшаются лишь скорости течений. Существенные снижения скоростей наблюдаются при удалении от берега на расстояние свыше 20-30 миль и на глубинах более 50 м, где значения скорости не превышают 10-15 м/с.

Подробные натурные исследования придонных течений на северо-западном шельфе были выполнены сотрудником ПЛИГ ОГУ Б.Ф.Осинской (Розовский, Баландин, Иванов, др., 1975). В процессе многолетних исследований установлено, что изменчивость скоростей имеет очаговый характер с возрастанием величин скорости над положительными формами рельефа. С характером расположения на шельфе придонных скоростей хорошо согласуются главные особенности регионального распределения различных литологических типов донных осадков, а также ряда показателей состава и свойств. В частности, области залегания глинистых осадков соответствуют областям шельфа, скорости придонных течений на которых не превышают, как правило, 10 м/с. Над областями развития песчано-ракушечных отложений преобладающими являются скорости течений 10-15 м/с и более. Максимальные значения скоростей придонных течений (15-20 м/с и более) приурочены

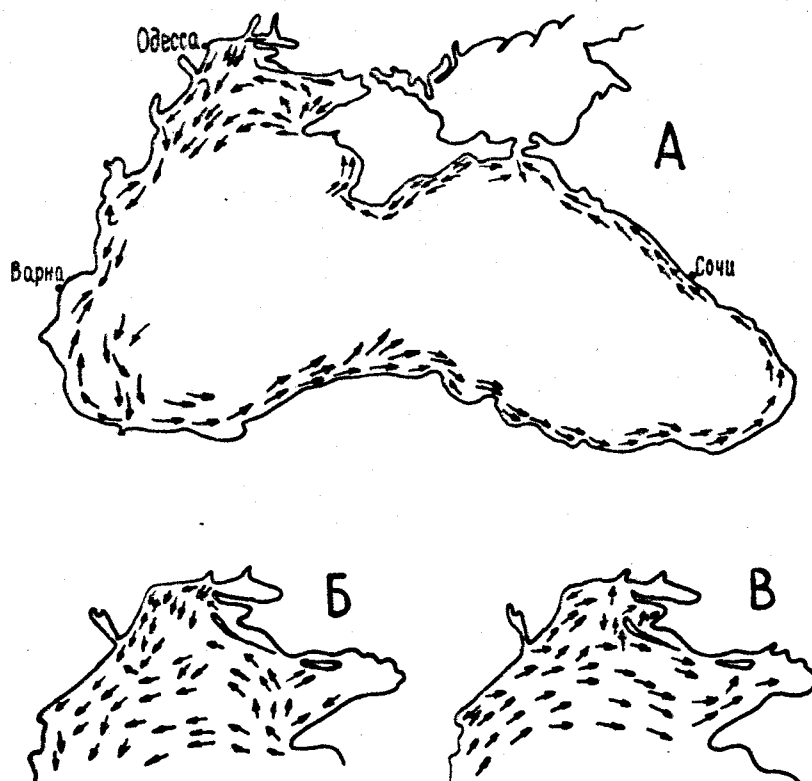


Рис. 1.2. Схема поверхностных течений в шельфовой зоне Черного моря (А) и на северо-западном шельфе при северо-восточных (Б) и юго-западных (В) ветрах (Геология шельфа СССР.Среда...,1982).

ны к водораздельным пространствам вблизи Тендровского и Днестровского взморий, причем не у самого берега, а на удалении 10-20 км и более. Повышенными значениями скоростей придонных течений Центрального желоба по сравнению со скоростями течений в Каркинитском заливе объясняется и пониженная дисперсность илов первой из двух названных качественно равноценных впадин северо-западного шельфа.

Волновой режим, являющийся основным для северо-западного шельфа, преимущественно обусловлен ветровым режимом, о чем свидетельствует повторяемость ветровых волнений, достигающая 90-93%. Как говорилось ранее, район исследований расположен в зоне ветров с повышенными скоростями, среднегодовые значения которых составляют 4-6 м/с, а максимальные - до 30-40 м/с.

Максимальные высоты ветровых волн, зарегистрированные на северо-западном шельфе, составляют 4-4,8 м, средние из максимальных месячных за год изменяются от 1,1 м до 1,8 м. Средняя годовая повторяемость волнения в 4 балла и выше колеблется в пределах района исследований от 22 до 38% (Георгиев, 1972), увеличиваясь с северо-запада на юго-восток. Наиболее крупные волнения (с высотами более 2,0 м) связаны с восточными ветрами.

Кроме волнения ветровым явлениям сопутствуют сгонно-нагонные колебания уровня моря, разделяющиеся на сезонные, суточные (бризовые) и случайные. Наиболее существенными сгонно-нагонными колебаниями являются сезонные, приуроченные к осенне-зимнему периоду с масштабностью вариаций более 30 см (Среда..., 1982). По данным исследований ИГН АН УССР северо-западный шельф является районом с однородной изменчивостью и общим высоким положением уровня. В западной части максимальные нагоны связаны с восточными

ми и северо-восточными ветрами, близ побережья Одесса - Очаков - с юго-восточными, в районе Каркинитского залива - с южными и юго-западными ветрами. Зарегистрированные величины сгонов и нагонов составляют близ Приморского 88 см и 61 см, а близ Одессы - 99 см и 157 см соответственно.

Довольно значимой формой колебаний уровня Черного моря являются сейши, природу которых связывают с гравитационными силами и приливом, выделяя по месту проявления бухтовые и региональные сейши. Сейши черноморского шельфа существенно различаются по своим характеристикам. По результатам 10-ти летних наблюдений, проведенных ИГН АН УССР, на черноморском шельфе отмечены как короткопериодные сейши с периодом колебаний от 2-3 до 15-20 мин., так и длиннопериодные, период которых составляет 1-3 и даже 12 часов. Амплитуды короткопериодных сейш не превышают 5 см, у сейш с более крупными периодами (более 15-20 мин.) амплитуды доходят до 50-60 см, что составляет практически значимые величины.

Все описанные колебания уровня имеют незакономерный характер проявления и, в силу своей природы и малой масштабности действия, являются составными частями случайной компоненты динамики водной среды. Суммарное проявление их в гидрологическом режиме шельфовых областей можно представить как "шум моря", интерпретация роли которого в осадконакоплении на содержательном уровне практически невозможна (см. гл. I.6 и 4.2).

Резюмируя, гидрологию водной среды северо-западного шельфа можно описать как опресненную, активную, бесприливно-волновую с наличием всех сопутствующих типов течений.

Северо-западный шельф является районом накопления преимущественно биогенно-терригенных осадков. При этом, главная роль

принадлежит терригенной компоненте, о чем свидетельствуют прежде всего площади и объемы терригенных осадков, покрывающих морское дно. Суммарная площадь глинистых и песчаных отложений, подсчитанная по картам литофаций голоценового времени (рис. I.4, I.5), составляет для новочерноморских осадков 47%, а для доновочерноморских осадков - почти 65% территории. Объем накопившихся за голоцен глинистых осадков равняется 29,6 км³, а песчаных - 9 км³, что составляет 60% и 18% от общего количества голоценовых отложений. Глинистые и песчаные фации обладают, как правило, и максимальными мощностями, достигающими на ряде участков 5-10 м и более.

Основными источниками терригенного материала на северо-западном шельфе являются абразия клифов и бенчей, речной вынос, а также эоловый снос. Поступление биогенного материала обусловлено, в основном, продуктивностью бентосных форм, главная роль среди которых принадлежит различного рода моллюскам.

Наиболее полно и обстоятельно вопрос питания и динамики наносов северо-западной части Черного моря рассмотрен в работах Ю.Д. Шуйского (1974, 1976, 1976а, 1979, 1981 и др.), а также в работах ряда других авторов (Зенкович, 1958, 1962; Айбулатов, 1966; Ищенко, 1971, 1972; Хрусталева, 1974, 1978 и др.). Несмотря на то, что данные исследования велись, в основном, в прибрежной части шельфа, их результаты могут быть использованы для построения общей картины поступления осадочного материала на шельф.

В соответствии с приведенными в предыдущем разделе данными сток речных наносов Причерноморья представлен, главным образом, выносами крупных рек и составляет 80,7 млн. т/год. Однако, далеко не все это количество наносов поступает на шельф. По результатам многолетних наблюдений Дунайской и Днепровской устьевых станций

в открытое море выносятся лишь от I до 10% твердого стока рек. Расчеты Ю.Д.Шуйского (1979) показали, что в северо-западную часть Черного моря поступает около 10 000 тыс.т/год речных наносов, из которых 9 050 тыс.т/год приходится на взвешенные, а 800 тыс. т/год - на влекомые наносы. Подавляющая часть влекомого материала остается в пределах береговой зоны и, захватываясь вдольбереговыми потоками наносов, участвуют в берегоформирующих процессах и в аккумуляционных процессах прибрежной части шельфа. Кроме влекомых наносов в береговой зоне остается значительная часть взвешенного речного материала, отложения которого приурочены либо к участкам сосредоточенного поступления материала, либо к изолированным акваториям лагунного и эстуариевого типов.

Участки сосредоточенного поступления осадочного материала, называемые также участками лавинной седиментации (Лавинная седиментация в океане, 1982), на северо-западном шельфе приурочены к устьевым частям крупных рек - авандельте Дуная, вершине Палеоднепровского желоба, устью Днестровского лимана. Мощности голоценовых осадков песчано-глинистого состава достигают здесь 5-10 м и более. Наиболее показателен в этом смысле район авандельты Дуная, скорость выдвигания фронта которой составляет 100-120 м/год, а мощность песчано-глинистой толщи осадков - десятков метров. Призма чистых тонкозернистых илов (с содержанием фракции < 5 мкм до 95-99%) облекает все песчаное побережье Дуная полосой, ширина которой последовательно возрастает с севера на юг от 4-5 км до 10-15 км. На глубинах 18-20 м призма авандельтовых илов выклинивается и сменяется илистыми ракушечниками.

Объемы терригенного материала поступающего на северо-западный шельф от абразии берегов и морского дна рассчитаны по данным

Ю.Д.Шуйского (1979), полученных при исследованиях на опорных участках украинского побережья Черного моря. Общий объем абразионного смыва из клифов в пределах района исследований составил 4 688 тыс.м³/год. Из всего этого количества терригенного материала 272 тыс.м³/год приходится на наносы волнового поля размерностью более 0,1 мм, а 4 416 тыс.м³/год тонкозернистого материала выносится на шельф. Суммарный объем размыва дна составляет 5 035 тыс.м³/год. Из них 820 тыс.м³/год обломочного материала крупнее 0,1 мм идет на пополнение вдольбереговых потоков наносов, 4 215 тыс.м³/год выносится за пределы береговой зоны. Объемы абразии бенчей и клифов северо-западного шельфа примерно сопоставимы между собой. При этом, в результате абразии бенчей наносов волнового поля поступает почти в 4 раза больше, чем от абразии клифов. При сравнении объемов наносов волнового и неволнового полей необходимо учитывать истираемость донного материала. Наибольшему истиранию подвергается терригенный материал крупностью более 5 мм и створки моллюсков, величины истираемости которых составляют на украинском шельфе 10% и 21% соответственно (Шуйский, 1981).

Гораздо труднее в балансе шельфовых наносов учесть объемы поступления эолового и биогенного материалов. Основными источниками поступления эолового материала на черноморском шельфе являются ветровые подвижки песчаного материала с суши и песчаные бури. По результатам многолетних исследований на пересыпях северо-западного шельфа сумма ветропесчаных подвижек на море превышает сумму подвижек с моря на сушу на 10-15% или на 5-6 м³/м в год. Длина песчаных аккумулятивных форм северо-западного побережья составляет около 240 км. Таким образом, с учетом удельного сноса

исходный объем золотого материала составит приблизительно I 300 тыс.м³/год. Учитывая, что почти 70% сноса задерживается на пересыпях растительностью либо повторно выбрасывается волнением на берег (Шуйский, I979; Воскобойников, Розовский, Комарова и др., I980) объем золотого сноса с берегов в море можно оценить цифрой порядка 400 тыс.м³/год.

Наименее изученным из важных элементов седиментационного баланса является золотая пыль, поступающая на шельф в следствие пылевых бурь. На основе данных натуральных наблюдений Б.А.Аполлова (I927) и И.А.Хрипунова (I974) по северо-каспийской области среднесуточное поступление золотой пыли для аналогичной по климатическим и физико-географическим характеристикам области северо-западного шельфа может быть принято равным 0,25-0,28 г/м². При таких темпах поступления годовой объем золотого пылевого материала составит I00 г/м² или 2 950 тыс.тонн на весь район исследований. Таким образом, в сумме с береговым сносом общий объем золотого материала, поступающего на северо-западный шельф равен 3 350 тыс.тонн в год.

Поступление биогенного материала связано, в основном, с жизнедеятельностью бентосных форм, главная роль среди которых принадлежит различного рода моллюскам. Роль планктонных и нектонных форм в общем балансе биогенного материала малосущественна. По данным Института биологии южных морей концентрация фитопланктона и зоопланктона в водах северо-западного шельфа сопоставима и составляет в среднем 0,1-0,3 г/м³ в то время как средняя биомасса макрозообентоса равна 300-400 г/м².

Роль биогенной составляющей в донных осадках шельфа стало возможным оценить с получением карт распространения биоценозов

и определением продуктивности их скелетной части. Продуктивность скелетной части донных моллюсков меняется как на всем северо-западном шельфе (Биология..., 1967), так и на отдельных его участках (Шуйский и др., 1981) от нескольких г/м² до 1 500 г/м² и более. Средние значения продуктивности 1 м² для северо-западного шельфа составляет 300-400 г, что с учетом 3-4-х летней продолжительности жизни моллюсков даст величину биопродуктивности порядка 100 г в год на 1 м² и 2 950 тыс. т/год на всем шельфе. Учитывая, что около 30% скелетной части моллюсков расходуется на истирание (Шуйский, 1979) роль биогенной составляющей может быть оценена в 2 065 тыс. т/год. Таким образом, на северо-западный шельф реками, абразией берегов, абразией дна и эоловым сносом доставляется 9850+4688+5035+3350=22 923 тыс. тонн терригенного материала в год. Биогенного материала поступает 2 065 тыс. т. в год. Общий объем осадочного материала, поступающего за год на северо-западный шельф составляет почти 25 млн. тонн.

1.3. Краткая геолого-структурная характеристика

Структурно-тектоническое положение района исследований определяется расположением его в пределах Причерноморской впадины, выделенной А.Д. Архангельским (1932) в качестве самостоятельной единицы альпийской складчатой системы. Исследования М.В. Муратова (1946, 1962, 1969) позволили выделить в пределах Причерноморской впадины систему краевых передовых прогибов и отнести эту крупную отрицательную мегаструктуру к краевой зоне Восточно-Европейской докембрийской платформы.

В современном тектоническом плане Причерноморская впадина представляет собой гетерогенный по возрасту складчатого основания субширотный прогиб блокового строения, выполненный мощной тол-

шей мезозойско-кайнозойских отложений. На севере впадина ограничена Украинским кристаллическим щитом, на юге, в акватории бассейна - краевыми структурами альпийской складчатости, на западе - палеозоидами Добруджи и внешним бортом Предкарпатского прогиба и на востоке - Индоло-Кубанским прогибом. Платформенный чехол северного борта впадины сложен в нижней части карбонатно-глинисто-терригенными породами раннего палеозоя, а в верхней - триаса и юры. Под осадочным чехлом залегают архейско-протерозойские кристаллические образования, кровля которых погружается к югу. Эпигерцинский фундамент наиболее прогнутой центральной части впадины и ее южного борта образован складчатыми структурами байкалид, каледонид, герцинид и ранних киммерид.

Н.И. Николаевым (1970) Причерноморская впадина была расчленена на две тектонические зоны - западную и восточную с границей между ними по меридиану г. Симферополь. Западная тектоническая зона с присущим ей субширотным и северо-восточным простиранием геофизических аномалий (магнитных и силы тяжести) и асейсмичностью условий является типично платформенной областью. Основными структурными элементами северо-западной платформенной области являются периферическая часть Восточно-Европейской платформы и Скифская эпипалеозойская плита. Положение границы между этими структурами различными авторами определяется по-разному. В последней обобщающей монографии по тектонике северо-западного шельфа (Моргунов и др., 1981) показано 14 вариантов положения границы, предложенных в период с 1945 по 1969 гг.

Решение вопроса о положении южной границы Восточно-Европейской платформы большинством исследователей связывается с изучением геологического строения о. Змеиного (Муратов, 1964; Ткаченко

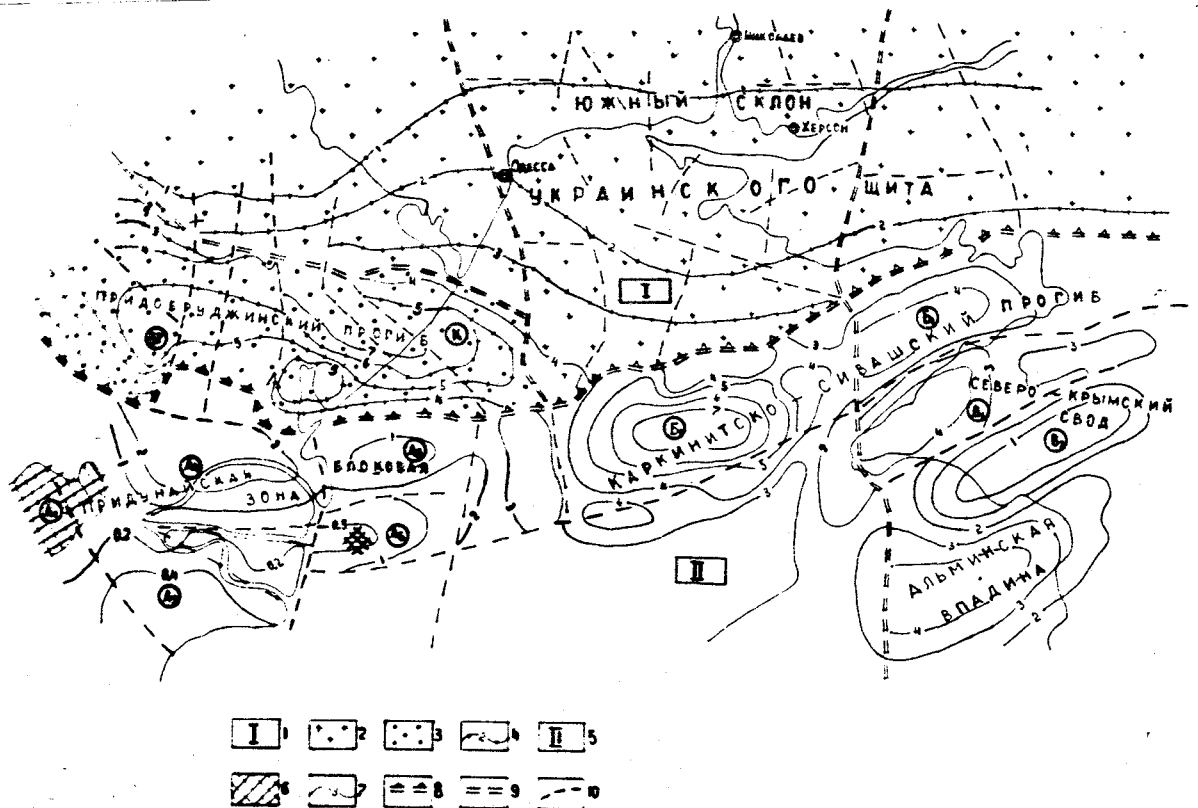


Рис. I.3. Тектоническая карта северо-западной части Черного моря по И.Н.Сулимову, И.П.Зелинскому, Л.В.Ищенко, В.И.Самсонову, А.Л.Шепилову, 1981 г. (Сулимов, 1984)

I - Восточно-Европейская древняя платформа, 2 - южный склон Украинского щита, 3 - Придобруджинский перикратонный прогиб (БГ - Болград-Тарутинский грабен, К - Крыловская впадина), 4 - изогипсы кровли докембрийского фундамента, 5 - Скифская эпигерундинская платформа: А - Придунайская блоковая зона (Б, А₁ - выходы палеозойского фундамента, А₂ - Ренийское поднятие, А₃ - Бабадагский блок, А₄ - Измаил-Килийская впадина, А₅ - Вилковский блок, А₆ - Змеиноостровский горст), Б - Каркинитско-Сивашский прогиб (Б₁ - Каркинитская впадина, Б₂ - Сивашская впадина), В - Северо-Крымский свод (В₁ - Тарханкутская зона поднятий, В₂ - Новоселовское поднятие), Д - Альминская впадина, 7 - изогипсы кровли палеозойского фундамента, 8 - краевые швы платформы, 9 - глубинные разломы, 10 - региональные разломы

и др., 1969; Гаркаленко и др., 1969; Самсонов, Краснощек, 1969; Чекунов, 1972; Сулимов и др., 1975, 1980; Моргунов и др., 1976, 1981 и др.). Дополнительную ценность изучению геологии о. Змеиного придает отсутствие достоверной информации о физических свойствах, возрасте и фациях древних (домезозойских) пород, что затрудняет интерпретацию большого объема собранной геофизической информации.

Подробные исследования, проведенные сотрудниками Одесского госуниверситета (Сулимов и др., 1973, 1980) показали, что толща конгломерато-брекчий из силицитовых пород с прослоями песчано-кварцитов, обогащенных пирокластическим материалом, по остаткам остракод и панцирных рыб имеет раннедевонский возраст. По комплексу геологических признаков эта толща параллелизуется со складчатыми структурами палеозойд, где по аналогии с Северной Добруджей, вероятно, проявилась не только герцинская, но и позднекаледонская фаза тектогенеза. В соответствии с полученными результатами группа названных авторов (Сулимов, Зелинский, Ищенко и др., 1981) проводят южную границу Восточно-Европейской платформы севернее Вилковского поднятия (рис. 1.3) - Килийско-Змеиного горста по Ю.Г. Моргунову с соавторами (1981). Близкое к этому положение границы дано и в последней монографии по тектонике северо-западного шельфа (Моргунов и др., 1981).

По данным бурения и сейсмического зондирования зона сочленения разновозрастных платформ в пределах северо-западного шельфа образует краевой шов в понимании Н.С. Шатского (1946), В.М. Муратова (1949, 1955) и А.А. Богданова (1964). В геолого-структурном плане краевой шов представлен горстообразным поднятием, сложенным палеозойскими образованиями, деформированными в заклю-

чительную фазу формирования герцинской складчатой области (Моргунов и др., 1981). Краевой шов является поверхностным выражением палеозойской зоны глубинного разлома. На акватории северо-западного шельфа горстообразная зона сочленения двух платформ выражена поднятиями Сельского, Архангельского, Голицына, Шмидта и др.

В структурном плане Причерноморской впадины видная роль принадлежит дизъюнктивной тектонике, связанной с ортогональной системой длительно развивавшихся глубинных разломов. Схемы дизъюнктивной тектоники содержатся в работах В.Б.Соллогуба (1960), И.А.Гаркаленко (1969), А.В.Чекунова (1972) и др. Наиболее древними являются субмеридиональные глубинные разломы, заложенные еще в дорифейское время. Густая сеть более молодых разломов рифейского и палеозойского возраста, пересекая субмеридиональную систему, разбивает платформенную область на ряд крупных блоковых структур типа горстов и грабенов, испытывавших на протяжении всей геологической истории бассейна дифференцированные вертикальные и горизонтальные движения относительно друг друга. Наиболее крупными мегаблоками Причерноморской впадины являются Придобруджинский и Каркинитско-Сивашский прогибы, а также, разделяющий их Придунайский горстовый мегаблок (рис. 1.3). В пределах этих крупных тектонических элементов выделяется ряд блоков низшего порядка.

Придунайский горстовый мегаблок расположен к западу от Одесского глубинного разлома в придунайской шельфовой зоне и пространственно соответствует (частично) выделенному В.И.Самсоновым и др. (1969) Кагульско-Бакальскому выступу докембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы, соотносимому с блоковыми структурами палеозойской (Сулимов, Зелинский, Ищенко и др., 1981).

По геофизическим данным, приводимым П.А.Гаркаленко и А.Я.Краснощеком (1965) в пределах Придунайского мегаблока выделяется два горстовых поднятия - Вилковское (на севере) и Змеиное (на юге). Придунайская блоковая зона представляет собой крупный сегмент складчатых палеозид, перекрытый маломощным чехлом мезозойско-кайнозойских осадков, выходящих местами (о.Змеиный) на дневную поверхность. Вилковское и Змеиное поднятия разделяются узким субширотным прогибом, осложненным региональным разломом. Кроме названных поднятий в пределах мегаблока выделяются ряд других блоковых структур (Ренийское поднятие, Бабадагский блок, Измаил-Килийская впадина, выходы палеозойского фундамента).

Придобруджинский прогиб по своему положению соответствует Западно-Черноморской краевой синеклизе Восточно-Европейской платформы, выделенной А.И.Самсоновым и А.Я.Краснощеком (1969). Северной границей прогиба является субширотный глубинный разлом Белгород-Днестровский - Комратского направления, восточной границей - глубинный Одесский разлом. Южная граница прогиба проходит вдоль краевого шва, оконтуривающего Восточно-Европейскую платформу.

В наиболее опущенной зоне прогиба (район Каменка-Татарбунары) кровля докембрийского фундамента по данным сейсморазведки фиксируется на глубине 7 км (Слюсарь, 1971). Вскрытая скважинами толща суммарной мощностью до 4,5 км представлена глинисто-сульфатно-карбонатными породами возрастом от силура до триаса включительно. Длительность прогибания седиментационного бассейна, значительная мощность средне- и верхнепалеозойских пород, а также "эжективное" строение структур являются типичными признаками перикратонных опусканий, в понимании Е.В.Павловского (1959). Учи-

тывая эти доводы, представляется более правильным назвать рассматриваемую палеозойскую структуру Придобруджинским перикратонным опусканием (Сулимов, 1984).

Важную роль в строении Придобруджинского прогиба играют разрывные нарушения, обусловившие глыбовое строение региона, где перемежаются горст-антиклинали, грабен-синклинали и приразломные складки. Наиболее крупными тектоническими элементами, выделяемыми в пределах прогиба, являются Крыловская и Молдавская впадины. Крыловская впадина, расположенная в юго-восточной части прогиба, выполнена мощной толщей (5-6 км) палеозоя и триаса, несогласно перекрытой трансгрессивной серией юрско-меловых отложений мощностью до 1,5 км. Молдавская впадина наложена на структуру палеозойского перикратонного прогиба в виде грабен-синклинали юрского времени. В целом Молдавская впадина выполнена средне- и верхнеюрскими отложениями с редкими останцами нижней юры (район Тулчи), представленными глинистыми песчаниками с прослоями глин (Моргунов и др., 1981). Юрская толща, начиная с байоса, имеет мощность до 3 км, содержит базальные конгломераты в подошве и залегает на различных горизонтах палеозоя (Сулимов, 1984). Северо-западное простираие впадины согласуется с ориентировкой складчатых сооружений Северной Добруджи.

Каркинитско-Сивашский прогиб в структурном отношении образован двумя впадинами: Сивашской и Каркинитской. Как единая отрицательная мегаструктура, Каркинитско-Сивашский прогиб занимает обширную область Причерноморья, протянувшуюся в субширотном направлении от Одесского глубинного разлома до Азовского моря.

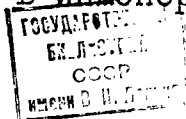
Основанием центральной и южной части прогиба является эпипалеозойский складчатый фундамент, в строении которого принимают

участие герцинские, ранне-кimmerийские и байкальские образования (Плахотный, 1969). В основании северного борта прогиба залегает докембрийский фундамент Восточно-Европейской платформы. Наиболее опущенной является осевая зона современного Каркинитского залива, где по геофизическим данным глубина залегания фундамента достигает 8-10 км в то время как в районе Степного Крыма не превышает 6-7 км. Прогиб выполнен мощной толщей мезозойско-кайнозойских пород, из которых, судя по данным бурения на поднятии Голицына, наибольшей мощностью (до 2 000 м) обладают палеогеновые отложения.

Строение Каркинитско-Сивашского прогиба асимметричное - южный борт, осложненный системой продольных разрывных нарушений, уже и круче северного. В структуре осадочного чехла прогиба по геофизическим данным (Гаркаленко и др., 1969) выделяется ряд пологих субширотных поднятий (Архангельского, Сельского, Голицына, Гамбурцева и др.), отражающих горстовые блоки фундамента.

1.4. Стратиграфо-литологическая и инженерно-геологическая характеристика неоген-четвертичного разреза

Область северо-западного шельфа Черного моря, как и большинство шельфов Мирового океана, приобрела современный облик в результате затопления материковой окраины в период позднеплейстоцен-голоценовой трансгрессии. Развитие послеледниковой трансгрессии привело к перекрытию древних континентальных и морских образований прибрежной суши более молодыми осадками лиманно-морского генезиса. В следствие этого верхняя толща отложений мощностью в первые десятки метров, наиболее важная в инженерно-гео-



логическом отношении, приобрела существенно неоднородный облик в возрастном, генетическом и литологическом аспектах.

Нижняя часть толщи представлена породами субаэрального и морского генезиса, общими наиболее существенными чертами которых является достаточная продолжительность последующего континентального этапа развития, сопровождавшегося их дегидратацией, уплотнением и упрочнением. Верхняя часть толщи образована молодыми осадками, сформировавшимися в морских условиях за короткий период послеледниковой трансгрессии Черного моря. Отличительными особенностями голоценовых осадков являются молодой возраст, не превышающий 10 тысяч лет, и морской генезис, обусловившие низкую прочность, высокую пористость и сжимаемость морских грунтов.

Неоднородность строения, состава и свойств поверхностной толщи шельфовых отложений требуют типизации грунтов и расчленения толщи в процессе региональных инженерно-геологических исследований. Принципы расчленения грунтовых толщ при инженерно-геологической оценке местности, сформулированные И.В. Поповым (1961) для условий суши, предполагают выделение поверхностных отложений и коренной основы. В соответствии с этими принципами в практике региональных исследований, проводимых на черноморском шельфе рядом геологических организаций (ПКГРЭ, Коммунстрой, ЧГЭ, Черноморниипроект, ПЛИГ ОГУ и др.) принято к поверхностным отложениям относить позднеплейстоцен-голоценовые осадки лиманно-морского генезиса, а к грунтам коренной основы - континентальные и морские отложения неоген-четвертичного времени, прошедшие стадию уплотнения и упрочнения в субаэральных условиях (Розовский, Баландин, Воскобойников и др., 1975; Воскобойников, Розовский, Комарова и др., 1980; Подоплелов, Карпов, Иванов и др., 1977 и др.).

1.4.1. Породы коренного субстрата

Стратиграфия и литология комплекса пород основы наряду с характером их состава и свойств получили достаточно полное освещение в работах ряда исследователей (Ротарь, 1971, 1974; Ротарь и др., 1974; Розовский, 1972; Розовский и др., 1972а, б; Баландин, Богуненко, 1977, 1979; Бабинец и др., 1981), а также в отчетах ПЛИГ, ПКГРЭ и других организаций (Розовский, Баландин, Воскобойников и др., 1975; Воскобойников, Розовский, Комарова и др., 1980; Подоплелов, Карпов, Иванов и др., 1977; Сибирченко, Карпов, Иванов и др., 1982). В связи с этим представляется возможным ограничиться в данном разделе кратким стратиграфо-литологическим и инженерно-геологическим описанием пород основы и более подробно остановиться на стратиграфии и литологии поверхностного чехла осадков, являющихся непосредственным объектом исследований.

Породы коренной основы северо-западного шельфа относятся к киммерийско-альпийскому и позднеальпийскому структурным этажам, образованным соответственно терригенно-карбонатной и терригенной формациями.

Терригенно-карбонатная формация киммерийско-альпийского структурного этажа в ее верхней 10-ти метровой части представлена: 1) отложениями верхнесарматского подъяруса N_1S_3 ; 2) отложениями меотического яруса N_1M ; 3) отложениями понтического яруса N_2P .

Позднеальпийский структурный этаж представлен терригенной формацией, сложенной преимущественно континентальными отложениями позднего плицена и плейстоцена, а также осадками морского генезиса куяльницкого, киммерийского и карангатского времени. В состав формации входят: 1) отложения киммерийского (N_2Kw) и куяль-

ницкого ($N_2 kj$) ярусов; 2) красно-бурные глины (N_2^{2-3}); 3) нерасчлененные аллювиальные отложения верхнеплиоцен-нижнечетвертичного времени ($N_2^3-Q_1$); 4) нижнечетвертичные аллювиальные отложения (alQ_1); 5) нижнечетвертичные эолово-делювиальные отложения (vdQ_1); 6) среднечетвертичные аллювиальные отложения (alQ_{II}); 7) среднечетвертичные эолово-делювиальные отложения (vdQ_{II}); 8) отложения карангатского горизонта ($Q_{III}kr$); 9) верхнечетвертичные аллювиальные отложения (alQ_{III}); 10) верхнечетвертичные эоловые отложения (vQ_{III}); II) верхнечетвертичные эолово-делювиальные отложения (vdQ_{III}).

Из всего комплекса неоген-четвертичных отложений в строении чехла голоценовых осадков наиболее контрастно отразились особенности регионального распространения отложений четвертичной системы. В пределах района исследований ниже- и среднечетвертичные отложения представлены двумя генетическими комплексами - аллювиальным комплексом террас Днепра, Дуная, Днестра и мелких рек, а также комплексом эолово-делювиальных образований. Верхнечетвертичные отложения содержат три генетических комплекса отложений - аллювиальный, эолово-делювиальный и комплекс лиманных и лиманно-морских отложений карангатского горизонта. Наличием в толще четвертичных отложений акватории северо-западного шельфа двух генетических комплексов - аллювиального и эолово-делювиального, а также характером пространственного их распространения во многом обусловлен общий геолого-геоморфологический план, на котором развивалась голоценовая трансгрессия Черного моря.

Ниже-верхнечетвертичный аллювиальный комплекс достаточно широко развит на всем северо-западном шельфе и, покрывая обширные пространства от дельты Дуная до Каркинитского залива, наиболее

Таблица I.3

Показатели физико-механических свойств средне-верхнечетвертичных глинистых аллювиальных отложений района Днестровского взморья (по данным ПКГРЭ Объединения "Крымморгеология")

Естественная влажность, %	Объемная масса, г/см ³	Плотность, г/см ³	Коэфф. пористости	Коэфф. водонасыщения	Число пластичности, %	Компрессионные и сдвиговые показатели					
						Вертикальная нагрузка, МПа	Коэфф. пористости	Коэфф. уплотнения, см ² /кг	Модуль общей деформации, МПа	Сцепление, МПа	Угол внутреннего трения, градус
22	2,02	2,73	0,645	0,91	13	0,645	-	-	0,037	22	0,40
						0,025	0,633	-	-		
						0,050	0,620	0,0264	6,2		
						0,100	0,604	0,0288	5,7		
						0,150	0,594	0,0263	6,3		
						0,200	0,583	0,0251	6,5		
						0,300	0,566	0,0225	7,3		

полно представлен в современных понижениях морского дна (Центральный желоб, Каркинитский залив, Палеоднепровский и Палеоднестровский желоба), приуроченных, главным образом, к погребенным речным долинам. Абсолютные отметки кровли аллювиального комплекса колеблются на шельфе от -1 м до -40 м. Генетически представлен русловыми, террасовыми, озерными и дельтовыми отложениями, литологически - песками, глинами и их переходными разностями.

Пески светло- и голубовато-серые, кварцевые иногда с редким мелким детритом, мелкозернистые и среднезернистые с косой и диагональной слоистостью. Связные грунты представлены алевритами и глинами. Алевриты распространены на небольших площадках и залегают, обычно, в кровле аллювия. Цвет алевритов серый и зеленовато-серый. По крупности изменяются от мелких, глинистых до крупных опесчаненных. Глины обладают наибольшим площадным распространением и мощностью, залегают, как правило, в кровле либо в виде прослоев и линз. Цвет изменяется от зеленовато-серого до серо-зеленого, консистенция от тугопластичной до твердой. Состав преимущественно монтмориллонитовый с примесью каолинита и гидрослюд. Характеристика физических и физико-механических свойств четвертичного аллювиального горизонта представлена в таблице I.3.

Нижне-верхнечетвертичные эолово-делювиальные отложения имеют широкое распространение и покрывают обширные водораздельные пространства в районе Дунай-Днестровского и Днестр-Днепровского междуречий, к югу и юго-западу от Тендровского взморья и на других участках. В геоморфологическом строении северо-западного шельфа водораздельные пространства представлены возвышенными участками плоского дна, покрытого маломощной толщей песчано-ракушечных отложений. Глубина залегания кровли эолово-делювиально-

го комплекса меняется на шельфе от -I до -20- 25м. Величины суммарной мощности уменьшаются от 30-40 м в прибрежной части до 20-30 м на шельфе. Комплекс эолово-делювиальных отложений сложен лессовыми и лессовидными суглинками и супесями.

Лессовидные суглинки красно-бурые и желтовато-бурые по цвету, средние иногда тяжелые, пылеватые, карбонатизированные с кристаллами гипса, пятнами и дендритами гидроокислов марганца и железа. В толще суглинков содержится, как правило, до 4-х горизонтов ископаемых почв (Баландин, Ротарь, 1980). Супеси аналогичны по цвету, легкие, песчаные, пластичные с карбонатными стяжениями и редкими включениями гидроокислов марганца и железа.

Сравнительный анализ физических свойств пород этого комплекса побережья с их аналогами на шельфе (табл. I.4) позволил установить (Ротарь, 1974), что при переходе лессовых пород в субаквальные морские условия происходит их водонасыщение и уплотнение, что сопровождается упрочнением и частичной потерей просадочных свойств.

В целом величины изменения физических характеристик лессовых пород незначительны и являются благоприятными с инженерно-геологической точки зрения.

I.4.2. Чехол голоценовых отложений

Толща поверхностных отложений, образующих покровный чехол северо-западного шельфа, сложена новозвксинскими, древнечерноморскими и новочерноморскими слоями осадков лиманно-морского и морского генезиса. Данные слои сформировались в течение голоценовой трансгрессии Черного моря за последние 10-11 тыс. лет и залегают на расчлененной субаэральной поверхности выравнивания преимущественно четвертичного возраста. Голоценовые осадки северо-

Таблица I.4.

Сравнительная характеристика физических свойств лессовидных пород шельфа и побережья северо-западного Причерноморья (Ротарь, 1974)

Наименование пород и структурное положение	Показатели физических свойств								
	Объемная масса г/см ³	Объемная масса скелета, г/см ³	Пористость %	Кoeff. пористости	Кoeff. водонасыщения	Естественная влажность, %	Предел текучести %	Предел раскатывания %	Число пластичности, %
Суглинки побережья	1,62	1,42	47,2	0,89	0,44	0,14	29	15	14
Суглинки шельфа	2,04	1,72	37,9	0,61	0,96	0,22	32	18	14
Глины побережья	1,85	1,55	42,8	0,75	0,64	17	38	19	19
Глины шельфа	1,98	1,57	43,1	0,74	0,95	25	45	23	22

западного шельфа являются биогенно-терригенными образованиями, представленными илами, песками, ракушечниками и их переходными разновидностями. Строение, состав и свойства чехла голоценовых осадков существенно обусловлены облегающим залеганием и тесной связью с рельефом коренной основы шельфа.

По рельефу субаэральной поверхности на территории северо-западного шельфа можно выделить два основных типа областей:

- области пониженного впадинного рельефа палеодолин и впадин, выполненных аллювиальными и озерно-аллювиальными отложениями;
- области приподнятого плоского рельефа водораздельных пространств, сложенных лессами и красно-бурыми глинами.

В пределах первого типа областей доминируют фации илов со средними значениями мощностей 2-4 м и более. В пределах областей шельфа второго типа доминирующими являются ракушечные и песчаные фации, мощности которых редко превышают 0,2-0,5 м и 1-2 м соответственно. В силу определяющего влияния субаэрального рельефа на условия осадконакопления для северо-западного шельфа характерна определенная унаследованность условий на различных этапах голоценового седиментогенеза. Результатом этого явилось достаточно частое сочленение однотипных литофаций в вертикальном разрезе толщи голоценовых отложений, что осложняет их стратиграфическое расчленение. В данных условиях особое значение приобретает учет различий инженерно-геологических свойств отложений различной стратиграфо-генетической приуроченности. Генетическое содержание и характер этих различий рассмотрены в специальных главах диссертации (гл. 2, 3, 4). В настоящем разделе показаны наиболее существенные макроскопические отличия, а также особенности состава и физических свойств отложений различного стратиграфического положения.

Для стратиграфического расчленения покровного чехла осадков черноморского шельфа наиболее широко используются две схемы - схема П.В.Федорова (1978), основанная на изучении прибрежных морских террас и схема Л.А.Невесской (1963, 1965) и Е.Н.Невесского (1967), в основу которой положено изучение шельфовых отложений. Из этих двух схем схема П.В.Федорова более соответствует современным представлениям о скачкообразно-колебательном характере развития голоценовой трансгрессии (Островский, 1971, 1977; Иванов, Шмуратко, 1982; Воскобойников и др., 1982).

Скачкообразная смена условий осадконакопления сопровождалась изменением широкого комплекса характеристик донных осадков. По комплексу макроскопических признаков (цвет, фауна, текстурные особенности и т.д.), а также по ряду важнейших инженерно-геологических характеристик в толще покровных отложений северо-западного шельфа наиболее отчетливо выделяются два горизонта:

- новочерноморский горизонт, сформировавшийся при современном положении уровня моря, достигнутого 5,5-6,0 тыс. лет назад;
- доновочерноморский (новоэвксинско-древнечерноморский) горизонт, формирование которого происходило при положении уровня моря на отметках -20 -30 м в период 7-II тыс. лет назад.

Соотношение данных горизонтов со слоями, выделенными в стратиграфических схемах П.В.Федорова (1978) и Е.Н.Невесского (1967), показано в таблице I. 5. Там же приведено макроскопическое описание основных слоев и дана обобщенная их инженерно-геологическая характеристика.

Из таблицы видно, что как по общему облику осадков, так и по характеру их состава и свойств наиболее существенно различаются между собой новочерноморские (каламитские) и древнечерноморские (бугазско-витязевские) слои. На границе новочерноморского и до-

Таблица I.5.

Обобщенная макроскопическая и инженерно-геологическая характеристика основных стратиграфических подразделений чехла голоценовых осадков северо-западного шельфа Черного моря

Горизонты, выделенные для инженерно-геологического изучения	Стратиграфические слои, выделенные по схеме		Руководящая фауна	Цвет	Текстурно-структурные особенности глинистых фаций	Пределы изменений и средние величины показателей состава и свойств глинистых фаций			
	П.В. Федорова (1978)	Е.Н. Невеского (1967)				Содержание фракции < 0,05 мм, %	Содержание органического в-ва, %	Влажность, %	Пластичность, %
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Новочерноморский	Нимфейские	Джеметинские	<i>Stiromma gallina</i> <i>Sardinia exiguum</i> <i>Mytilus galloprovincialis</i> <i>Hydrobia ventricosa</i>	Голубовато-серый, зеленовато-серый	Горизонтально-слоистые с прослоями ракушечников	50-90 75	1,6-2,8 2,1	50-160 100	10-50 30
	Фанагорийские	Каламитские	<i>Mytilus galloprovincialis</i> <i>Sardinia edule</i> <i>Stiromma gallina</i> <i>Corbula mediterranea</i>	Зеленовато-серый, серо-зеленый	Горизонтально-слоистые с прослоями ракушечников	50-95 80	1,6-3,9 2,6	60-180 120	15-60 35

Продолжение таблицы I.5

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Новоэвксинско-древне-черноморский	Древне-черноморские	Бугазско-византийские	<i>Sarothamnus edulis</i>	Голубовато-серый	Неяснослоистые, массивные с редко рассеянными раковинами	70-98	0,7-2,4	30-90	5-40
			<i>Abies ovata</i>			95	1,7	70	20
	Новоэвксинские	Новоэвксинские	<i>Monodactylus spiralis</i>	Голубовато-серый, темно-серый	Неяснослоистые, массивные с редко рассеянными детритом	60-98	0,5-1,8	25-70	5-30
			<i>Drusina polymorpha</i>			90	1,4	50	15
			<i>Viviparus viviparus</i>						

новочерноморского горизонтов происходит резкая смена большей части инженерно-геологических характеристик, что позволяет принять ее в качестве основной разделяющей границы при инженерно-геологической типизации чехла голоценовых осадков.

Отложения новоэвксинско-древнечерноморского горизонта покрывают область северо-западного шельфа, расположенную глубже изобат 15-20 м и представлены новоэвксинскими и древнечерноморскими слоями. Новоэвксинские отложения наиболее широко распространены на внешнем шельфе, на внутреннем шельфе они залегают, в основном, в депрессиях морского дна.

В пределах относительно выровненной внешней части шельфа, расположенной за 40-метровой изобатой, новоэвксинские слои представлены, главным образом, маломощными песчано-ракушечными отложениями. Ракушечники образованы детритом и целыми раковинами солонатоводных моллюсков (*Monodacna caspia*, *Azeissena polymorpha*) имеют серый и голубовато-серый до белого цвета, среднюю и плохую сортировку.

На внутреннем шельфе новоэвксинские осадки залегают в депрессиях морского дна и наиболее полно представлены в Центральном желобе, во внешней части Каркинитского залива, в Палеоднепровском и Палеоднепровском желобах. Преобладающими являются фации илов лагунного и лиманно-дельтового генезиса. На возвышенных и мелководных прибрежных участках фации илов сменяются фациями ракушечников и песков. Вскрытая мощность глинистых осадков достигает 1,5-2,0 м и более, мощность песчано-ракушечных отложений не превышает, как правило, первых десятков сантиметров.

Лагунные и лиманно-дельтовые илы имеют серый до темно-серого цвет, массивную неслоистую текстуру с равномерно рассеянной фауной моллюсков и растительным детритом.

Основной комплекс новоэвксинской фауны, имеющей повсеместное распространение, представлен раковинами *Monodacna caspia* и *Arceisena polymorpha*. Достаточно часто, особенно в низах слоя встречаются раковины *Viviparus viviparus*, *Arceisena zosteriformis*, *Litoglyphus naticoides*, *Micromelania*, *Unio* и др. Для нижних частей глинистой толщи весьма характерным является наличие остатков полуразложившейся растительности и прослоев торфа.

Контакт с вышележащими древнечерноморскими слоями различен в разных частях шельфа. На глубинах 25-30 м новоэвксинские и древнечерноморские осадки часто разделяются слоем континентальных суглинков, сформировавшихся в посленовоэвксинскую регрессивную фазу (рис. 2.3). На внешнем шельфе и в осевых частях депрессий морского дна контакт между новоэвксинскими и древнечерноморскими слоями неотчетлив с постепенным переходом по фауне.

Древнечерноморские (бугазско-витязевские) слои покрывают обширную территорию северо-западного шельфа вплоть до глубин 17-15 м и представлены фациями илов, песков и ракушечников лиманного и лиманно-морского генезиса.

Песчано-ракушечные отложения покрывают внешнюю часть шельфа и водораздельные пространства внутреннего шельфа. Фации древнечерноморских илов заполняют депрессии морского дна - Центральный желоб, Каркинитский залив, палеожелоба крупных рек и другие впадины, являвшиеся лиманами в древнечерноморское время (рис. I.4).

Мощность древнечерноморских илов колеблется от 0,1-0,2 м до 1,5-2,0 м, уменьшаясь, в целом, к внешним глубоководным частям палеолиманов и лагун. Глинистые отложения имеют серый и голубовато-серый цвет, массивную, неслоистую текстуру и равномерное по всему интервалу распределение раковин и детрита. Фаунистический

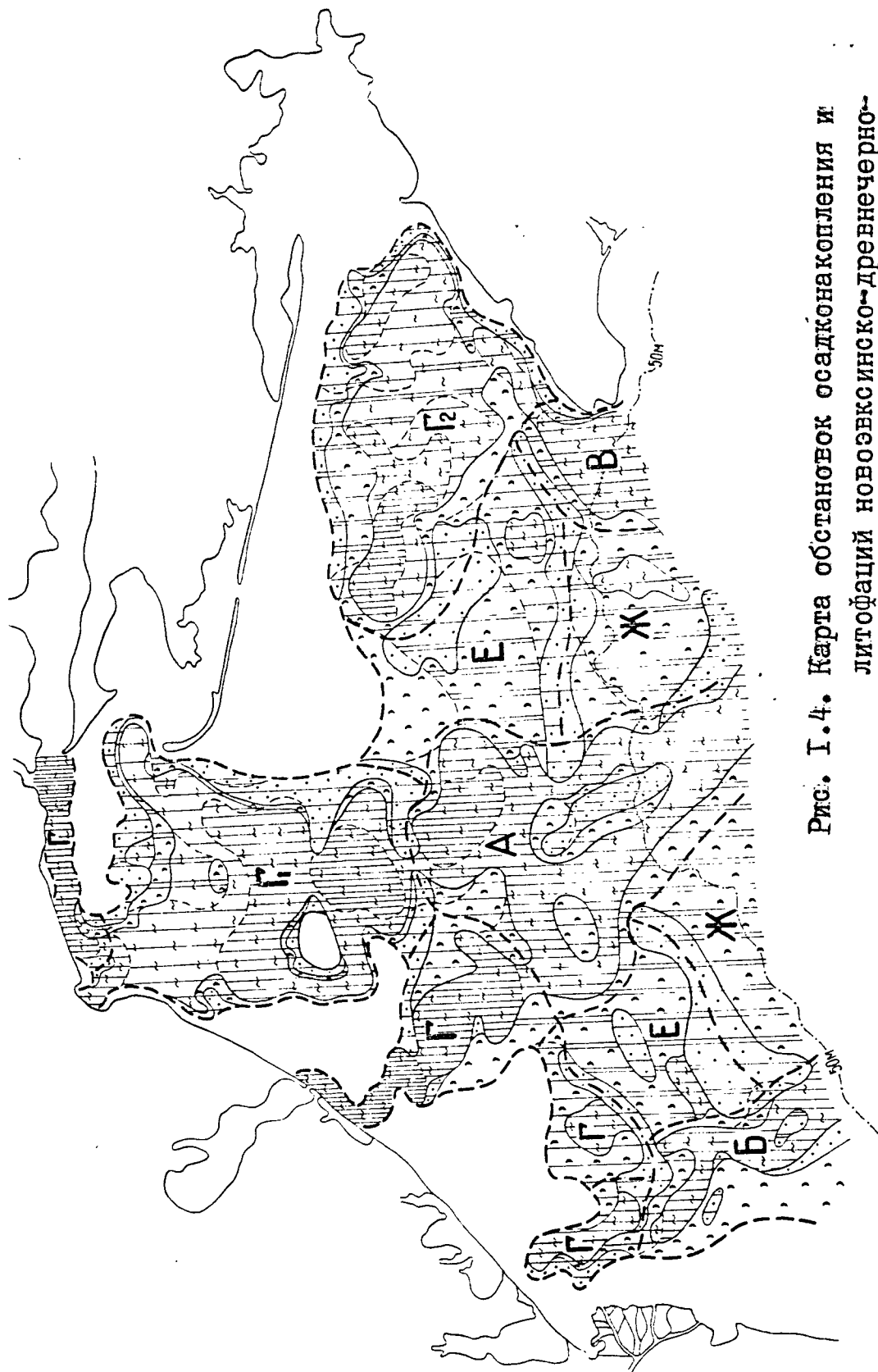


Рис. I.4. Карта обстановок осадконакопления и литофаций новозексинско-древнечерноморских отложений северозападного шельфа Черного моря.
Условные обозначения на Рис. I.5.

комплекс представлен моллюсками *Cardium edule*, *Abra ovata*, *Monodacna caspia*, *Arcaissena polymor.* На внутреннем шельфе, в интервале глубин 25-15 м фации илов повсеместно подстилается "базальным" горизонтом песчано-ракушечных отложений, сформировавшихся при подъеме уровня. Мощность "базального" горизонта изменяется от первых сантиметров до 0,2-0,5 м, составляя в среднем 5-10 см.

Ракушечные фации приобретают самостоятельное значение на внешнем шельфе и на водораздельных пространствах внутреннего шельфа между палеодолинами крупных рек. Основной формой залегания являются обширные ракушечные поля, мощность которых, в среднем, не превышает 0,2-0,5 м. Представлены песчаными, реже глинистыми скоплениями детрита и раковин *Cardium edule*, *Monodacna caspia*, *Arcaissena polymorpha*, *Arcaissena rostriform.*

Песчаные отложения древнечерноморского времени образуют на северо-западном шельфе линейно-вытянутые формы, оконтуривающие положение береговой линии (рис. I.4). Наиболее ясно береговая линия прослеживается в пределах крупных депрессий морского дна, где она оконтуривает палеолиманы и лагуны. Пески голубовато-серого, серого до темно-серого цвета, детрито-раковинные, кварцево-детрито-раковинные, средне- и хорошоотсортированные. Средние значения мощности составляют 0,5-1,0 м.

Отложения новочерноморского горизонта имеют на северо-западном шельфе почти повсеместное распространение за исключением небольших участков бенча Днестровского взморья и взморья близ Тендры. До глубин 15-20 м новочерноморские осадки залегают, в основном, на коренной основе шельфа. За пределом этих глубин новочерноморский горизонт перекрывает древнечерноморские осадки, четко отчленяясь от последнего по макроскопическим (фациальный

состав, цвет, фауна) и инженерно-геологическим признакам. Новочерноморский горизонт сложен глинистыми, песчаными и ракушечными фациями морских осадков, мощность которых меняется от первых сантиметров на водоразделах до 10 м и более в районе авандельты Дуная и крупных депрессий дна.

Наиболее обширные пространства северо-западного шельфа покрыты маломощным слоем ракушечников (рис. I.5). Ракушечные отложения залегают либо в виде обширных полей, покрывающих водораздельные пространства, либо в виде узких полос между глинистыми и песчаными отложениями. Суммарная площадь фаций ракушечников новочерноморского горизонта превышает 15,6 тыс. км², средние мощности составляют, как правило, 0,4-0,5 м. В мелководной части шельфа (до глубин 20-30 м) преобладают чистые и песчаные разности ракушечников, состоящие из детрита и целых раковин *Chione gallina*, *Mytilus galloprovinc.*, *Cardium*, *Raphia*, *Ostrea* ... В более глубоководной части залегают глинистые разности, образованные преимущественно целыми створками *Mytilus galloprovinc.* при наличии редких раковин *Cardium*, *Nassa*, *Chione*.

Цвет ракушечников серо-зеленый, зеленовато-серый, голубовато-серый. По крупности раковин и детрита различают грубые, крупные, средней крупности и мелкие ракушечники. Мелкие и средние разности ракушечников распространены в прибрежной части шельфа, характеризующейся активной гидродинамикой среды осадконакопления. На внешнем, открытом шельфе доминируют крупные и грубые разности, существенно глинистые в локальных понижениях морского дна. Общая карбонатность ракушечников изменяется от 50% до 99%.

Песчаные фации новочерноморского горизонта покрывают менее 1/7 части территории исследований (4,1 тыс. км²) и сосредоточены,

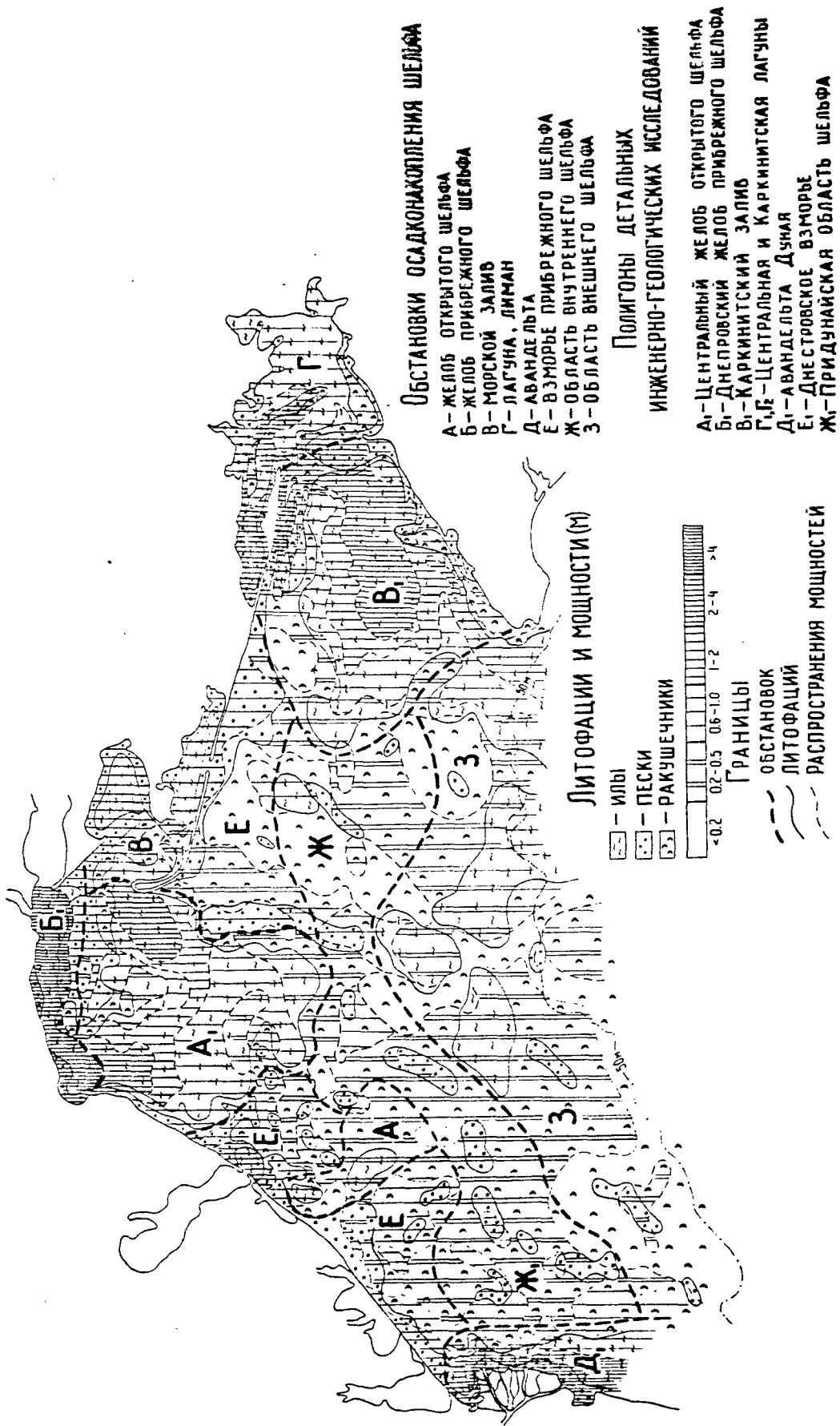


Рис. 1.5. Карта обстановок осадконакопления и литофаций новочерноморских отложений СЗ шельфа.

главным образом, в прибрежной части. Основными формами залегания песчаных отложений являются береговые аккумулятивные формы - пляжи, пересыпи, косы и подводные аккумулятивные формы - банки и локальные песчаные поля на шельфе.

Пляжевые пески залегают вдоль современной береговой линии почти непрерывной полосой, ширина которой изменяется от 100-200 м до 2-3 км. На некоторых участках побережья, приуроченных к водораздельным пространствам (Днестровское взморье, взморье близ Тендры и др.), пляжевые пески непосредственно переходят в обширные песчаные поля, ширина которых достигает 10-15 км (рис. I.5). В прибрежной части расположены и наиболее крупные аккумулятивные тела северо-западного шельфа: Тендровская, Кинбурнская и Бакальская косы, остров Джарылгач, Одесская, Бакальская, Днестровская и другие более мелкие банки.

Песчаные поля открытого шельфа имеют линейно вытянутую форму и приурочены, главным образом, к реликтовым верхнеплиоцен-четвертичным аллювиальным и эоловым телам (Днестровское и Алибейское взморья, область к востоку от авандельты Дуная, Одесская банка), а также к прибрежно-аккумулятивным формам древнечерноморских лиманов (Тендровская банка, песчаные поля Тендровского взморья).

Пляжи, пересыпи, косы как и большая часть банок и песчаных полей сложены мелко- и среднезернистыми хорошо отсортированными кварцевыми песками с различной примесью детрито-раковинного материала. Лишь в волноприбойной зоне и на пляжах абразионных берегов песчаные отложения содержат значительные примеси гравия, гальки, валунов и ракушечного материала. Преобладающими в данном случае являются среднезернистые и крупнозернистые пески со сред-

ней и плохой сортировкой. Цвет песков меняется от серо-желтых и желтовато-серых в верхах до серых, светло- и темно-серых с зеленоватым оттенком в низах толщи. Общая карбонатность определяется содержанием раковинно-детритового материала и колеблется от нескольких процентов до 50%.

Максимальные мощности новочерноморских песков отмечены на пересыпях (до 10-12 м), косах (5-10 м) и крупных банках (5-7 м). Мощности пляжевых песков редко превышают 1,5-2,0 м, а песчаных тел открытого шельфа - 0,5-1,0 м.

Фации илов новочерноморского горизонта покрывают 1/3 часть территории северо-западного шельфа (9,8 тыс. км²), а в суммарном объеме новочерноморских осадков им принадлежит свыше 54%. Морские илы по ряду своих инженерно-геологических характеристик являются уникальными образованиями, особенности состава и свойств которых находятся в тесной связи с условиями формирования. Учитывая, что для илов имеется возможность отбора образцов ненарушенного сложения и определения широкого спектра показателей состава и физико-механических свойств, решение ряда аспектов региональных инженерно-геологических исследований шельфовых отложений было проведено именно на примере глинистых фаций.

В пределах новочерноморского горизонта имеются фации илов, сформировавшиеся в качественно различных условиях осадконакопления. Наиболее широкое распространение имеют морские илы, формирование которых происходило в пределах типично морских обстановок осадконакопления с соленостью водной среды 14-16 ‰. Сюда относятся илы Центрального желоба, Каркинитского залива, Палеоднепровского желоба и ряда более мелких впадин и заливов северо-западного шельфа. Менее широко распространены илы, сформировавшиеся в

придельтовых опресненных (до 7-10 %) условиях осадконакопления - на участках сосредоточенного поступления пресных материковых вод и терригенного материала. Типичными участками лавинной седиментации на северо-западном шельфе являются авандельта Дуная и устье Днестровского лимана. Морские и дельтовые фации илов существенно различаются между собой по комплексу макроскопических и инженерно-геологических характеристик, что делает предпочтительным их раздельную характеристику.

Фации морских илов новочерноморского горизонта залегают, в основном, в центральной и восточной частях северо-западного шельфа и образуют обширные поля, протяженностью 30-70 км, унаследованно перекрывающие фации илов древнечерноморского возраста. Цвет илов меняется сверху вниз от голубоватого до зеленовато-серых и серо-зеленых с оливковым оттенком в подошве слоя, что делает границу с древнечерноморскими голубовато-серыми илами достаточно отчетливой. Весьма характерным признаком является ритмичность цветовой окраски средней и нижней частей слоя новочерноморских илов, состоящая в чередовании через 0,2-1,0 см светло- и темноокрашенных (обогащенных органическим веществом) слоев.

Подошва новочерноморского горизонта легко отчленяется не только по цвету, но и по наличию слоя 0,5-1,0 см детрита и раковин *Mytilus gallopro.*, формирование которого, вполне вероятно, приурочено к предновочерноморской регрессивной фазе. В силу повсеместного распространения на всем северо-западном шельфе этот детрито-раковинный прослой служит хорошим маркирующим горизонтом между древне- и новочерноморскими фациями илов.

Примечательной чертой в строении толщи типично морских илов является наличие ритмов детрито-раковинного материала. Ин-

тервал ритмичности составляет 10-40 см, а мощность детрито-раковинных прослоев - 1-10 см. В глубоководных частях Каркинитского залива, Центрального и Днепровского желобов ракушечные ритмы маломощны и редки, а иногда и полностью отсутствуют, к периферийным частям ритмы детрито-раковинного материала учащаются и увеличиваются по мощности. Основной фаунистический комплекс новочерноморских илов представлен моллюсками *Mytilus galloprovincialis*, *Chione gallina*, *Cardium edule*. Достаточно распространенными являются *Raphia*, *Spisula*, *Nassa*, *Caritium* и другие формы.

Морские илы имеют отчетливую градационную слоистость, состоящую в чередовании алевритовых и глинистых разностей, часто встречаются тонкие (1-2 мм) слойки мелкозернистого песка и слюдяных чешуек. В глубоководных частях впадин преобладают глинистые и алевро-глинистые разности илов с содержанием глинистой фракции ($< 0,001$ мм) 35-40%, в прибрежной части доминируют алевритовые детрито-раковинные и песчаные разности илов. Состав глинистой фракции достаточно однороден в пределах всей толщи - преобладают гидрослюда и монтмориллонит с различными примесями каолинита и хлорита. Содержание $CaCO_3$ составляет, в среднем 10-30%, $C_{орг.}$ - 2-3 %.

Мощности морских илов в прибрежной части шельфа, близ устьевых частей впадин и желобов составляют 2-4 м и более, к периферийным частям мощности илов уменьшаются до 0,5-1,0 м (рис. I.5). Максимальные мощности (до 10-12 м) отмечены в Днепровском желобе, минимальные (0,2-0,5 м) - в пределах внешнего открытого шельфа.

Дельтовые илы новочерноморского горизонта залегают в районе авандельты Дуная, Жебриянской бухты и устья Днестровского

лимана. Цвет грязно-серый, темно-серый до черного, достаточно равномерный по всему интервалу. Дельтовые илы, как правило, не слоистые и обладают однородной массивной текстурой. Фауна почти полностью отсутствует, встречаются лишь отдельные раковины пресноводных моллюсков.

По гранулометрическому составу глинистые и алевро-глинистые, содержание глинистой фракции достигает 40-50%, а алевро-глинистой ($< 0,05$ мм) - 95-99%. Состав глинистой фракции, общий для всех илов северо-западного шельфа - гидрослюдисто-монтмориллонитовый. Общая карбонатность изменяется от 5 до 15-20%. Содержание $C_{орг.}$ составляет в среднем 1-2%.

Дельтовые илы залегают, как правило, в виде призмы, мощность которой резко уменьшается при удалении от источника поступления осадочного материала. На глубинах 7-5 м и менее глинистые фации сменяются фацией дельтовых песков, а на глубинах 17-22 м - фацией ракушечников открытого шельфа. Особенности состава, физических и механических свойств основных генетических типов илов северо-западного шельфа рассмотрены в гл.3, а закономерности пространственной изменчивости показателей состава и свойств чехла голоценовых осадков описаны в гл.4 диссертации.

Г.5. Неотектоника и геоморфология северо-западного шельфа

В основу неотектонического районирования большинство исследователей (Геофизические исследования..., 1968; Моргунов и др., 1981 и др.) кладет структуру осадочного чехла и эволюцию этой структуры на неотектоническом этапе развития, поскольку спокойные и расплывчатые в плане структурные формы осадочного чехла маскируют глубинную тектонику и не всегда соответствуют ей.

Самым верхним структурным этажом северо-западного Причерноморья, отвечающим представлениям о неотектоническом этапе развития, считается толща надсарматских отложений (Моргунов и др., 1981), залегающая с заметным угловым несогласием на нижележащих породах и несодержащая каких-либо заметных несогласий. Резкое снижение тектонической активности в меотис-понтическое время сопровождалось замедлением или прекращением роста многих поднятий осадочного чехла, что отразилось в очень простом строении этой толщи осадков.

Разломная тектоника в меотис-понтическое время проявилась в дифференциации северо-западного Причерноморья на три крупных блока, разграниченных Одесским и Николаевским разломами. Максимальные мощности отмечены в Центральном блоке, испытавшем преобладающее опускание. Западный и Восточный блоки сложены мелководными преимущественно карбонатными фациями. В пределах этих структур выделяется ряд структур с дифференцированными вертикальными движениями. Примером структуры, испытавшей устойчивое поднятие в плиоцен-четвертичное время является поднятие Голицына (Ткаченко, 1974). Структурой с устойчивым унаследованным прогибанием является Каркинитская впадина, где отмечены максимальные мощности неоген-четвертичных отложений.

В конце понтического века и на протяжении киммерия и куяльника Западный блок был выведен на поверхность (Моргунов и др., 1981). В течение этого времени здесь сформировалась слаборасчлененная равнина; произошел врез долин и заложение современной гидрографической сети (Заморий, 1958; Молявко, 1960). Современная тектоническая обстановка северо-западного Причерноморья отражена на карте современных тектонических движений Н.С.Благоволлина,

С.В.Победоносцева (1973). Этими же авторами построена и структурно-тектоническая схема региона.

Для северо-западного Причерноморья выделяют три фазы тектогенеза (Архангельский, Страхов, 1938; Муратов, 1955; Трашук, 1976).

1. Валашковская фаза (поздний плиоцен- ранний плейстоцен), сопровождавшаяся общим поднятием и максимальным расчленением рельефа (Кочегура, Зубаков, 1971).

2. Пассаденская фаза (ранне-среднечетвертичный этап) общего медленного тектонического опускания с преобладанием процессов выравнивания и разнообразного осадконакопления, продолжавшихся от окского оледенения до конца микулинского межледниковья.

3. Крымская фаза (позднечетвертичный этап) нового постепенно распространившегося поднятия менее интенсивного, чем ранне-четвертичное, но охватившее всю валдайскую эпоху и продолжавшееся, возможно, в Голоцене.

Наиболее значительная дифференциация рельефообразования присуща позднечетвертичному этапу, характеризовавшемуся преобладанием регрессивных фаз с большой амплитудой колебаний уровня, глубоким врезанием рек и формированием террасовых уступов, значительным углублением и переуглублением их уступов.

Основные черты морфоструктуры северо-западного шельфа окончательно сформировались к началу четвертичного времени, когда вся территория шельфа представляла собой сушу (Заморий, 1958; Молявко, 1960). Четвертичный период с его ритмичными колебаниями климата и уровня моря является временем формирования морфоскульптуры. Общность неотектонического развития области северо-западного шельфа и прилегающей суши в значительной степени обусловлено единством структурного геоморфологического плана всего региона.

Геолого-геоморфологические исследования северо-западного шельфа, проведенные сотрудниками ПНИЛ-1 и кафедры инженерной геологии ОГУ, состоявшие в анализе батиметрической основы шельфа, выделении специфических форм и выявления связи элементов рельефа суши и дна с учетом характера геологического строения позволили построить геоморфологическую схему северо-западного шельфа, а также сделать принципиальной важности вывод о том, что геоморфологическое строение шельфа и рельеф морского дна в обобщенном виде отражают геолого-геоморфологическое строение и топографию коренной основы шельфа (Иванов, Ищенко, 1970; Ищенко, 1972; Щербаков и др., 1976). Элементы субаэрального рельефа как бы "просвечивают" сквозь толщу морских голоценовых отложений.

Выделяется две основные генетические группы геоморфологических элементов: реликты субаэрального рельефа (долины рек и их склоны, речные террасы и плато) образующие участки впадинного либо приподнятого выровненного рельефа и наложенные реликты и современные формы морского генезиса (косы, пересыпи, бары, древние береговые линии и пр.). Дальнейшие исследования всецело подтвердили и детализировали эти выводы (Щербаков и др., 1978; Розовский и др., 1975; Моргунов и др., 1981).

По внешнему облику область северо-западного шельфа представляет собой плоскую, в разной степени расчлененную равнину с небольшим (5-10 угл. мин.) наклоном к югу. По характеру рельефа и степени расчлененности морского дна в пределах северо-западного шельфа выделяются две существенно различные части - внешняя и внутренняя.

В рельефе внутренней, более расчлененной части шельфа, простирающейся до глубин 35-40 м, наиболее отчетливо выделяются

крупные депрессии морского дна и приподнятые площадки, приуроченные, соответственно, к палеодолинам и водораздельным пространствам. Рельеф внешней более выровненной части шельфа образован аллювиальной равниной, сформировавшейся в процессе многократной перестройки речной сети и последующей нивелировки равнины морскими осадками. Перепады глубин между локальными возвышенными и пониженными участками составляют на внутреннем шельфе 10-15 м, а в пределах внешней части шельфа - 5-10 м.

Взаимосвязь геологического строения и геоморфологии северо-западного шельфа наиболее отчетливо выражена в пределах его внутренней части, где приподнятые участки морского дна образованы эолово-делювиальными суглинистыми отложениями водоразделов, а впадинные участки - песчано-глинистыми отложениями аллювиального и озерно-аллювиального генезиса (Физико-механические свойств..., 1981). Границы этих двух основных геоморфологических элементов северо-западного шельфа достаточно отчетливо фиксируются в рисунках некоторых изобат (20-25 м), а также в резком (до 1-1,5°) возрастании крутизны морского дна.

Наиболее крупными депрессиями морского дна являются Центральный желоб, образованный сочленением нижней части палеодолины Днепра с Тендровско-Егорлыцким желобом, впадина Каркинитского залива, Палеоднестровский, Палеосаратский и Палеоднепровский желоба. Большая часть этих депрессий представляет собой пологие ложбины, напоминающие хорошо разработанные долины крупных равнинных рек. Морфометрические характеристики депрессий приведены в таблице I.9.

Протяженность впадин и желобов северо-западного шельфа меняется от 30-35 км до 80-85 км, а ширина от 5-7 км до 50-70 км.

Таблица I.6

Морфометрические характеристики основных крупных впадин северо-западного шельфа Черного моря

№ п/п	Наименование впадин и желобов	Ориентировка на шельфе	Око́нтурирующие линии	Протяженность, км	Ширина, км	Средние и максимальные глубины, м
1.	Центральный желоб	субмеридиональная	изобаты 20-25 м	80 - 85	30-50	<u>20 - 30</u> 36
2.	Впадина Каркинитского залива (внешняя предбакальская часть)	субширотная	берег	70 - 75	30-70	<u>25 - 35</u> 37
3.	Палеоднеостровский желоб	субмеридиональная	изобаты 20-25 м	50 - 55	10-24	<u>25 - 35</u> 36
4.	Палеоднепровский желоб	субширотная	берег и изобаты 10-12 м	45 - 50	5-7	<u>10 - 20</u> 22
5.	Палеосаратский желоб	субмеридиональная	изобаты 25-27 м	30 - 35	15-18	<u>25 - 30</u> 34

Средние и максимальные значения глубин дна большей части депрессий близки между собой и составляют, соответственно, 25-30 м, и 34-37 м. Исключением является Палеоднепровский желоб, средние глубины которого 10-20 м, а максимальные - 22 м, что связано с нивелирующим характером залегания толщи голоценовых отложений, мощность которой достигает здесь максимальных для северо-западного шельфа величин - 18-20 м.

Желоба и впадины северо-западного шельфа разделяются участками приподнятого дна с плоским слабонаклонным рельефом, контролируемым рельефом субаэральной основы. Наиболее крупными и четко очерченными возвышенными участками являются Днестровское взморье, Тендровское взморье, Придунайское (Алибей-Шаганское) взморье. Глубины дна в пределах взморий существенно меньше и не превышают, как правило, 17-20 м. По остальным морфометрическим характеристикам (протяженность, ширина, отчетливость очертаний) водораздельные участки сопоставимы с впадинными участками шельфа. Рельеф поверхности взморий значительно более расчленен по сравнению с рельефом дна впадин, нивелированных мощной толщей голоценовых отложений. По характеру рельефа взморья северо-западного шельфа представляют собой густую сеть ложбин, образованных овражно-балочной сетью субаэральной основы шельфа.

Средние значения мощности донных осадков взморий составляют 0,5-1,0 м. Представлены они, главным образом, фациями песков и ракушечников новочерноморского времени.

Наиболее примечательными формами водораздельных участков являются банки, большинство которых залегает на выступах или перегибах субаэральной основы шельфа. Коренной основой (цоколем) банок могут служить осадки, различные по возрасту и литологии. Так, например, в основании Одесской банки залегает мощная толща

(30-40 м) аллювиальных песков верхнеплиоценового возраста, в основании банки Трутаева лежит выступ понтических известняков. Ряд банок (Днестровская, Шаганская) сложен литифицированными ракушечниками преимущественно карангатского возраста.

Банки и древние береговые линии являются самыми отчетливыми локальными аккумулятивными формами средних размеров (5-10 км) в пределах геоморфологических однородных областей шельфа.

Описанные выше крупные формы донного рельефа северо-западного шельфа - депрессии и водоразделы в силу своих размеров и отчетливой выраженности образуют вполне самостоятельные области шельфа со своеобразными условиями осадконакопления. В пределах впадин толща голоценовых отложений представлена преимущественно фацией илов с мощностями 5-10 м и более. На приподнятых водораздельных участках мощность чехла голоценовых отложений на порядок меньше (0,2-1,0 м) а доминантными являются фации песков и ракушечников.

Г.6. Характер развития голоценовой трансгрессии Черного моря и условия осадконакопления на северо-западном шельфе в голоцене

Характер влияния рассмотренных выше факторов на условия осадконакопления на северо-западном шельфе в значительной степени обусловлен режимом изменения уровня Черного моря в голоцене. Главной особенностью голоценовой трансгрессии Черноморского бассейна, общепринятой всеми исследователями, является скачкообразный характер ее развития. Многие же другие палеогеографические аспекты послеледниковой трансгрессии являются дискуссионными: глубина предшествовавшей регрессии, наличие и амплитуды промежуточных трансгрессивно-регрессивных фаз, режим изменения со-

лености бассейна и др.

К настоящему времени сложилось две группы палеогеографических схем:

- без промежуточных трансгрессивно-регрессивных фаз (Правоторов, 1965, 1967; Невесский, 1967; Варущенко, 1975);
- с промежуточными трансгрессивно-регрессивными фазами (Федоров, 1960, 1978; Островский, 1968, 1981; Благоволин, Щеглов, 1968; Иванов, Шмуратко, 1982; Воскобойников и др., 1982).

Черное море является внутриконтинентальным бассейном, связанным с Мировым океаном серией проливов и морей, что во многом определяет своеобразие его уровня, контролируемого не только глобальными изменениями уровня Мирового океана, но и собственными колебаниями уровня бассейна.

Большинство исследователей связывает изменения уровня Мирового океана с палеоклиматическими аспектами, а именно, с ритмическими изменениями термического режима и общей увлажненности материков Северного полушария. Результаты палинологических, палеоклиматических и палеогеографических исследований, проведенных в различных частях Северного полушария, указывают на наличие ритмических колебаний температуры и влажности в голоцене, отразившихся в уровнях режимов Мирового океана и внутриматериковых морей (Синицын, 1967; Кинд, 1974; Шимкус и др., 1975; Комаров, 1979; Denton, Karlön, 1973).

Для целей наших исследований особый интерес представляют изменения уровня Черного моря за последние 10-12 тыс. лет. В ходе развития голоценовой трансгрессии выделяется ряд этапов, из которых в строении чехла голоценовых отложений (разд. I.4), в характере состава и свойств (разд. 3.2), пространственном распре-

делении показателей (разд.4.2) наиболее отчетливо проявились два этапа - этап стояния уровня моря на отметках -20-30м 7-10 тысяч лет назад и этап с современным положением уровня, начавшийся 6 тысяч лет назад (рис. I.6). Первый этап, охвативший новоэвксинское и древнечерноморское время, характеризуется господством опресненных обстановок осадконакопления лагунного и лиманно-дельтового типа. Второй этап, приходящийся на новочерноморское время, является этапом развития существенно морских обстановок осадконакопления с соленостью водной среды близкой к современной. На фоне данных двух качественно различных этапов выделяется ряд промежуточных малоамплитудных колебаний уровня моря. Вследствие этого общий ход развития голоценовой трансгрессии Черного моря определяется как скачкообразно-колебательный.

Со скачкообразно-колебательным характером развития последней ледниковой трансгрессии в значительной степени связано общее строение чехла голоценовых отложений северо-западного шельфа, в пределах которого по комплексу макроскопических (цвет, фауна, состав) и инженерно-геологических признаков (разд. I.4) выделяются два основных генетических комплекса шельфовых отложений:

- лиманных и лиманно-морских отложений новоэвксинско-древнечерноморского возраста ($m Q_{III-IV}^{nev-dc}$), залегающих на глубинах 20 м и более;
- морских отложений новочерноморского возраста ($m Q_{IV}^{nc}$), покрывающих всю современную территорию шельфа.

На основе анализа обширного фактического материала проведено детальное изучение строения чехла голоценовых отложений, что позволило уточнить представления об условиях осадконакопления на северо-западном шельфе в голоцене. Новоэвксинские слои

повсеместно встречаются на северо-западном шельфе начиная с глубин 25-30 м, а древнечерноморские - начиная с глубин 17-25 м. В интервале глубин 25-30 м новоэвксинские и древнечерноморские слои часто разделяются слоем плотных суглинков, сформировавшихся в посленовоэвксинскую регрессивную фазу (рис.2.3).

На границе между древне- и новочерноморскими слоями повсеместно залегает прослой (2-5 см) детрита и раковин *Mytilus galloprovincialis*, наиболее отчетливо выраженный при вертикальном сопряжении глинистых фаций. Детрито-раковинный прослой *Mytilus galloprovinc.*, сформировавшийся по-видимому, в предновочерноморскую регрессивную фазу, служит хорошим маркирующим горизонтом для расчленения новочерноморских отложений.

Весьма характерным является также резкое, скачкообразное изменение большей части показателей состава и физико-механических свойств на контакте древне- и новочерноморских осадков. В частности, при переходе от древнечерноморских лагунных илов к новочерноморским илам морского генезиса уменьшаются в 1,2 раза величины объемной массы и плотности, а величины влажности, пористости и пластичности повышаются в 1,5-2 раза. Это резкое изменение характера состава и свойств толщи голоценовых отложений обусловлено скачкообразным подъемом уровня Черного моря в период 7-6 тысяч лет назад, приведшим к увеличению глубины седиментационных бассейнов и смене опресненных лагунных и лиманно-дельтовых обстановок осадконакопления древнечерноморского времени на морские обстановки осадконакопления новочерноморского времени.

Толща отложений, сформировавшихся в новочерноморское время, как правило, достаточно однородна по вертикали в литологическом отношении, что свидетельствует о небольших амплитудах колебаний

уровня Черного моря. Наиболее отчетливо колебания уровня проявились в вариациях характеристик состава и свойств. Анализ вертикальной изменчивости ряда показателей состава и свойств (содержания $C_{орг.}$, влажности, пластичности, солености поровых вод), проведенный по опорной скважине № ПЗ6, выявил наличие вариаций величин показателей колебательного характера (рис. I.4), которые хорошо согласуются с кривыми колебания уровня Черного моря в голоцене (Федоров, 1978; Островский, 1981; Воскобойников и др., 1982).

Достаточно равномерное и, можно сказать, циклическое расположение участков минимальных и максимальных значений показателей состава и свойств находит хорошее объяснение в свете высказанных представлений о характере влияния многовековых климатических циклов А.В. Шнитникова (1957) на развитие голоценовой трансгрессии Черного моря (Федоров, 1959, 1971; Иванов, Шмуратко, 1982).

Максимальные значения характеристик гидрофильности илов, содержания $C_{орг.}$ и минерализации поровых вод отмечены в основании слоя новочерноморских осадков, формирование которого приходится на климатический оптимум Голоцена – время максимального подъема уровня и солености водной среды (рис. I.4). Последовавшей затем хаджибейской регрессивной фазой (Воскобойников и др., 1982) обусловлено существенное понижение уровня моря, сопровождавшееся опреснением бассейна и формированием более грубодисперсных осадков с пониженными значениями влажности, пластичности, содержания $C_{орг.}$ и солености поровых вод. Расположенные выше по разрезу аналогичные участки снижения величин рассматриваемых характеристик соответствуют фанагорийской и корсуньской регрессиям (Федоров, 1978).

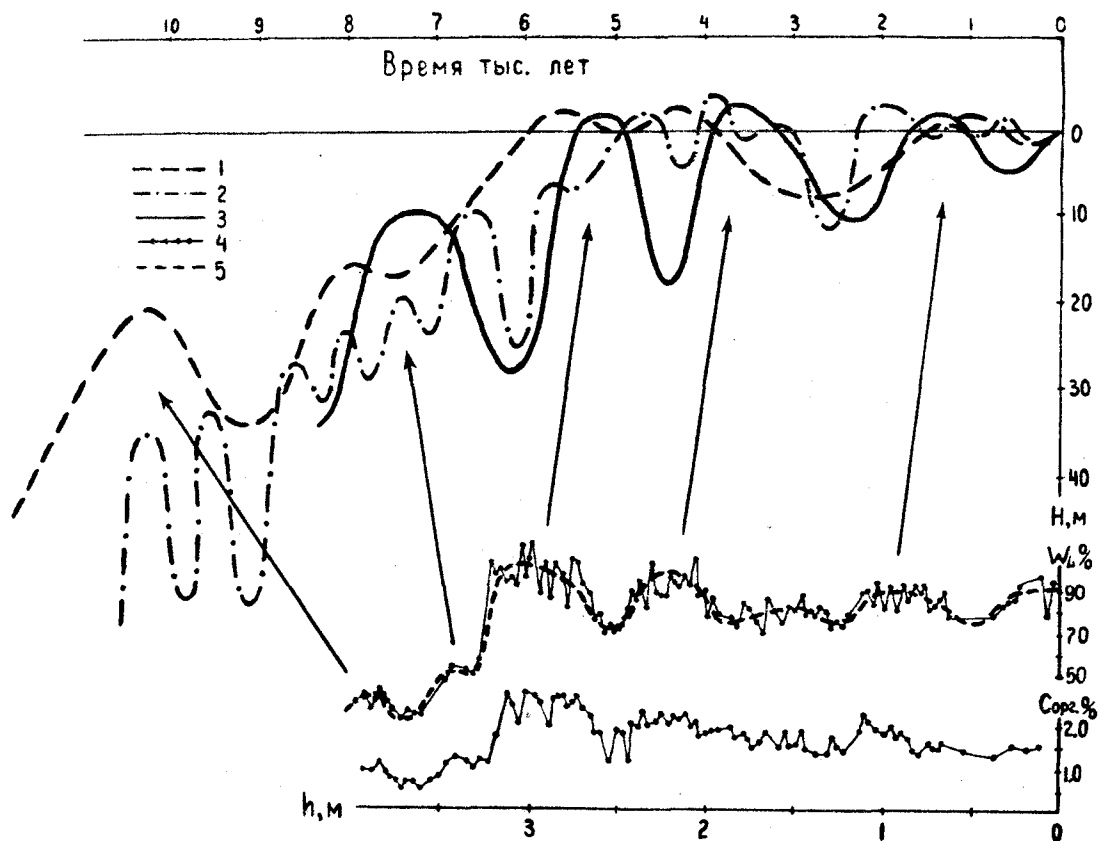


Рис. I.6. Сопоставление кривых изменения уровня Черного моря в голоцене с кривыми изменчивости показателей состава голоценовых илов по опорной скв. № II36 в Каркинитском заливе.

Кривые изменения уровня Черного моря в голоцене: 1-по П.В.Федорову(1978); 2-по А.Б.Островскому(1981); 3-по В.М.Воскобойникову и др.(1982) Кривые изменчивости состава: 4-эмпирические; 5-аппроксимирующие.

Необходимо отметить, что колебания характеристик состава и свойств голоценовых отложений не являются крупномасштабными и вертикальная изменчивость генетически однородного слоя шельфовых отложений, в целом, отвечает стационарному режиму. Более важным в инженерно-геологическом отношении является резкая, скачкообразная смена характера состава и свойств при переходе от одного генетического типа голоценовых отложений к другому.

Влияние характера развития голоценовой трансгрессии Черного моря на условия осадконакопления на северо-западном шельфе тесно связано со строением шельфа и характером поступления осадочного материала. Северо-западная часть Черного моря представляет собой платформенный тип шельфа, который при значительной протяженности (до 150-200 км) является мелководным шельфом (преобладают глубины 20-50 м). Значительная протяженность северо-западного шельфа предопределяет существенную латеральную дифференцированность и отличия условий осадконакопления в различных частях шельфа. Мелководностью шельфа обусловлены существенные влияния изменений уровня моря на форму и размеры седиментационных областей, приводящие, зачастую, к смене типов обстановок осадконакопления на шельфе.

Изучение геологического строения (разд. I.4) и геоморфологии северо-западного шельфа (разд. I.5) показало, что определяющим фактором в формировании различных типов обстановок осадконакопления на шельфе является строение коренной (субаэральной) основы шельфа. По характеру геолого-геоморфологического строения коренной основы в пределах шельфа отчетливо выделяются приподнятые водораздельные участки, образованные эолово-делювиальными суглинистыми отложениями и впадинные участки речных долин

и крупных балок, выполненные аллювиальными и озерно-аллювиальными песчано-глинистыми отложениями.

К впадинным участкам шельфа приурочены обстановки осадконакопления неволнового типа, где преобладают фации илов, мощности которых составляют 2-4 м и более (рис. I.4, I.5). К водораздельным участкам - обстановки осадконакопления волнового типа, где доминируют фации песков и ракушечников, мощности которых редко превышают 0,5-1,0 м. Таким образом, пространственное распределение различных фаций голоценовых отложений, а также их мощностей контролируются, в основном, геоморфологическим строением шельфа и характером рельефа морского дна.

На закономерности регионального плана накладывают свой отпечаток локальные особенности, связанные с характером поступления осадочного материала и гидродинамическими условиями его осаждения. В частности, на участках сосредоточенного поступления осадочного материала (авандельта Дуная, устье Днестровского лимана, Палеоднепровский желоб) несмотря на активную гидродинамику отлагается большое количество алевро-пелитового материала, мощности которого на порядок превышают средние мощности чехла голоценовых отложений и достигают 10-15 м.

Анализ особенностей развития голоценовой трансгрессии и строения чехла голоценовых отложений свидетельствует о наличии двух основных, качественно различных этапов осадконакопления в голоцене:

- новозвксинско-древнечерноморского этапа преобладания опресненных обстановок осадконакопления лиманного и лиманно-морского типа, существовавших 7-11 тыс. лет назад при стоянии уровня моря на отметках минус 20-30 м;

- новочерноморского этапа преобладания морских обстановок осадконакопления с современной соленостью водной среды, сформировавшихся 6 тыс. лет назад по достижении уровнем моря современных отметок.

Для данных двух этапов построены карты литофаций новоэвксинско-древнечерноморских и новочерноморских отложений, отражающие условия осадконакопления на различных участках северо-западного шельфа (рис. I.4, I.5). Анализ пространственного распространения различных фаций и их мощностей позволили выявить ряд региональных закономерностей, главными из которых являются следующие.

1. В строении чехла голоценовых отложений доминирующая роль (33-44% площади и 54,5-70% объема) принадлежит фациям илов. При этом, основная часть илов сосредоточена в пределах более расчлененной, внутренней части шельфа, расположенной до глубин 30-40 м.

2. Если на внутреннем шельфе мощности чехла голоценовых отложений составляют в восточной части (Центральный желоб, Палеоднепровский желоб, Каркинитский залив) 5-10 м, а в западной - 1-2 м, то на внешнем шельфе средние значения мощностей редко превышают 0,5-1,0 м.

3. В распространении мощностей голоценовых осадков необходимо выделить следующие две закономерности:

- убывание величины мощности при удалении от источников сосредоточенного поступления материала, что наиболее отчетливо проявилось в районе авандельты Дуная и Центрального желоба (рис. I.5), а также Палеоднепровского желоба (рис. I.4).
- возрастание величин мощности к центральным частям впадин - центрам аккумуляции типа осевой части Каркинитского залива

Таблица I.7.

Характеристика состава и строения слоя новоэвксинско-древнечерноморских осадков
северо-западного шельфа Черного моря

Фации шельфовых отложений	Интервалы мощности, м						Сумма	Средние мощно- сти, м	Средние ско- рости осадко- накопления, мм/год	
	< 0,2	0,2-0,5	0,6-1	1-2	2-4	> 4				
И л ы	$S, \text{км}^2$	-	533,3	1883,3	4766,6	1866,7	366,7	9416,6	1,77	0,44
	$V, \text{км}^3$	-	0,19	1,51	7,15	5,60	2,20	16,65		
П е с к и	$S, \text{км}^2$	100	1666,6	2166,7	533,3	16,7	-	4483,3	0,71	0,18
	$V, \text{км}^3$	0,01	0,58	1,73	0,80	0,005	-			
Ракушечники	$S, \text{км}^2$	1883,3	3716,7	2316,7	316,7	16,6	-	7549,9	0,50	0,125
	$V, \text{км}^3$	0,12	1,30	1,85	0,48	0,05	-	3,80		
С у м м а	$S, \text{км}^2$	1283,3	5916,9	6366,7	5616,7	1899,9	366,7	21449,8	1,10	0,20
	$V, \text{км}^3$	0,22	2,07	5,09	8,42	5,7	2,20	23,62		

(рис. I.5), центральных частей Каркинитской и Центральной лагун (рис. I.4).

На основе карт литофаций новочерноморских и новоэвксинско-древнечерноморских осадков подсчитаны площади (S , км²) и объемы (V , км³) различных литофаций и их мощностей акватории шельфа вплоть до 50-ти метровой изобаты (таблица I.7, I.8). В пределах слоя новочерноморских осадков наибольшее площадное распространение имеет фация ракушечников (53% площади), в то время как в суммарном объеме ведущая роль принадлежит фации илов (55% объема). В пределах слоя новоэвксинско-древнечерноморских осадков как по площади (44%), так и по объему (70%) доминирует фация илов.

Для фаций ракушечников характерны мощности 0,2-0,5 м, для фаций песков - 0,5-1,5 м, для фаций илов - 1-4 м (рис. I.4, I.5). Средние значения мощности илов, песков и ракушечников новочерноморского возраста равны соответственно 1,5 м, 1,4 м и 0,4 м. Средние значения мощности новоэвксинско-древнечерноморских фаций илов, песков и ракушечников составляют 1,8 м, 0,7 м и 0,5 м. Полученные значения мощностей позволили с учетом продолжительности новоэвксинско-древнечерноморского (4 тыс. лет) и новочерноморского (6 тыс. лет) этапов седиментогенеза произвести расчет средних скоростей накопления различных литофаций северо-западного шельфа на различных этапах голоценовой трансгрессии.

Средняя скорость осадконакопления в новочерноморское время составляла 0,16 мм/год (табл. I.7), а в новоэвксинско-древнечерноморское время - 0,28 мм/год (табл. I.8). При этом наибольшие темпы накопления присущи илам, что вполне свойственно обстановкам осадконакопления лиманно-дельтового типа, являющихся

Таблица I.8.

Характеристика состава и строения слоя новочерноморских осадков северо-западного шельфа Черного моря

Фации шельфовых отложений	Интервалы мощности, м						Сумма	Ср. мощ-ности, м	Ср. скоро-сти, мм/год	
	<0,2	0,2-0,5	0,6-1	1-2	2-4	>4				
И л и	$S, \text{ км}^2$	116,7	2116,7	3116,7	2133,3	1700,0	583,3	9766,6	1,54	0,26
	$V, \text{ км}^3$	0,01	0,74	2,49	3,20	5,11	3,50	15,05		
П е с к и	$S, \text{ км}^2$	250,1	950,0	1113,3	1116,7	400,0	282,3	4113,4	1,42	0,24
	$V, \text{ км}^3$	0,02	0,33	0,91	1,67	1,20	1,71	5,84		
Ракушечники	$S, \text{ км}^2$	4583,3	7666,7	2483,3	750,1	116,6	16,6	15616,6	0,43	0,07
	$V, \text{ км}^3$	0,46	2,68	1,99	1,12	0,35	0,10	6,7		
С у м м а	$S, \text{ км}^2$	4950,1	10733,3	6733,3	4000,1	2216,6	883,3	29496,6	0,94	0,16
	$V, \text{ км}^3$	0,49	3,75	5,39	5,99	6,66	5,31	28,59		

хорошими ловушками тонкозернистого материала. Наличием двух качественно различных этапов осадконакопления в голоцене - воэвксинско-древнечерноморского и новочерноморского времени, существенно отличающихся по условиям седиментации (соленость водной среды, степень изоляции бассейнов, их мелководность и т. д.), обусловлено двухчленное строение чехла голоценовых отложений. С наличием протяженных и отчетливо выраженных областей шельфа различного геолого-геоморфологического строения связано возникновение различных типов седиментационных обстановок, запечатлевшихся в характере состава и свойств донных осадков (гл.3) и характере пространственной изменчивости их показателей (гл.4).

2. РЕГИОНАЛЬНЫЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЧЕХЛА ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ

2.1. Общая характеристика голоценовых отложений северо-западного шельфа как объекта инженерно-геологических исследований

Большинство шельфов имеет двучленное геологическое строение, обусловленное наличием двух различных комплексов отложений - комплекса консолидированных отложений преимущественно субаэрального генезиса, выделяемого в качестве коренной основы шельфов и комплекса морских осадков покровного чехла. Таким образом, в зависимости от поставленных целей инженерно-геологическому изучению могут подлежать либо субаэральные грунты коренной основы, либо морские осадки покровного чехла, либо и те и другие вместе. Объектом настоящих исследований являются голоценовые осадки, слагающие покровный чехол северо-западного шельфа Черного моря.

Методика любых научных исследований определяется прежде всего поставленными целями и характером объекта, подлежащего изучению.

Цель наших исследований состояла в изучении региональных и генетических аспектов строения, состава и свойств толщи голоценовых осадков северо-западного шельфа. Главной особенностью толщи голоценовых осадков, как объекта региональных исследований, является ее ярко выраженная литолого-генетическая неоднородность, обусловленная сложностью и пространственно-временной неоднородностью условий формирования.

Из сказанного видно, что как цели, так и характер объекта исследований требуют совместного рассмотрения вопросов регио-

нального и генетического грунтоведения. Совместное рассмотрение региональных и генетических аспектов объекта инженерно-геологических исследований составляет предмет регионально-генетического грунтоведения и предполагает использование генетического подхода при проведении региональных работ. Необходимо отметить, что регионально-генетическое грунтоведение, как новое перспективное направление в инженерной геологии находит в последнее время все большее признание у специалистов, свидетелем чему "...следует считать использование во многих работах термина "регионально-генетическое грунтоведение", подчеркивающего его генетическую окраску" (Бондарик, 1981, с.138).

Выявление специфики генетического подхода при постановке региональных инженерно-геологических исследований было проведено в соответствии с особенностями строения, состава и свойств чехла голоценовых осадков северо-западного шельфа.

Толща голоценовых осадков северо-западного шельфа представляет собой комплекс стратиграфически, литологически и генетически неоднородных отложений. Полное и целостное их описание предполагает как и "...каждое геологическое образование...петрографическую, хронологическую и генетическую характеристику" (Павлов, 1988, с.245). Данная цель может быть достигнута посредством решения следующих задач:

- определение способа расчленения неоднородного геологического образования;
- определение способа описания выделенных неоднородностей.

Применительно к целям и характеру объекта исследований решение первой задачи сводится к определению взаимосвязи и оценке инженерно-геологической значимости стратиграфической, генетической и литологической неоднородностей чехла голоценовых осадков

с последующим выделением соответствующих геологических тел. Для решения второй задачи необходимо получение обобщенных инженерно-геологических показателей и характеристик, способных целостно описать выделенные геологические тела.

Для выявления генетической основы региональных исследований строение толщи голоценовых отложений изучалось в связи с исторической последовательностью и условиями ее формирования. В процессе исследований выяснилось, что из всей совокупности факторов голоценового седиментогенеза главными явились неравномерность развития послеледниковой трансгрессии Черного моря и геоморфологическое строение северо-западного шельфа. Анализ характера развития черноморской трансгрессии (гл. I.6), геоморфологии шельфа (гл. I.5) и регионального распределения литофаций голоценовых отложений (рис. I.4, I.5) позволяет на содержательном уровне представить связь возрастной, генетической и литологической неоднородностей чехла голоценовых осадков в виде следующих положений.

I. В ходе развития голоценовой трансгрессии выделяются два основных хронологических этапа, соответствующих продолжительному стоянию уровня на отметках -20-30 м 7-10 тыс. лет назад и на отметках близких к современному положению 0-6 тыс. лет назад. Данная двуэтапность голоценового седиментогенеза отчетливо зафиксирована в строении толщи шельфовых отложений, в пределах которой наиболее отчетливо выделяются слои с солонатоводной каспийской и смешанной каспийско-средиземноморской фауной. Указанные два слоя в пределах всего региона достаточно ясно вычленяются по литологическим, фаунистическим и другим макроскопическим признакам (цвет, текстурно-структурные особенности и т.п.), а также, как будет видно дальше, и по комплексу инженерно-геологичес-

ких характеристик. Не имея задачей проведение стратиграфической детализации толщи голоценовых отложений, мы для целей наших исследований ограничились выделением стратиграфических элементов по комплексу признаков, наиболее важных в инженерно-геологическом отношении.

Как видно из произведенного ранее стратиграфо-литологического и инженерно-геологического описания чехла голоценовых осадков (табл. I.8) в пределах последнего наиболее отчетливо выделяются два стратиграфических элемента: слой новочерноморских осадков, сформировавшихся при современном положении уровня и слой доновочерноморских осадков, формирование которых происходило при положении уровня моря на 20-30 м ниже современного.

В стратиграфической схеме П.В.Федорова (1978) доновочерноморские осадки соответствуют новоэвксинским и древнечерноморским слоям, а новочерноморские осадки - новочерноморским, фанагорийским и нимфейским слоям. В схеме Л.А.Невесской (1963, 1965) и Е.Н.Невесского (1967) первый из выделенных слоев соответствует новоэвксинским и бугазско-витязевским слоям, а второй - каламитским и джеметинским слоям.

Описанная этапность черноморской трансгрессии обусловила длительную фиксацию относительно выдержанных в гидродинамическом и гидрохимическом отношении условий седиментации, приведших к образованию различных комплексов шельфовых обстановок осадконакопления. Двухэтапность голоценовой трансгрессии Черного моря проявилась в наличии на северо-западном шельфе двух комплексов седиментационных обстановок:

- комплекса опресненных шельфовых обстановок лиманного и лиманно-морского типа новоэвксинско-древнечерноморского времени с опресненной водной средой (соленость 7-12‰) и преобладанием

лиманных и дельтовых обстановок осадконакопления;

- комплекс морских обстановок осадконакопления новочерноморского времени с современной соленостью морских вод (15-18‰) и преобладанием обстановок морского типа.

2. В пределах названных хронологических комплексов обстановок в зависимости от местных физико-географических и геоморфологических условий выделяются конкретные их генетические типы, среди которых для платформенного шельфа северо-западной части Черного моря наиболее типичны следующие:

- морские заливы открытого типа;
- заливы закрытого (лагунного) типа;
- участки открытого шельфа котловинного типа, приуроченные к нижним частям палеодолин;
- участки прибрежного шельфа эстуариевого типа, приуроченные к верхним частям палеодолин;
- авандельты;
- участки прибрежного шельфа типа взморий, приуроченные к затопленным водоразделам;
- участки открытого внутреннего шельфа (до 35-40 м) в пределах его расчлененной части;
- область внешнего выравненного шельфа.

В соответствии с названными типами седиментационных обстановок, предлагается различать в пределах северо-западного шельфа отложения взморий и котловин, морских и лагунных заливов, осадки авандельт и прибрежных желобов, а также отложения открытого (внешнего) шельфа. Данные генетические типы шельфовых отложений характеризуются определенным набором литофаций, особенностями их пространственного распределения, а также рядом специфических инженерно-геологических свойств.

3. Правомерность предлагаемого генетического подхода для расчленения шельфовых отложений обосновывается прежде всего их литолого-генетическим единством, состоящим в возможности установления соответствия между генезисом и литологической характеристикой донных осадков.

Основу литолого-генетического единства донных осадков северо-западного шельфа составляет тот факт, что каждый из выделенных генетических типов шельфовых отложений отличается: во-первых, преобладанием определенного литологического типа осадков; во-вторых, характером сочленения различных литологических типов осадков в пространстве. Иначе говоря, каждому генетическому типу присуща своя доминантная литофация и характерный литофациальный ряд. Донные осадки черноморского шельфа являются преимущественно двухкомпонентными (биогенно-терригенными) образованиями, представленными илами, песками, ракушечниками и переходными их разновидностями. Для целей некондиционных региональных исследований мы вслед за Н.М.Страховым (1954) считаем вполне достаточным выделение трех основных литологических разновидностей — илов, песков и ракушечников. Более подробно взаимосвязь литологических и генетических типов шельфовых отложений рассмотрена в разделе 2.3 настоящей главы, посвященном описанию типов обстановок осадко-накопления северо-западного шельфа Черного моря.

Таким образом, в пределах толщи голоценовых отложений выделяются два стратиграфических (хронологических), 8 генетических и 3 литологических элемента. Иерархия факторов, обусловивших неоднородность толщи голоценовых осадков северо-западного шельфа, представляется в следующем виде: исторический (хронологический) фактор осуществлял контроль генетического фактора, а генетический — литологического. Предлагаемая схема стратиграфического,

генетического и литологического расчленения покровного чехла голоценовых осадков, несмотря на ситуационный способ построения и прагматическую направленность, может иметь вполне определенное общерегиональное геологическое значение, поскольку основана на содержательном анализе структуры, последовательности и условий формирования объекта исследований с учетом его основных особенностей.

Высказанные положения в своей совокупности составили рабочую гипотезу, принятую для содержательного описания строения толщи голоценовых отложений и постановки региональных инженерно-геологических исследований. Анализ предварительных результатов по оценке неоднородности чехла голоценовых осадков показал, что наиболее существенное инженерно-геологическое значение имеет генетический фактор, а именно — формирование отложений в пределах той или иной обстановки осадконакопления (Леонов, 1981 а, б). Региональные инженерно-геологические исследования шельфовых отложений, проведенные в соответствии с концепцией о типах шельфовых обстановок осадконакопления, подтвердили правильность выбранного подхода, продемонстрировав, что типом обстановки осадконакопления определяются как общие особенности состава и свойств донных осадков, так и характер распределения их показателей в пространстве (Леонов, 1982, 1983).

2.2. Обоснование методики региональных инженерно-геологических исследований и используемой терминологии

Особенности избранного нами генетического подхода при проведении региональных инженерно-геологических исследований вкратце сформулированы в ряде положений предыдущего раздела с привлечением таких понятий как "обстановка осадконакопления",

"генетический тип" и "фация". Более полное обоснование методики региональных исследований требует раскрытия содержания и анализа взаимосвязи названных понятий. При этом мы ставим целью не столько выполнение детального и строгого их разбора, сколько возможно более полное определение авторской позиции в выборе и использовании существующих понятий применительно к целям исследований.

Проблемы геологического языка и совершенствования понятий являются одними из самых сложных и постоянно присутствуют в круге теоретических вопросов геологии и инженерной геологии (Воронин, 1967, 1969, 1977; Косыгин, Соловьев, 1967; Васильченко, 1968; Шарапов, 1975; Груза 1977; Груза и др., 1977; Абрамович и др., 1978; Бондарик, 1971, 1981). Предлагались различные способы унификации геологического языка вплоть до формально-логической разработки новой терминологической базы (Воронин и др. 1967; Васильченко, 1968).

Тем не менее, преобладающим является мнение о неразрешимости терминологических споров в отсутствии общетеоретической основы геологии (Груза, 1977 и др.). Только теория в состоянии навести порядок в науке будь то физика, астрономия или геология. Поскольку таковой нет в наличии у морской инженерной геологии, то необходимо установить некоторые общие правила для выбора и использования научных понятий.

Анализ взаимосвязи научных понятий не сводится лишь к фиксации их содержания и объема. Более продуктивным представляется использование операционного подхода, когда понятия рассматриваются не только как правила выделения некоторых объектов из окружающей нас действительности, но и как основной инструмент научного исследования (Воронин, Еганов, 1972). При этом, в каче-

стве основного принимается правило о недопустимости изолированной оценки правильности отдельно взятых терминов и определений и необходимости рассматривать систему определений, отвечающую некоторой системе понятий, рассматриваемых в данной дисциплине или отрасли техники.

Сформулированная в предыдущем разделе схема стратиграфического, генетического и литологического расчленения толщи голоценовых отложений северо-западного шельфа, по сути, и являются реализацией операционного подхода к изучению донных осадков на основе использования понятий "обстановка осадконакопления", "генетический тип", "фацция". Раскрытие содержания данных понятий в рамках избранной схемы позволяет описать строение толщи голоценовых отложений и обосновать методику их регионального изучения.

Понятие "обстановка осадконакопления" является сравнительно молодым, но наиболее широко используемым в литературе. Свидетельством этому является большое число монографий, посвященных изучению и описанию обстановок осадконакопления, вышедших за последние годы (Градзинский, 1980; Рейнек, Сингх, 1981; Петтиджон, 1981; Сэлли, 1981; Крашенинников, 1984 и др.). Тем не менее, несмотря на обилие геологического материала и длительность его проработки, до сих пор нет ни однозначного понимания содержания этого понятия, ни четкого и ясного его определения.

Для иллюстрации и облегчения дальнейших рассуждений ниже приводится ряд наиболее содержательных определений понятия "обстановка осадконакопления", а также характеристика ее признаков.

"В целом под обстановкой осадконакопления понимается некоторая геоморфная единица, в пределах которой идет отложение осадков... Особенности той или иной обстановки терригенного осадконакопления определяются различными признаками: физически-

ми, биологическими, химическими и ландшафтными" (Рейнек, Сингх, 1981, с.8).

"Понятие седиментационной обстановки (среды) относится к области осадконакопления и связанным с ней физическим, химическим и биологическим условиям, от которых зависят седиментационные процессы и отложения, накопленные в результате действия этих процессов... В качестве наиболее общего критерия классификации седиментационных обстановок принимается в широком смысле пространство аккумуляций... Одни обстановки выделяются в зависимости от доминирующих в них процессов, другие, - опираясь на физиографическую ситуацию пространства аккумуляции, а третьи - в зависимости от комплекса накапливающихся осадков" (Градзиньский и др., 1980, с.404).

"Под обстановкой осадконакопления подразумевается часть земной поверхности, которая по физическим, химическим и биологическим признакам отличается от соседних площадей" (Сэлли, 1981, с.232).

"Обстановка осадконакопления обусловлена определенной системой физических и химических переменных, отвечающей геоморфологической единице, имеющей определенные размеры и форму" (Петтиджон, 1981, с.664).

"Обстановка (условия) осадкообразования физико-географическая - условия и характер среды осадкообразования: 1) субаэральная или субаквальная среда; 2) приуроченность к ... геоморфологическим элементам; 3) характер (озеро, лагуна, морской басс.) и вероятная глубина басс.; 4) положение в определенной части басс. (прибрежной, батинальной, на открытом шельфе, в застойной зоне и т.п.); 5) удаленность от береговой линии; 6) степень гидродинамики среды; 7) действие ветра и льда; 8) условия жизни и

захоронения организмов и т.п." (Геологический словарь, 1978 г., т.2; с.25).

Одним из способов формулировки определений является их построение на основе родовой принадлежности и видовых отличий.

Родовыми (главными) понятиями, через которые дается определение обстановки осадконакопления являются: геоморфная единица; область осадконакопления (пространство аккумуляции); часть земной поверхности; система физических и химических переменных, отвечающая геоморфологической единице; условия и характер среды осадкообразования. Можно заметить, что в попытках определения понятия "обстановка осадконакопления" доминирует пространственная, а именно геоморфологическая концепция. Суть данной концепции состоит в понимании обстановки осадконакопления, как некой области пространства, главными видовыми (отличительными) признаками которого являются: ландшафтные, физические, химические и биологические. Нельзя не признать, что "...геоморфологическая концепция представляет собой такой подход к проблеме определения и классификации обстановки осадконакопления, который в наибольшей степени отражает геологический смысл вопроса" (Петтиджон, 1981, с.664).

В настоящей работе под обстановкой осадконакопления мы будем понимать некую геоморфологически однородную часть пространства с относительно выдержанными физическими, химическими и биологическими условиями осадконакопления. Геоморфологическая однородность при прочих равных условиях (климатических, геоструктурных и т.п.) необходимо должна запечатлеваться в форме, литологии и характере распределения состава и свойств геологических тел, образованных осадками данной седиментационной области.

С понятием "тип обстановки осадконакопления" тесно соотно-

сятся такие понятия, как "фа́ция" и "генетический тип", которые также достаточно широко используются в геологической науке. По вопросам фа́циального и генетического анализов имеется обширная геологическая литература. Ряд геологов, как у нас в стране, так и за рубежом посвятили этому вопросу специальные исследования (Наливкин, 1932, 1955; Пустовалов, 1933, 1947; Крашенинников, 1958, 1960, 1962, 1968, 1971; Кумчужников, 1948, 1957; Рухин, 1948; Всоевич, 1948; 1956; Фролов, 1966, 1968; Крумбейн, Слосс, 1953, 1960; Мур, 1953 и др.). Тем не менее до сих пор нет согласия ни в определении природы объектов, стоящих за понятием "фа́ция" и "генетический тип", ни в гносеологической трактовке самих понятий. Иллюстрацией сложившейся ситуации может послужить следующее высказывание: "Вероятно, никакой геологический термин не использовался столь широко и для столь обширного круга понятий, как фа́ция... На недавно проходившем симпозиуме по проблемам корреляции и интерпретации осадочных фа́ций двое из шести докладчиков избегали термина "фа́ция", а четверо других использовали его для обозначения трех различных понятий" (Teichert, 1958, цит. по Дюффуру, 1981, с. 50). Имеют место различия даже самих способов классификации существующих определений фа́ции (Крашенинников, 1962; Фролов, 1966; Романовский, 1977; Дюфур, 1981).

Наиболее полный и подробный анализ понятий "фа́ция" и "генетический тип" за последнее время проведен М.С. Дюффуrom (1981). Данный автор на основе анализа многочисленных определений предлагает следующие три группы определения фа́ции.

1. Фа́ция определяется как "...отложения, выделяемые в соответствии с условиями их формирования:.

2. Определение фа́ции как "...совокупности первичных признаков пород, т.е. признаков, по которым могут быть установлены усло-

вия образования".

3. Определения, "...согласно которым фации рассматриваются как условия образования отложений или обстановки осадконакопления". (Дюфур, 1981, с.57, 59, 61).

Последнее определение фации в соответствии с принятым операционным подходом, требующим системного использования понятий, является избыточным, так как уже было зарезервировано понятием "обстановка осадконакопления". По-видимому, само по себе широкое распространение данного термина в геологической литературе последних лет можно рассматривать как логическое следствие поиска путей преодоления многозначности понятия "фация".

Что касается первых двух групп определений, то содержательный анализ приведенных у М.С.Дюфура формулировок ясно указывает, что в первом случае (Дюфур, 1981, с.57-58) речь идет об объектах определенного качества (с фиксированными свойствами), а во втором (Дюфур, 1981, с.61-62) - о качествах (свойствах) фиксированных объектов. Данные две сущности неразрывны, а посему споры о том, что методически более верно, - исследование объектов с определенными свойствами или свойств определенных объектов, непринципиальны и бессодержательны в отрыве от контекста решаемых задач.

Цели исследований предопределяют, чем "удобнее" оперировать - объектами определенных свойств или свойствами определенных объектов. Например, при региональных исследованиях и палеогеографических реконструкциях естественным и наглядным является представление объекта в виде пространственных образований типа геологических тел с определенным набором свойств. При различных генетических и классификационных построениях на первый план выступают характерные признаки и свойства объекта. В сущности все разнообра-

ние пониманий термина "фа́ция" и возникло из многообразия геологических задач.

Понятие о фа́циях было введено А.Грессли ситуационно для описания региональных литологических и фаунистических неоднородностей осадочных толщ. В определениях введенного понятия А.Грессли под фа́циями подразумевал "модификации, которые характеризуются постоянными свойствами в петрографическом составе, а также в палеонтологических особенностях сообщества ископаемых остатков...; ...совокупности изменений...толщи; ...изменения, как петрографические, так и палеонтологические, которые претерпевает толща в горизонтальном направлении...". В данное понятие А.Грессли вкладывал, прежде всего, петрографическое и палеонтологическое содержание. Генетическое значение придавалось ему лишь в процессе региональных исследований, "...при последовательном описании...толщ". В этом случае А.Грессли считал необходимым высказать "...свое мнение о той или иной фа́ции, является ли она отложением прибрежным, т.е. мелководным, или отложением пелагическим, т.е. глубоководным" (Gressly, 1938, с.12, цит. по Дюфур, 1981, с.51).

В определении собственного отношения к понятию "фа́ция" мы следовали принципу научного приоритета, которому отдает предпочтение ряд исследователей (Крашенинников, 1962, 1968, 1984; Фролов, 1966; Дюфур, 1981 и др.), а также принципу системного использования понятий. В соответствии с этим под фа́циями мы будем понимать литологически однородные геологические тела в пределах стратиграфически однородного-одновозрастного комплекса отложений. Генетическое значение фа́ций будет определяться принадлежностью к конкретному генетическому типу отложений и положением в характерном для него литофа́циальном ряду.

Понятие "генетический тип" введено А.П.Павловым, который, к сожалению, не дал ему четкого определения, но ясно указал на два, как нам кажется, основных положения. Первое сводится к тому, что "...генетические типы материковых образований могли, разумеется, происходить на материках во все геологические периоды, если существовали благоприятные для того физико-географические условия...". Второе же состоит в том, что "...генетическое значение — определяет способ образования данной группы отложений" (Павлов, 1888, с.247). Таким образом содержательное значение данного понятия должно включать как физико-географический (геоморфологический), так и динамический аспекты. В равной степени это относится и к генетической классификации морских отложений.

Генетическая типизация последних на основе "...систематизации динамических форм осадконакопления" (Фролов, 1968, с.32), сводит генетические построения к установлению простого соответствия литологических характеристик осадков гидродинамическим характеристикам среды. Нельзя не признать, что к выделенным таким способом "...телам вполне применим термин "фа́ция". Это частные осадочные фа́ции, которые выделяются не по совокупности условий ландшафтной единицы, а по характеру каких-то специфических, частных условий, в данном случае — по характеру динамической формы аккумуляции..." (Дюфур, 1981, с.78). Нам представляется, что чисто "динамический" подход не отвечает всему содержательному и объемному значению, которое вкладывается в понятие "генетический тип". К тому же, он не всегда способен однозначно указывать на условия осадконакопления, поскольку один и тот же механизм процесса (динамическая форма по В.Т.Фролову) может быть изоморфен, вообще говоря, множеству обстановок осадконакопления (Klein, 1965; Романовский, 1977). Следует согласиться с

мнением автора классификации о необходимости подвергнуть дополнительному обсуждению сам принцип выделения генетических типов морских отложений (Фролов, 1968).

Возможны два способа построения общей генетической классификации морских отложений.

1. На основе создания общей теоретической модели субаквального седиментогенеза с последующим переходом от общей теории к частным моделям.

2. На основе описания конкретных существующих обстановок осадконакопления с последующим синтезом их в общую модель.

По-видимому, создание "...всеобъемлющей классификации в настоящее время не осуществимо, поскольку не ясно, сколько существует моделей осадконакопления" (Петтиджон, 1981, с. 68). К настоящему времени по самым оптимистическим подсчетам менее 20% современных обстановок осадконакопления изучены с целью получения данных, как основы для фациальных реконструкций (Рейнек, Сингх, 1981). Данные обстоятельства заставляют отдать предпочтение второму пути, ведущему от частного к общему.

В соответствии с этим в настоящей работе с привлечением ряда понятий осуществлена генетическая типизация донных осадков платформенного шельфа северо-западной части Черного моря, как модели платформенных шельфов внутриконтинентальных морей. Основой генетической типизации шельфовых отложений избраны физико-географические условия их формирования, а именно принадлежность к конкретным типам шельфовых обстановок осадконакопления.

Региональные инженерно-геологические исследования северо-западного шельфа показали, что в наиболее общем виде литологические, фаунистические, геохимические и инженерно-геологические ха-

рактистики донных осадков преимущественно определяются принадлежностью их к крупным геоморфологическим областям типа впадина, залив, взморье, желоб и т.п. Геоморфологически выраженные участки представляют собой области, однородные в гидродинамическом и гидрохимическом отношении. Характерными чертами любой динамической области являются преобладание какой-либо одной динамической формы аккумуляции, а также особенности сочетания форм аккумуляции в пространстве. В связи со сказанным под генетическим типом шельфовых отложений мы понимаем отложения, сформировавшиеся в пределах геоморфологически однородного участка шельфа с установившимся гидродинамическим и гидрохимическим режимом осадконакопления. Однородность физико-географических условий осадконакопления определяет общее литолого-генетическое единство комплекса сформировавшихся отложений, выраженное через доминантную литофазию и литофациальный ряд. Таким образом, генетическая типизация шельфовых отложений сводится к типизации шельфовых обстановок осадконакопления и вполне соответствует современным представлениям, что "...генетические типы - это... не обстановки осадконакопления, а геологические тела, возникшие в той или иной обстановке" (Крашенинников, 1984, с. 55).

Наиболее характерные для шельфов генетические типы их отложений перечислены в таблице 2.1. Там же им приведены в соответствии генетические типы морских отложений по классификации В.Т. Фролова (1968). Диагностическими признаками названных генетических типов шельфовых отложений являются:

- преобладание определенного литологического типа осадков (наличие доминантной литофазии);
- особенности пространственного сочленения литологических типов шельфовых отложений (характерный литофациальный ряд);

Таблица 2.1

Генетические типы шельфовых отложений

№ п/п ! Генетические типы шельфовых отложений !	Генетические типы морских отложений по В.Т.Фролову ! (1968)
1. Отложения заливов открытого типа.	Отложения впадин и затишных участков (западинные)
2. Отложения заливов закрытого (лагунного) типа	Лагунные отложения
3. Отложения авандельт (авандельтовые отложения)	Речных выносов (подводный аллювий) вдоль береговых течений
4. Отложения желобов прибрежного (эстуариевого) типа	Лагунные
5. Отложения желобов и впадин - участков открытого шельфа, приуроченных к палеодолинам	Отложения западин и затишных участков (западинные)
6. Отложения взморий - участков прибрежного шельфа, приуроченных к затопленным водоразделам.	Отложения участков волнения (собственно волновые)
7. Отложения участков открытого внутреннего шельфа (до 35-40 м)	Отложения участков донных течений
8. Отложения области внешнего шельфа.	Отложения участков донных течений

- характер пространственной изменчивости показателей состава и свойств.

Описание названных диагностических признаков содержится в таблице 2.2. В предлагаемую классификацию вошло большинство генетических типов осадков, которые по схеме В.Т.Фролова предположительно могут быть отнесены к шельфовым. Данная классификация не содержит в качестве самостоятельных генетических типов отложений прибойного потока и ракушняковых банок. В соответствии с принципами нашей классификации данные литологически однородные отложения, не имеющие самостоятельного регионального значения, принадлежат к ряду генетических типов в качестве их составных литофаций (например, ракушечная фация взморий, песчаная фация заливов и т.д.).

Следуя избранной концепции в основу региональных инженерно-геологических исследований северо-западного шельфа был положен принцип полигонного подхода, являющийся модификацией метода ключевых участков Я.Н.Разживина - Н.В.Коломенского (1968). Как известно метод опорных полигонов (ключевых участков) нашел широкое применение в геологических и географических исследованиях регионального характера. Главным достоинством этого метода является ориентация на детальное изучение структуры и динамики объектов в типичных условиях.

Важным и ответственным является этап выбора мест расположения опорных полигонов, на котором необходимо удовлетворить требования типичности, наибольшего разнообразия и полноты охвата территории при минимальном числе полигонов. Выбор полигонов исследований производится на основе типологического районирования территории с целью выделения самостоятельных ее элементов. По-

Таблица 2.2

Диагностические признаки генетических типов шельфовых отложений

Генетический тип шельфовых отложений	Доминантная литофация	Характерный литофациальный ряд	Режим пространственной изменчивости показателей состава и свойств
Отложения заливов открытого типа	илы	пески-ракушечники-илы	закономерный
Отложения заливов лагунного типа	илы	пески-ракушечники-илы	закономерный
Отложения авандельт	илы	пески-илы-ракушечники	незакономерный
Отложения желобов прибрежного шельфа	илы	пески (ракушечники)-илы	закономерный
Отложения желобов открытого шельфа	илы	ракушечники-илы	закономерный
Отложения взморий прибрежного шельфа	ракушечники	прибрежные пески-ракушечники взморья	преимущественно незакономерный
Отложения участков внутреннего шельфа	ракушечники	ракушечники-илы-желобов и впадин	преимущественно незакономерный
Отложения области внешнего шельфа	Ракушечники	ракушечники-глубоководные илы	преимущественно незакономерный

сколькx объектом настоящих исследований является чехол голоценовых осадков, сформировавшийся в условиях шельфа, в основу его типологического районирования положено представление о шельфе как об открытой динамической системе, состоящей из относительно самостоятельных подсистем. В пределах северо-западного шельфа подобными относительно самостоятельными элементами являются описанные выше типы обстановок осадконакопления. Типы седиментационных обстановок северо-западного шельфа охватывают динамически однородные области, отложения которых представляют собой целостные и полностью определенные объекты. Полнота объекта исследований определяется знанием трех его элементов: структуры, функции и истории (Воскобойников, 1978, 1979). Применительно к областям седиментации черноморского шельфа мы располагаем сведениями о структуре бассейнов (его форме и размерах), функции (режимах седиментационных процессов) и истории (характера развития голоценовой трансгрессии и последовательности смены седиментационных обстановок). Таким образом, для шельфовых осадков, как полных объектов исследования, имеется возможность формулировки и решения комплекса прямых и обратных геологических задач, связанных с определением неизвестного объекта по двум известным. Так, например, по пространственной структуре сингенетических показателей отложений, являющейся реализацией динамики объекта за данный исторический этап, можно восстанавливать структуру бассейна. По пространственной структуре диагенетических показателей можно оценивать интенсивность и направленность процессов диагенеза. Наконец, зная структуру бассейна (форму и размеры) и его динамику (характер седиментогенеза), можно предсказывать характер пространственного распределения состава и свойств отложений.

Типологическое районирование шельфа на основе концепции о

типах его обстановок осадконакопления имеет ясную геологическую основу, является достаточно информативным и позволяет решать широкий спектр геологических и инженерно-геологических задач. Нам представляется, что использование концепции типов обстановок осадконакопления является единственно верной методической посылкой для решения задач морского регионального грунтоведения на генетической основе.

В соответствии с вышесказанным типологическое районирование северо-западного шельфа для постановки региональных исследований было сведено к выделению ряда типичных обстановок осадконакопления. Следуя общей геоморфологической концепции при типизации обстановок осадконакопления учитывались:

- форма седиментационной области, обусловленная очертаниями берега либо характерной оконтуривающей изобаты;
- характер донного рельефа - мелководный или глубоководный западинный, выровненный или расчлененный и т.д.;
- региональное положение на шельфе - в прибрежной или открытой части.

При выполнении построений мы стремились к максимальному использованию физико-географических таксонов, имеющих общеизвестный геологический и геоморфологический смысл. В наименовании типа обстановки осадконакопления были использованы установившиеся местные географические названия, нашедшие употребление в практике региональных исследований северо-западного шельфа Черного моря.

В итоге, для детальных инженерно-геологических исследований были выбраны отложения наиболее типичных обстановок осадконакопления северо-западного шельфа, максимально охватывающие ли-

толого-генетическое разнообразие чехла голоценовых осадков и характеризующиеся достаточной региональной изученностью (рис. 1.4, 1.5).

2.3. Типичные обстановки осадконакопления северо-западного шельфа как основа для выбора опорных участков детальных инженерно-геологических исследований

Региональные инженерно-геологические исследования, проведенные на шести опорных полигонах (рис. 1.) позволили достаточно полно изучить основные генетические типы шельфовых отложений. При этом были изучены донные отложения восьми обстановок осадконакопления (рис. 1.4, 1.5), из которых в соответствии с принятой в данной работе стратиграфической схемой шесть обстановок соответствуют новочерноморскому этапу и две — доновочерноморскому этапу развития голоценовой трансгрессии. Ниже приведен перечень и краткая характеристика всех выбранных седиментационных обстановок.

Обстановки осадконакопления новочерноморского времени:

1. Днестровское взморье прибрежного шельфа представляет собой мелководный участок шельфа, прилегающий к побережью Днестровского и Будацкого лиманов в пределах водораздела между палеодолинами р. Днепр и р. Днестр. Средние глубины составляют 10-15 м, максимальные глубины редко превышают 20 м и приурочены к локальным участкам овражно-балочной сети субаэральной основы шельфа. Донный рельеф Днестровского взморья несмотря на сложность расчленения "коренной основы", в целом существенно выровнен и сглажен осадками. Средняя крутизна дна не превышает 5-10 минут. В литологическом спектре донных осадков присутствуют все три

фации (рис. I.5). Доминантой является ракушечная фа́ция. Характерный фа́циальный ряд - прибрежные пески - ракушечники взморья. Илы имеют локальное распространение и приурочены к местным понижениям рельефа, а также к устью Днестровского лимана, являющегося участком сосредоточенного поступления терригенного материала. Мощность осадков колеблется от первых десятков сантиметров до 2-3 метров. Минимальную мощность (0,2 м и менее) имеет покровный слой ракушечников. Максимальную - до 2-5 м прибрежные пески и линзы песков на отдельных банках, а также илы близ устья Днестровского лимана.

2. Придунайский участок принадлежит области открытого внутреннего шельфа, расположенного юго-восточнее побережья системы озер Шаганы, Алибей - Бурнас между авандельтой Дуная и Палеоднестровским желобом. Глубина акватории не превышает 30 м, при средних значениях 15-20 м. Средняя крутизна редко превышает 5-7 минут. Покровный чехол шельфовых осадков представлен преимущественно песками и ракушечниками (рис. I.5). Доминантная фа́ция ракушечная, характерными литофа́циальными рядами являются в западной части авандельтовые илы - ракушечники взморья, а в северной прибрежные пески - ракушечники взморья. Пески имеют локальное развитие и приурочены к возвышениям донного рельефа. Мощность толщи осадков изменяется от 0,2-0,3 м до 1,5-2,0 м.

3. Центральный желоб открытого шельфа представляет собой западинный участок овальной формы, приуроченный к палеодолине р. Днепр, субмеридионально простирающейся от Одесского залива и Одесской банки до мористой границы внутреннего шельфа. Центральный желоб является почти симметричной котловиной с выровненным, а местами почти плоским дном. Очертания Центрального желоба до-

статочно отчетливо оконтуриваются 20-ти метровой изобатой. Преобладающие глубины моря составляют 25-30 м.

Область максимальных глубин (35-36 м) расположена в южной части желоба. Крутизна бортов желоба меняется от 50-10 минут в пределах восточной части до 10-20 минут в пределах западной. Доминантной является глинистая фация, представленная ритмичной толщей переслаивающихся илов и маломощных ракушечников. Характерный фациальный ряд - ракушечники - илы. Мощность толщи осадков закономерно убывает с севера на юг от 4-5 до 0,5 м и менее.

4. Днепровский желоб прибрежного шельфа образовался при затоплении верхней части долины Днепра и представляет собой вытянутую в широтном направлении акваторию, расположенную между северным побережьем и Одесской банкой. Протяженность акватории от Одесского залива до Днепровского лимана превышает 50 км, а ширина колеблется от 5-6 км в западной части, до 9-10 - в восточной. Днепровский желоб имеет почти симметричный профиль с максимальными глубинами по осевой части от 10-12 м на востоке до 15-20 м на западе. Доминантная фация - илы с маломощными прослоями ракуши. Характерный фациальный ряд пески - илы либо пески - ракушечники - илы. Мощность песков в прибрежной части и на Одесской банке колеблется в пределах 1-4 м. Средние мощности илов Днепровского желоба составляют 5-6 м, достигая 10-12 м в локальных понижениях палеодолины Днепра.

5. Каркинитский морской залив в его внешней мористой части является заливом открытого типа, сформировавшимся на последнем - новочерноморском этапе голоценовой трансгрессии. В плане залив образует почти симметричную акваторию, ограниченную на юге полуостровом Тарханкут, на востоке Бакальской банкой, на севере -

островом Джарылгач. Профиль залива асимметричен с выположенным северным бортом и крутым южным. Последнее обстоятельство в значительной степени обусловило характер седиментогенеза и литологию донных осадков. В литологическом спектре донных осадков присутствуют все три фации. В пределах Каркинитского залива доминирует фация илов. Характерным фациальным рядом является ряд пески - ракушечники - илы. Максимальные мощности донных осадков приурочены к устью и осевой части залива. По направлению от внутренней к внешней части Каркинитского залива мощность толщи осадков закономерно убывает от 4-5 м до 0,2-0,3 м. При движении же от берегов к осевой части залива мощность возрастает от 0,5-1,0 м до 2-3 м. Таким образом, большая часть терригенного материала аккумулируется в осевой, глубоководной части залива.

6. Авандельта Дуная представляет собой типичный участок лавинной седиментации терригенного материала, вносимого в прибрежную часть шельфа водными потоками р. Дунай. Процессы осадконакопления, которые контролируются гидродинамическим полем прибрежной части и гидродинамикой речных потоков обуславливают сложность и неоднородность седиментационного режима во времени и пространстве. Если в прибрежной части седиментация материала происходит преимущественно за счет механического выпадения песчаных фракций из речной взвеси, то в открытой фронтальной части преобладающее значение имеют, видимо, процессы физико-химической коагуляции глинистого материала. Протяженность Килийского участка авандельты Дуная, на котором были выполнены детальные исследования, составляет 50 км, ширина 15 км. Глубина участка лавинной седиментации изменяется от 0 до 20-22 м. Доминант-

ная фация - глинистые илы. Характерный литофациальный ряд: пески - илы - ракушечники. Мощность толщи вдоль направления фронт авандельты - берег изменяется от 0,3-0,5 до 5-10 м. и более.

Доновочерноморские обстановки осадконакопления:

I. Центральная лагуна (лагунный бассейн в центральной части северо-западного шельфа) существовала непродолжительное время (7-10 тыс. лет назад) при стоянии уровня моря на отметках минус 20-30 м (рис. I.4). Исключая отдельные детали, форма лагуны близка к прямоугольной, соизмеримой по длине (50-60 км) и ширине (40-50 км). Данное обстоятельство, а также тот факт, что собственно Палеоднепровский лиман располагается севернее (на месте нынешнего Днепровского желоба), позволяют определить этот бассейн как опресненный лагунный. Центральная лагуна наряду с Каркинитской являлись самыми крупными и достаточно четко оконтуренными седиментационными бассейнами доновочерноморского времени. На фоне сложной общей структуры Центральной лагуны выделяются две ее части - изометричная северная и субширотно вытянутая южная. Южная часть лагуны сочленялась с акваторией открытого моря через единственный узкий пролив, что обуславливало существенную общую изолированность лагунного бассейна. Данная двучленность строения проявляется как в характере пространственного распределения литофаций, так и в морфологии дна современного Центрального желоба. Палеореконструкции, выполненные ст. н. сотрудником ПЛИГ СГУ В. И. Шмуратко показали, что максимальные глубины в центральных частях лагуны, по-видимому, не превышали 10-15 м. Доминантная фация - глинистая. Характерный литофациальный ряд: пески - ракушечники - илы. Средние мощности донных осадков составляют 1,0-1,5 м. Максимальные вскрытые мощности приурочены к центральным частям лагуны и достигают 3-4 м.

2. Каркинитский лагунный бассейн доновочерноморского времени располагался полностью в пределах внешней части нынешнего Каркинитского залива и был во многом аналогичен Центральному. В гидродинамическом отношении Каркинитская лагуна, по-видимому, обладала более тесной связью с морем, поскольку имела широкий открытый пролив близ западной оконечности полуострова Тарханкут (рис. I.4). Лагуна имела полуовальную вытянутую форму, протяженность около 90 км по осевой субширотной части. Ширина лагуны колеблется на различных участках от 20 до 40 км. В сложном морфологическом строении донного рельефа наиболее определенно выделяются две части - западная субширотная и восточная субмеридиональная. Морфология лагуны и характер донного рельефа отчетливо проявились в пространственном распределении фаций донных осадков и их мощностей.

2.4. Возможности целостной инженерно-геологической характеристики литолого-генетических типов голоценовых отложений северо-западного шельфа

Таким образом, было изучено 8 типичных голоценовых обстановок осадконакопления северо-западного шельфа Черного моря. В литологическом аспекте большинства генетических типов шельфовых отложений присутствуют все три фации. В шести из восьми генетических типах доминирует глинистая фация. В пределах чехла голоценовых осадков северо-западного шельфа Черного моря фациям илов принадлежит 33-44% площади и 54,5-70% суммарного объема. Глинистые фации, находясь в начальных стадиях диагенеза, являются уникальным объектом для рассмотрения ряда вопросов генетического и регионального грунтоведения. Кроме того, для илов есть возможность определения широкого комплекса показателей состава, физических и механических свойств. Данные обстоя-

тельства predeterminedили выбор глинистых фаций для рассмотрения генетических аспектов регионального грунтоведения северо-западного шельфа. Региональные аспекты строения чехла голоценовых осадков, связанные с характером пространственного распределения показателей состава и свойств, рассмотрены на примере всех фаций, присущих тому или иному генетическому типу шельфовых отложений.

В завершение описания типов обстановок северо-западного шельфа и для обоснования дальнейших рассуждений приведено несколько схем, иллюстрирующих основные генетические и региональные особенности состава и свойств ряда генетических типов илов северо-западного шельфа (рис. 2.1, 2.2, 2.3).

Анализ материала, содержащегося в приведенных схемах, рационально провести в двух аспектах - региональном и генетическом. В региональном аспекте необходимо выделить три основных момента.

1. Вертикальная изменчивость показателей состава и физических свойств в пределах стратиграфо-генетических горизонтов имеет, в общем, незакономерный характер (рис. 2.1, 2.2).

2. Латеральная изменчивость показателей в большинстве случаев имеет отчетливо выраженный закономерный характер (рис. 2.3).

3. Характером изменчивости показателей состава и свойств голоценовых осадков северо-западного шельфа обусловлена существенная неоднородность не только всей толщи голоценовых отложений, но и генетически однородных ее элементов.

В генетическом отношении наиболее примечательным представляется следующее:

1. Различные генетические типы илов в вертикальном сочленении могут отличаться по одним показателям (влажность, пористость, показатели пластичности) и не иметь различий по другим

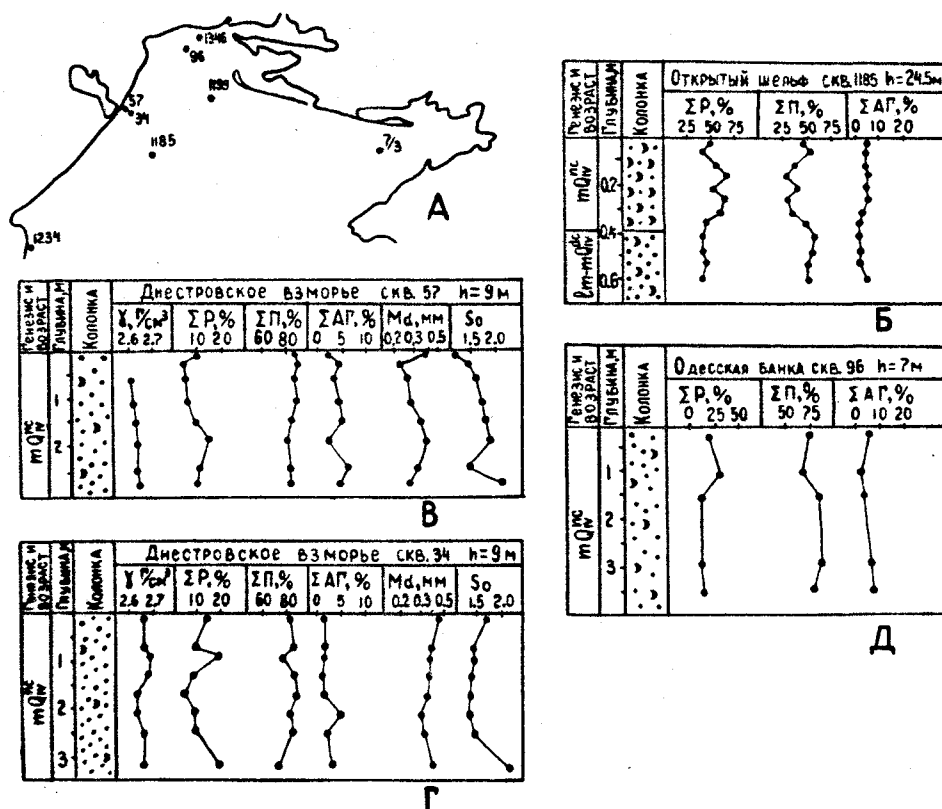


Рис. 2.1. Характеристика состава и физико-механических свойств ракушечных (Б) и песчаных (В-Д) голоценовых отложений различных областей (А) северо-западного шельфа.

ΣР-содержание ракушечной (2 мм) фракции, %; ΣΠ-содержание песчаной (2.0-0.05 мм) фракции; ΣАГ-содержание алевроглинистой (0.05-0.001 мм) фракции; ΣГ-содержание глинистой (<0.001 мм) фракции; M - медианный диаметр, мм; S₀-коэффициент сортировки по Траску; γ - плотность, г/см³; γ₀-объемная масса, г/см³; W - естественная влажность, %; W_л, W_р-верхний и нижний пределы пластичности, %; П - пористость, %; τ_к, τ_к^н - сопротивление вращательному срезу илов ненарушенного и нарушенного сложения, I · 10⁻⁴ МПа; P_б - бытовое давление толщи осадков, I · 10⁻⁴ МПа.

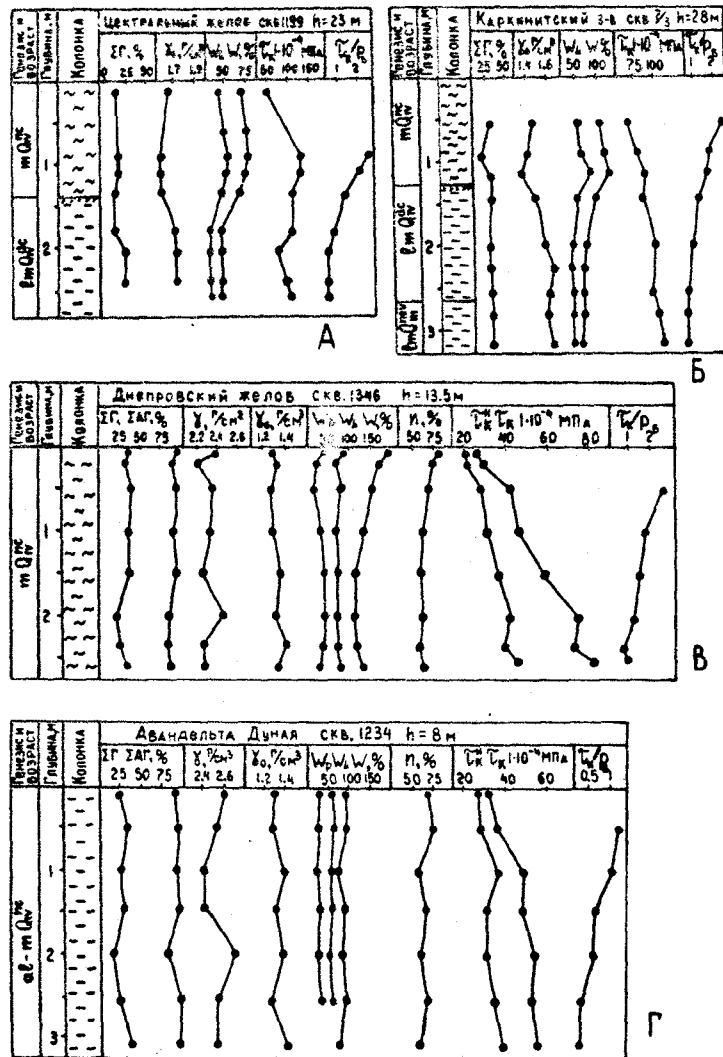


Рис. 2.2 Характеристика состава и физико-механических свойств голоценовых илов северо-западного шельфа различного генезиса и регионального положения: А-Центральный желоб открытого шельфа, Б-Каркинитский морской залив, В-Днепровский желоб прибрежного шельфа, Г-авандельта Дуная.

Условные обозначения на Рис. 2.1.

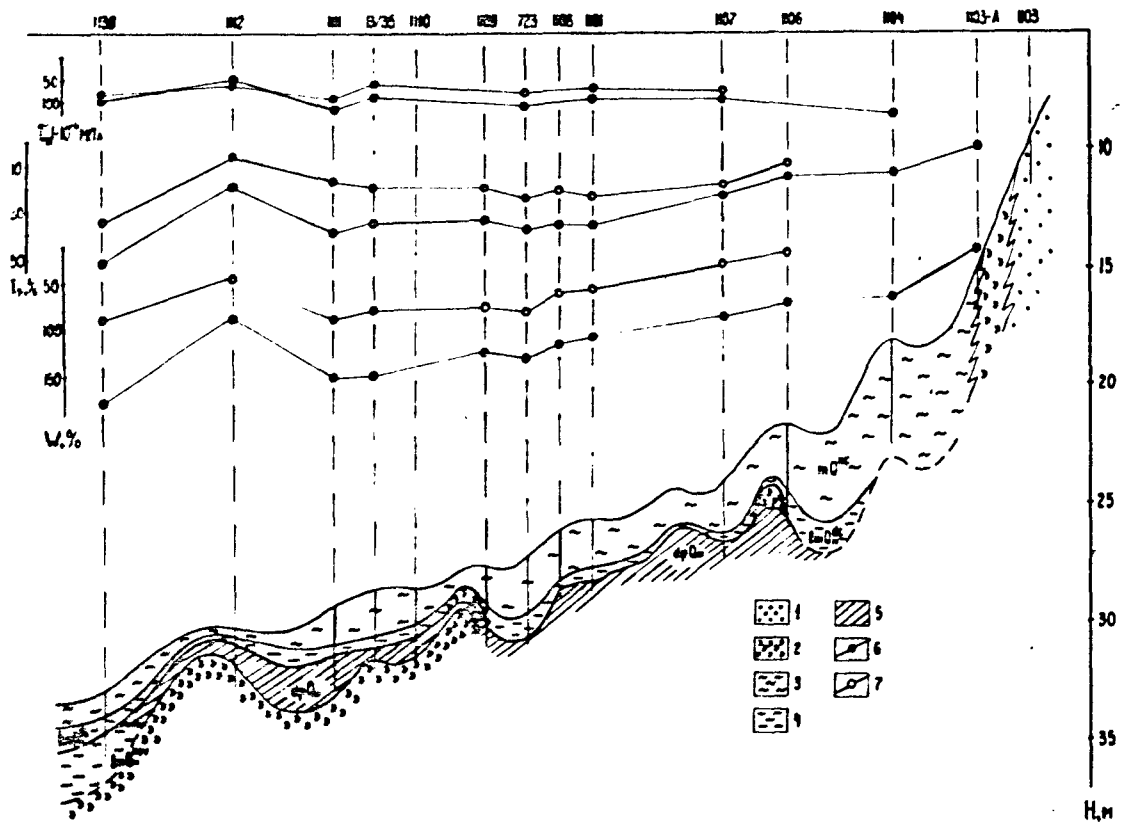


Рис.2.3. Характер латеральной изменчивости осредненных величин влажности (W), чисел пластичности (I_p) и сопротивления вращательному срезу (τ_k) ново-черноморских (сплошной кружок) и ново-эвксинско-древнечерноморских осадков по опорному профилю в Каркинитском заливе.

(грам-состав, плотность, показатели прочности) (рис.2.2).

2. По амплитуде изменчивости показателей состава и свойств генетические типы илов северо-западного шельфа образуют пересекающиеся классы.

3. Интервалы изменчивости характеристик состава и свойств большинства генетических типов илов варьируют от минимальных до максимальных из зарегистрированных в пределах района исследований значений.

Таким образом, для регионального анализа инженерно-геологических особенностей генетических типов шельфовых отложений необходимо определить способы целостного описания имеющих неоднородностей их состава и свойств. Для инженерно-геологической типизации шельфовых отложений на генетической основе необходимо отыскать показатели, способные: во-первых, целостно представить различные генетические типы осадков; во-вторых, провести их сравнительную оценку.

К решению первой задачи мы подошли путем изучения закономерностей изменчивости показателей состава и свойств в пространстве, занятом фациями данного генетического типа шельфовых отложений. В решении второй задачи мы опирались на поиск закономерных взаимосвязей показателей состава и свойств, характеризующих фации различных генетических типов.

Настоящие две задачи сводятся к построению двух типов моделей - моделей в пространстве признаков (признаковых моделей) и моделей в геологическом пространстве (пространственных моделей). Признаковые модели представляют собой различные графо-аналитические выражения, которые описывают характер связи показателей состава и свойств, установленный для всего генетического типа или отдельной его литофации. Модели данного типа представляют

объект в пространстве нескольких взаимосвязанных признаков и строятся методами регрессионно-корреляционного, дискриминантного и факторного анализов. Пространственными являются различного рода графо-аналитические модели, привязанные к координатам пространства и описывающие характер изменчивости показателей состава и свойств отложений единой динамической области седиментации. Эти модели представляют собой схемы, карты, тренд-поверхности и различного рода аналитические выражения, полученные традиционными геологическими способами или на основе математического моделирования. Признаковые и пространственные модели обладают целостностью описания и способны служить основой как для региональных, так и для генетических (генетико-типологических) построений. Подробному рассмотрению моделей в пространстве признаков и моделей в геологическом пространстве генетических типов шельфовых отложений посвящены 3 и 4 главы диссертации.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТАВА И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОЛОЦЕНОВЫХ ИЛОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА

3.1. Методика изучения состава и физико-механических свойств морских илов

Региональные исследования состава, физических и механических свойств донных осадков северо-западного шельфа проводились в соответствии с генетическим принципом, являющимся основополагающим в отечественном грунтоведении. Генетический принцип составляет стержень не только общего, но и регионального грунтоведения. По-видимому, не случайным является все большее "...использование во многих работах термина "регионально-генетическое грунтоведение", подчеркивающего его генетическую окраску" (Бондарик, 1981, с. 138).

Генетический подход предполагает всестороннее и целостное изучение выделенных генетических типов отложений во всем их объеме и в связи с отличительными особенностями их формирования. Генетический тип шельфовых отложений нами определялся по их принадлежности к той или иной обстановке осадконакопления. В соответствии с принятой схемой генетического расчленения (разд. 2.1, 2.3), были изучены в инженерно-геологическом отношении отложения следующих обстановок осадконакопления северо-западного шельфа (рис. 1.4, 1.5).

1. Центральный желоб - участок открытого шельфа в пределах нижней части палеодолин Днепра.

2. Днепровский желоб - участок прибрежного шельфа в пределах палеодолины Днепра между берегом и Одесской банкой.

3. Каркинитский залив - морской залив открытого типа.

4. Авандельта Дуная.

5. Центральная лагуна - лагунный бассейн - новоэвксинско-го-древнечерноморского времени в пределах палеодолины Днепра.

6. Каркинитская лагуна - лагунный бассейн новоэвксинско-древнечерноморского времени в пределах Каркинитского залива.

7. Днестровское взморье - участок прибрежного шельфа в пределах затопленного водораздела между долинами Днепра и Днестра.

8. Придунайский участок - область открытого шельфа восточнее авандельты Дуная.

Физико-географическое единство условий формирования осадков той или иной седиментационной обстановки предполагает возможность их целостного анализа и описания. Однако, генетически однородные отложения шельфа являются неоднородными в литологическом и инженерно-геологическом отношении. Литологическая неоднородность обусловлена наличием, как правило, всех трех основных литофаций - глинистой, песчаной и ракушечной. Инженерно-геологическая неоднородность связана с преобладанием закономерного типа латеральной изменчивости большей части показателей состава и свойств шельфовых отложений. Данные обстоятельства накладывают ограничения на возможности использования величин показателей состава и свойств при характеристике, сопоставлении, а также классификации и типизации морских осадков. Для соблюдения генетического подхода и обеспечения целостности описания, сравнения и типизации шельфовых отложений возникла необходимость в поиске других способов характеристики их состава и свойств.

Проведенные исследования показали, что как особенности состава и свойств шельфовых отложений, так и характер пространственной изменчивости их показателей определяются типом обстанов-

ки осадконакопления (Леонов, 1980, 1982). В связи с этим, целостность инженерно-геологического описания выделенных генетических типов осадков представляется возможным соблюсти на основе решения следующих двух задач.

1. Выявление для данных генетических типов осадков или их литофаций закономерных взаимосвязей показателей состава и свойств.

2. Описание характера пространственной изменчивости показателей состава и свойств в пределах области, занятой осадками данного генетического типа.

Решение названных задач можно свести к построению двух типов моделей - моделей в пространстве признаков (признаковых моделей) и моделей в геологическом пространстве (структурных моделей). Признаковыми являются различные графо-аналитические модели, описывающие характерные взаимосвязи показателей состава и свойств данного геологического тела или группы геологических тел. Они строятся методами регрессионно-корреляционного, факторного, дискриминантного и других анализов, применяемых в математической геологии. Структурными являются различные графо-аналитические модели, описывающие характер пространственного распределения показателей состава и свойств в пределах данного геологического тела. Для их построения используются как традиционные интерполяционно-экстраполяционные методы, так и получившие в последнее время широкое распространение методы математического моделирования полей геологических параметров (Бондарик, 1971; Бондарик и др., 1976; Борейко, 1978; Шешуков, 1978; Оздоева, 1981 и др.).

Основой для реализации генетического принципа в процессе региональных исследований на шельфе послужил полигонный метод, являющийся модификацией широко применяемого в геологии метода

ключевых участков Н.В. Коломенского-А.Н. Разживина (Коломенский, 1968). Сущность полигонного подхода состояла в проведении детальных инженерно-геологических исследований на предварительно выбранных опорных участках (полигонах), расположенных в пределах типичных обстановок осадконакопления северо-западного шельфа Черного моря.

В пределах большинства выбранных полигонов распространены все три главные литофации шельфовых отложений, из которых пески и ракушечники наиболее трудно поддаются инженерно-геологическому изучению. Для глинистых же отложений имеется возможность отбора образцов ненарушенного сложения и определения широкого спектра показателей состава, физических и механических свойств. Глинистые осадки покрывают значительную часть (до 35-40%) территории шельфа (гл. I.6) и, находясь в начальных стадиях диагенеза, представляют большой интерес для решения ряда вопросов регионального и генетического грунтоведения. В связи с этим вопросы целостной характеристики и генетической типизации шельфовых отложений были рассмотрены на примере глинистых фаций, для которых получена серия признаков моделей их состава и свойств. Полная и целостная региональная характеристика всех литофаций выделенных генетических типов была достигнута путем построения схем и математических моделей пространственной изменчивости показателей их состава и свойств.

Морские илы представляют собой сложные, во многом уникальные геологические образования, что определяется многокомпонентностью их состава, практически полным водонасыщением, высокой гидрофильностью, слабой степенью литификации, интенсивной изменчивостью показателей состава и свойств. Названные особенности морских илов приводят к тому, что многие из стандартных приборов

и методов, применяемых в настоящее время при изучении физико-механических свойств донных осадков не всегда удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям (Физико-механические свойства... 1981). Поскольку методика изучения состава и свойств морских грунтов во многом не унифицирована и далека от стандартизации, необходимо предпослать результатам исследований краткую характеристику методов и способам их получения.

К наиболее дискуссионным вопросам в методике инженерно-геологического изучения морских отложений относится отбор образцов и возможности их лабораторного анализа. Изучение характера физико-химических, механических и текстурных изменений морских осадков при их извлечении на поверхность проводилось как у нас в стране (Непрочнов, Удинцев, 1959; Емельянов, 1977; Белявский, 1979; Поляков, 1972), так и за рубежом (Hvorslev, 1949; Kallsteinius, 1958; Emery, Hülseman, 1964; Indezbitzen, 1968; Rosfelder, 1966; Bischoff, Graiz, Luistro, 1970; Fukuoka, Nakase, 1973 и др.) Установлено, что наиболее существенные изменения связаны со сменой температурных условий, величины и распределения давления, а также химического состава среды. В результате образцы донных осадков претерпевают после их извлечения ряд физических и физико-химических изменений. Тем не менее, многие исследователи указывают на возможность проведения достоверных лабораторных определений и удовлетворительную сходимость их результатов с характеристиками *in situ* (Непрочнов, Удинцев, 1959; Поляков, 1972; Bischoff, Graiz, Luistro, 1970; Fukuoka, Nakase, 1973).

В практике морских исследований выработаны некоторые рекомендации по изучению состояния отбираемых образцов (Rosfelder, Marshall, 1967), главным из которых является увели-

чение диаметра бурения, уменьшение бокового трения керна по стенкам снаряда, устранение свайного эффекта и затягивания керна в буровую трубу. Отбор, консервация и хранение образцов донных грунтов северо-западного шельфа проводились с учетом вышеназванных рекомендаций.

Для отбора колонок донных осадков использовалась вибропоршневая трубка большого диаметра (108 мм). Внутренний диаметр трубки на 6-8 мм меньше диаметра колонки, что обеспечивало отсутствие бокового сжатия и трения по стенкам. Использование лепестков на коронке и герметичного поршня снимало свайный эффект и затягивание грунта. Отсутствие сжатия колонки грунта контролировалось соответствием диаметров колонки и трубки, а также сохранностью верхней (0-10 см) разжиженной части донной пробы. При наличии отклонений от указанных требований, скважина перебуривалась.

По извлечении керна из трубы он разрезался на цилиндры по 12-15 см, которые помещались в жесткие картонные гильзы, пропитанные парафином, и герметично консервировались.

Состояние образцов контролировалось при лабораторных исследованиях визуальным осмотром, рентгеноскопическим обследованием и сопоставлением физико-механических характеристик донных осадков, определенных в полевых и лабораторных условиях. Контрольные испытания показали, что образцы в процессе хранения сохраняли все свои характерные признаки: макро- и микрослоистость (рис.3.1), цвет, запах, пластичное состояние и т.п. Сопоставление физических и механических характеристик донных грунтов, полученных на судне и в лаборатории показало хорошую сходимость результатов. Из видимых физико-химических изменений можно отметить появление на некоторых монолитах тонкого (0,5-1,0 см) отличающегося по цвету

слоя окислившегося грунта, который по другим вышеуказанным признакам и характеристикам ничем не выделялся. Тем не менее, на всех образцах перед проведением лабораторных испытаний снимался поверхностный слой грунта мощностью 1,5-2 см.

Все вышесказанное подтверждает мнение целого ряда морских геологов о том, что структуру изучаемых в лаборатории донных отложений можно считать условно ненарушенной, обеспечивающей возможность их инженерно-геологического изучения (Физико-механические свойства..., 1981).

Всестороннее инженерно-геологическое изучение генетических типов грунтов предполагает, с одной стороны, определение возможно более полного перечня их характеристик, а с другой - наличие количественного (статистически достоверного) обоснования для их целостной оценки. Поэтому, исходя из целей работы и имеющихся возможностей, мы ограничили число определявшихся инженерно-геологических показателей кругом наиболее характерных и легко получаемых показателей состава и свойств. Перечень основных характеристик глинистых отложений можно разделить на три группы:

- характеристики состава;
- характеристики физического состояния;
- характеристики механических свойств;
- строение илов (текстурно-структурные особенности).

Из первой группы показателей определялись гранулометрический состав, содержание органического вещества ($C_{орг.}$) и карбонатность. Кроме этого был выполнен анализ литературных и фондовых материалов по изучению минералогического состава, состава обменных катионов, степени минерализации и составу поровых вод.

Из характеристик физического состояния определялись показатели плотности (γ , г/см³), объемной массы (γ_0 , г/см³),

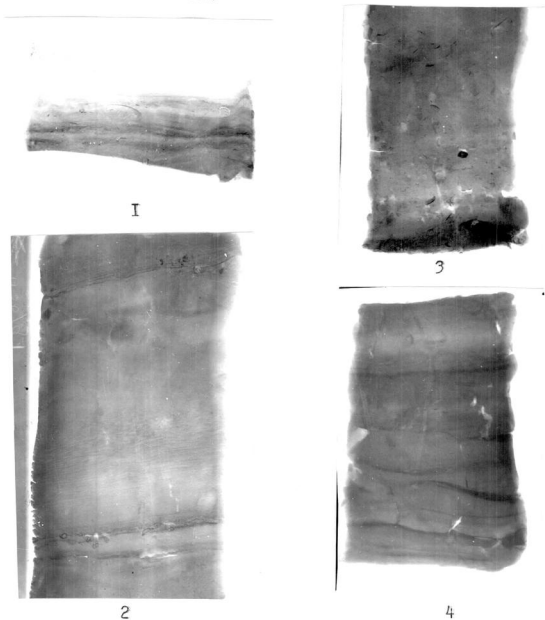


Рис. 3.1. Седиментационные текстуры голоценовых илов различных обстановок осадконакопления северо-западного шельфа (по данным рентгенрадиографии).

I-горизонтальнослоистая-новочерноморские илы (mQ_{IV}^{nc}) Днепровского желоба (скв.70,0.35-0.4м); 2-горизонтальнослоистая биокластическая(ритмичнораковинная)-новочерноморские илы (mQ_{IV}^{nc}) Каркинитского залива (скв.1136,0.84-0.92м); 3-неяснослоистая (массивная) с редко рассеянным детритом и раковинами моллюсков-древнечерноморские илы (Q_{IV}^{dc}) Каркинитской лагуны (скв.1136, 2.72-2.8м); 4-горизонтальнослоистая ритмическая (чередование глинистых и алевритовых ритмов)-новочерноморские илы ($a-mQ_{IV}^{nc}$) авандельты Дуная (скв.1-83,0,48-0.55м).

естественной влажности (W , %), пластичности (W_L , W_P , I_P , %) и пористости (n , %).

Для оценки механических свойств илов проведены определения удельного сопротивления вращательному срезу и пластической прочности (τ_k и R_m , $1 \cdot 10^{-4}$ МПа).

В дополнение к этому были проанализированы текстурно-структурные особенности шельфовых илов по литературным источникам (Воскобойников и др., 1980; Физико-механические свойства..., 1981) и исследованиям, выполненным в ПНИИ инженерной геологии Одесского госуниверситета им. н.с. Б.И.Краковским.

Из приведенного перечня большая часть определений стандартизирована и описана в соответствующих ГОСТах (ГОСТы 5180-75, 5181-78, 5183-77, 12536-79 и др.) и методических руководствах (Методическое пособие..., 1968; Ломтадзе, 1972; Чаповский, 1975 и др.). В связи с этим для них достаточно указать способы выполнения определений, а более подробно остановиться на описании нестандартизированных определений.

Гранулометрический анализ грунтов выполнялся ситовым методом (фракции более 0,05 мм) и методом пипетки в модификации Н.А.Качинского. Проводилось два параллельных анализа 50-ти граммовых навесок грунта - микроагрегатный с механическим взбалтыванием и дисперсный (диспергатором являлся раствор пирофосфорнокислого натрия). Результаты анализов обрабатывались на ЭВМ "Мир-2" по специально составленной программе, предусматривающей вычисление индивидуальных и суммарных процентных содержаний размерных фракций, медианного диаметра, коэффициентов сортировки и коэффициента агрегативности.

Карбонатность донных осадков определялась в кальциметре по объему выделявшегося газа после реакции $I_n HCl$ с навеской

испытуемого грунта величиной 1 г. Для изучения содержания в илах органического вещества проведены определения величины органического углерода ($C_{\text{орг.}}$) химическим способом по методу Тюрина (Методическое пособие..., 1968).

Плотность донных осадков определялась пикнометрическим методом в дистиллированной воде. Ныне действующий ГОСТ 5181-78 предусматривает применение керосина. Однако, учитывая, что по контрольным испытаниям плотность осадков, определенная в керосине, всего лишь на 1-4% меньше определенной в воде (Физико-механические свойства..., 1981), нами для обеспечения равнозначности экспериментального материала была сохранена методика, применявшаяся ранее в течение длительного времени. К тому же, возможное влияние вариаций значений плотности на величину таких расчетных физических показателей как пористость и коэффициент пористости не превышает 1% (Шпиков, 1980).

Объемная масса шельфовых отложений определялась методом режущего кольца в обойме объемом 100 см³ ($L = 57$ мм, $h = 40$ мм), а естественная влажность - весовым способом.

Наибольшую сложность представляло определение механических характеристик донных осадков. Если определения состава мы имели возможность провести для всех литологических типов шельфовых отложений, а определения физических показателей - для большинства глинистых разновидностей (илы, глинистые пески и ракушечники), то механическую характеристику можно дать только для фации илов, поскольку только для илов имеется возможность отбора образцов ненарушенного сложения. В качестве характеристик механических свойств илов в практике морских геотехнических исследований используют величины удельного сопротивления вращательному срезу (τ_k) и удельного сопротивления пенетрации - пластической

прочности (P_m) (Разоренов, 1968, 1977; Поляков, 1972; Емельянов, 1976; Моче, 1964 и др.).

Для проведения вращательного среза использовалась настольная крыльчатка с плавным водяным способом подачи сдвигающего усилия. Применение водяной подачи нагрузки является, пожалуй, единственным отличием использовавшегося нами прибора от аналогичных конструкций, применяющихся в морских инженерно-геологических исследованиях. Пластическая прочность определялась методом балансного конуса (Ломтадзе, 1972) на специально сконструированном нами более компактном приборе, выполненном на базе часового индикатора ИЧ-10. В соответствии с рекомендациями по получению инвариантных зависимостей $h^2 = f(P)$, предусмотрена глубина погружения конуса до 30 мм (Богданов, 1976, 1977). Определения пластической прочности и удельного сопротивления вращательному срезу проводились в кольце для определения объемной массы ($L = 57$ мм, $h = 40$ мм), что позволило для каждого фиксированного интервала провести по два испытания.

3.2. Комплексная характеристика состава, физических и механических свойств голоценовых илов северо-западного шельфа

В инженерно-геологических исследованиях глинистых голоценовых отложений мы исходили из факта генетической обусловленности состава, физических и физико-механических свойств шельфовых илов и факта закономерной изменчивости их показателей (Леонов, 1980 а, б). В соответствии с первым фактом была проведена оценка факторов, осуществляющих генетический контроль состава и свойств, в соответствии со вторым - выявлены показатели, позволяющие осуществить сравнительную оценку генетических типов шельфовых отложений во всем их объеме.

Генетический фактор, как комплекс условий осадконакопления, представляет собой сумму физико-химических характеристик седиментационной среды и седиментационного материала. Разумеется, эти две составляющие генетического фактора проявляются не в чистом виде, а в их взаимодействии. Однако представляется возможным в наиболее общем виде разложить их на составные компоненты — компоненты состава седиментационного материала и компоненты физико-химической характеристики среды осадконакопления.

Морские илы представляют собой преимущественно двух фазную систему, образованную минеральной и жидкой частями осадка. Основными компонентами минеральной части илов, существенно определяющими их физическое состояние и механические свойства, являются гранулометрический и минералогический состав, содержание органики и карбонатность. Физико-химические характеристики седиментационной среды (состав и соленость морской воды) находят отражение в минерализации и составе поровых вод, емкости обмена и составе обменного комплекса глинистых отложений. Рассмотрев названные компоненты состава илов в связи с их особенностями физических и механических свойств можно оценить значимость генетического фактора.

Минералогический состав глинистых отложений Черного моря к настоящему времени изучен достаточно хорошо и описан в многочисленных работах советских и зарубежных авторов (Ратеев, 1952; Тагеева, Тихомирова, 1962; Бутузова и др., 1975; Щербаков и др., 1978; *Stollers, Müller*, 1978; Шпиков и др., 1979; Краковский, 1982).

Минералогический состав крупноалевритовой фракции шельфовых илов (0,25–0,1 мм по классификации, принятой в литологии) до-

вольно однообразный. В легкой подфракции преобладают кварц (около 75%), полевые шпаты (17-26%) и мусковит (1-3%). Преобладающими минералами тяжелой фракции являются роговая обманка (10-30%), эпидот (10-25%) и мусковит (10-27%). Кроме названных минералов в черноморских илах установлено присутствие пирита, глауконита, барита и доломита.

По минералогическому составу глинистой фракции ($< 0,005$ мм) или северо-западного шельфа также достаточно однородны и характеризуются преобладанием смешанно-слоистых гидрослюдисто-монтмориллонитовых минералов. По результатам минералогических исследований проведенных в Проблемной лаборатории инженерной геологии, м.н.с.Б.И.Краковским выделены четыре основные ассоциации (рис.3.2).

1. Смешаннослойно (гидрослюда+монтмориллонит) - гидрослюдистая, с небольшой примесью хлорита (5-10%) и каолинита - $(Г+М)+Г + X_{\text{примесь}} + K_{\text{примесь}}$.

2. Смешаннослойно (гидрослюда + монтмориллонит) - гидрослюдистая с значительным содержанием хлорита (15-20%) и небольшой примесью каолинита $(Г+М) + Г + X + K_{\text{примесь}}$.

3. Сложносмешаннослойная (гидрослюда + монтмориллонит + хлорит) - гидрослюдистая с небольшой примесью хлорита (5-10%) и каолинита - $(Г+М+X) + Г + X_{\text{примесь}} + K_{\text{примесь}}$.

4. Хлорит (15-20%) - гидрослюдистая с небольшой примесью смешаннослойных минералов (5-15%) и каолинита - $X+Г+ (Г + М)_{\text{прим.}} + K_{\text{примесь}}$.

Как видно из рисунка 3.2, исключая локальный участок, во внутренней части Каркинитского залива, минералогический состав

глинистой фракции достаточно однороден и представлен ассоциацией смешаннослойно-гидрослюдистых минералов с примесью хлорита и каолинита. Преобладающими повсеместно являются гидрослюда (50-80%) и смешаннослойные минералы (30-40%). Содержание монтмориллонита и каолинита в новочерноморских илах Каркинитского залива, Центрального желоба и Днепровского эстуария составляет соответственно 8-12% и 4-6%. В опресненных илах авандельты Дуная содержание монтмориллонита составляет 7-10%, а каолинита 5-7%. Влияние минералогического состава на характер свойств морских илов определяется, в основном, содержанием этих двух активных минералов. По-видимому, столь незначительные вариации в содержании монтмориллонита и каолинита не в состоянии объяснить региональные отличия физических, физико-химических свойств шельфовых илов различного генезиса.

По гранулометрическому составу илы черноморского шельфа представляют собой сложные и крайне разнообразные отложения. Являясь преимущественно 2-х компонентными, биогенно-терригенными образованиями, шельфовые илы имеют сложный 2-х и 3-х вершинный характер распределения их различных фракций. Данные особенности накладывают свой отпечаток на выбор представляющих гранулометрических характеристик. В частности, такие широко используемые характеристики состава, как медианный диаметр и коэффициент сортировки по Траску, зачастую бывают сходны у гранулометрически различных типов морских осадков.

Проведенные исследования показали, что наиболее удовлетворительными показателями состава шельфовых отложений являются процентные содержания характерных фракций - алевро-глинистой, песчаной и ракушечной. В качестве характеристик дисперсности морских илов при их инженерно-геологической оценке мы использовали про-

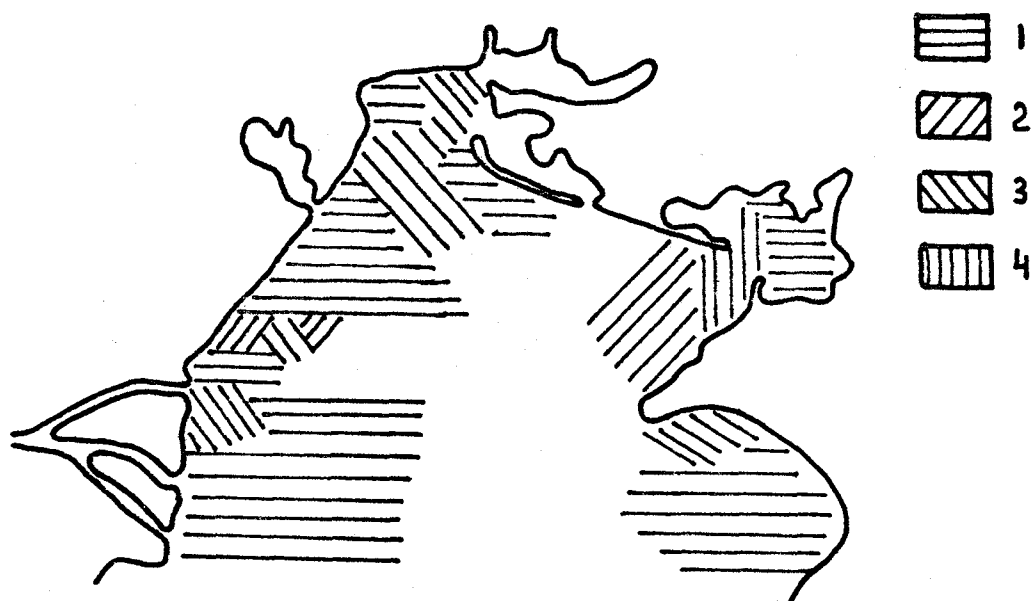


Рис. 3.2 Схема распространения ассоциаций глинистых глинистых минералов в голоценовых осадках северо-западного шельфа Черного моря.

Площади распространения ассоциаций глинистых минералов: 1-первая, 2-вторая, 3-третья, 4-четвертая (пояснения в тексте).

центные содержания глинистой и алевро-глинистой фракций. Результаты предварительных инженерно-геологических исследований показали, что наиболее существенно на характере свойств илов северо-западного шельфа сказывается процентное содержание фракции $< 0,001$ мм (Леонов, 1980 а, 1982). Наиболее же тесно ($r = 0,7-0,85$) показатели физических свойств связаны с суммарными содержаниями фракций $< 0,005$ мм и $< 0,01$ мм.

По грансоставу все генетические типы содержат полный спектр их дисперсных разновидностей. Поэтому сравнивать генетические типы илов по грансоставу (степени дисперсности) можно лишь в первом приближении, сопоставляя геоморфологически соответственные части (прибрежные либо центральные, мелководные либо глубоководные и т.д.). Из выделенных генетических типов наиболее дисперсными являются илы авандельты Дуная (до 45-47% фракции $< 0,001$ мм и 85-89% фракции $< 0,01$ мм), а также илы Каркинитской и Центральной лагун (до 42-45% фракции $< 0,001$ мм и 80-90% фракции $< 0,01$ мм). Наименее дисперсным составом обладают новочерноморские илы Центрального желоба, содержание глинистой фракции которых редко превышают 30-35%, а содержание фракции $< 0,01$ мм - 70-75%.

Весьма важным компонентом состава голоценовых глинистых отложений является содержание органического вещества. Источники поступления органического вещества, его качественный состав и площадное распределение довольно широко освещены в литературе (Архангельский, Копченова, 1930; Страхов, 1954; Флоровская, Гурский, 1970; Дроздова и др., 1967; Тримонис, 1972). В Черном море основным поставщиком органики считается фитопланктон, представленный в осадках шельфовых областей остатками водорослевого детрита и планктонных организмов.

Гораздо менее изучены вопросы влияния органического вещества на характер инженерно-геологических свойств морских илов. Изучением влияния органических включений на физические свойства илов занимались исследователи как черноморского шельфа (Приклонский, Окнина, 1957; Тагеева, Тихомирова, 1962; Еськов, Митропольский, 1978), так и глубоководной части бассейна (Митропольский, Ольштынский, 1970; Поляков, 1972; Емельянов, 1977). Во всех публикациях отмечается отчетливая связь с содержанием органики таких физических показателей как плотность, объемная масса и влажность илов. Значимость влияния содержания органического вещества в ряде случаев сопоставима с влиянием степени дисперсности глинистых осадков, а при содержании $C_{орг.}$ 3-4% оказывается зачастую решающей (Тагеева, Тихомирова, 1962).

В изученных нами генетических типах илов северо-западного шельфа содержание $C_{орг.}$ меняется от 0,67 до 3,94%, составляя в среднем 1,9%. Наименьшие значения $C_{орг.}$ отмечены в авандельтовых илах (1-2%), наибольшие - в морских илах Каркинитского залива и Центрального желоба (до 3-3,5%). С этими вариациями в содержании органического вещества существенно связаны различия физических характеристик генетических типов илов северо-западного шельфа.

Важным показателем состава шельфовых илов является их карбонатность. Исследованиями последних лет доказано, что решающая роль в карбонатонакоплении в Черном море принадлежит кокколитофоридам (Бакри и др., 1970; Бутузова, 1971; Емельянов, 1976). В работах Э.С.Тримониса (1972, 1973) показано, что карбонатная седиментация в Черном море представляет собой осаждение биогенного и терригенного кальцита, при этом основным карбонатным минералом

является низко магниальный кальцит кокколитового происхождения.

Содержание CaCO_3 в илах северо-западного шельфа колеблется в широких пределах от 4-5% до 35-37%, составляя в среднем 10-20%. Среди выделенных генетических типов илов наиболее отчетливо по карбонатности выделяются или авандельты Дуная, содержание CaCO_3 в которых, как правило, не превышает 12-14% при средних величинах 7-8%. Можно отметить, что карбонатность лагунных илов Центрального желоба и Каркинитского залива, в целом, на несколько процентов меньше значений карбонатности перекрывающих илов морского генезиса. Пониженные значения карбонатности нижней нерасчлененной толщи древнечерноморских и новоэвксинских глубоководных илов (Емельянов, 1976), возможно, свидетельствуют о глобальных изменениях в карбонатонакоплении Черноморского бассейна. Совместный анализ величин карбонатности и физических свойств не выявил четких зависимостей. Наиболее определенно проявляется обратно пропорциональная зависимость величин плотности илов от содержания CaCO_3 .

Основными характеристиками жидкой фазы илов, связанными с условиями осадконакопления, являются минерализация и состав поровых вод. По данному вопросу имеется большое число публикаций как на материале, полученном при исследованиях глубоководных отложений (Шишкина, 1968, 1972; Бабинец и др., 1973; Емельянов, 1976 и др.) так и при исследованиях донных осадков шельфа и Причерноморских лиманов (Тагеева, Тихомирова, 1962; Воскобойников, 1974; Воскобойников и др., 1978, 1979, 1980, 1981; Гурский, 1980, 1981; Конилов, 1981, 1982, 1983). Вариации в минерализации порового раствора илов северо-западного шельфа, как правило, не превышают 10-30 г/л. Соленость поровых вод новочерноморских илов Каркинитского залива,

Центрального и Днепровского желобов изменяется в пределах 14-35 г/л, а илов авандельты Дуная и лагунных древнечерноморских илов - в пределах 10-20 г/л. Детальные исследования минерализации и состава поровых вод голоценовых илов северо-западной части Черного моря выполнены м.н.с. Проблемной лаборатории инженерной геологии Одесского госуниверситета Е.Г.Кониковым (1983). Проведенный нами анализ физических свойств глинистых отложений северо-западного шельфа в связи с минерализацией и составом их поровых вод не дал отчетливых результатов. Парный и множественный (совместно с содержанием $C_{орг.}$ и фракцией $< 0,05$ мм) корреляционные анализы указывали, то на прямую, то на обратную связь величин минерализации с такими характеристиками как влажность, пластичность и пористость. К тому же, величина коэффициентов при характеристиках солености и состава (C_{el}) поровых вод почти на порядок оказалась меньше коэффициентов при показателях состава минеральной части илов. По-видимому, для данных интервалов солености (10-30 г/л) степень минерализации и состав поровых вод не оказывают существенного воздействия на физические свойства морских илов. Более определенно влияние минерализации поровых вод сказывается на характере прочностных свойств илов (разд.3.3).

Подводя итог проведенному анализу, основными показателями состава шельфовых илов, существенно определяющими характер их свойств, следует признать степень дисперсности и содержание органического вещества. Анализ содержания данных двух компонентов состава позволяет давать достаточно определенный прогноз о характере физических свойств голоценовых илов северо-западного шельфа.

Для комплексного изучения состава и физико-механических свойств илов северо-западного шельфа был сформирован экспериментальный массив илов различного генезиса, отобранных в пределах следу-

ющих шести типов обстановок осадконакопления: Центральный желоб, Каркинитский залив, авандельта Дуная, Центральная лагуна и Каркинитская лагуна (рис. I).

Из характеристик состава илов были определены гранулометрический состав (микроагрегатный и дисперсный), содержание $C_{орг.}$ и $CaCO_3$. Из показателей физических свойств - плотность, объемная масса, естественная влажность и показатели пластичности, а из механических - сопротивление вращательному срезу и удельное сопротивление пенетрации. Результаты определения состава, физических и механических свойств приведены в таблицах 3.2, 3.3. Анализ и обобщение результатов было выполнено по двум направлениям.

1. По пути выяснения закономерных взаимосвязей характеристик состава, физических и механических свойств илов.

2. По пути выяснения особенностей состава и свойств, присущих различным генетическим типам илов северо-западного шельфа.

Предварительные инженерно-геологические исследования (Леонов, 1980 б, 1982) выявили преимущественно закономерный режим пространственной изменчивости показателей состава и свойств большинства генетических типов голоценовых отложений северо-западного шельфа. В связи с этим сравнение отложений различного генезиса по величинам показателей состава и свойств представляется методически неверным и может создать ложную картину. Однако, учитывая, что опорный массив состоит из образцов илов физико-географически соответственных (центральных) частей седиментационных обстановок, мы для приближенной иллюстративной оценки сочли возможным представить полученные результаты в традиционном осредненно-сравнительном виде (табл. 3.4, рис. 3.3-3.5). В таблице 3.4 показаны интервалы изменения и средние значения ряда основных показателей

Таблица 3.2

Характеристика состава голоценовых илов северо-западного шельфа Черного моря

№ скв.	Интервал отбора проб, м	Генезис и возраст илов	Содержание различных размерных фракций по данным дисперсного (в числителе) и микроагрегатного (в знаменателе) анализов, %					Содержание CaCO ₃ , %	Содержание C _{орг.} , %
			< 0,001	< 0,002	< 0,005	< 0,01	< 0,05		
			мм	мм	мм	мм	мм		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Каркинитский залив и лагуна новозвксинско-древнечерноморского времени

1088	2,0 - 2,1	лагунный Q ^{nev-dc} _{III-IV}	<u>34,2</u> 2,1	<u>37,4</u> 20,6	<u>43,2</u> 31,0	<u>53,2</u> 38,1	<u>91,3</u> 92,4	17,2	1,06
1092	1,0 - 1,1	морской Q ^{nc} _{IV}	<u>41,0</u> 10,7	<u>43,4</u> 19,0	<u>62,7</u> 35,4	<u>72,3</u> 58,3	<u>89,3</u> 87,5		3,50
" "	2,0 - 2,1	" "	<u>28,4</u> 10,6	<u>40,1</u> 25,8	<u>55,4</u> 40,9	<u>73,3</u> 56,2	<u>85,7</u> 89,7		3,84
" "	2,5 - 2,6	лагунный Q ^{nev-dc} _{III-IV}	<u>25,9</u> 11,8	<u>30,8</u> 23,5	<u>50,0</u> 42,2	<u>68,0</u> 61,7	<u>94,0</u> 86,0	19,0	2,40
1094	2,5 - 2,6	" "	<u>38,9</u> 11,0	<u>52,9</u> 29,6	<u>67,5</u> 54,7	<u>72,0</u> 70,3	<u>95,2</u> 96,3	21,0	2,47
1096	1,5 - 1,6	морской Q ^{nc} _{IV}	<u>25,1</u> 4,6	<u>29,6</u> 21,3	<u>42,4</u> 32,4	<u>65,7</u> 45,3	<u>90,2</u> 92,0	-	1,70
" "	2,5 - 2,6	лагунный Q ^{nev-dc} _{III-IV}	<u>27,9</u> 2,6	<u>32,6</u> 7,6	<u>42,4</u> 30,3	<u>52,1</u> 50,6	<u>96,5</u> 96,5	9,3	1,24

Продолжение таблицы 3.2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I6/36	3,2-3,3	лагунный Q_{III-IV}^{nev-dc}	<u>37,9</u> 18,8	<u>47,7</u> 34,7	<u>60,3</u> 51,8	<u>80,1</u> 72,7	<u>96,4</u> 96,8	-	2,07
I2/38	1,2-1,3	морской Q_{IV}^{nc}	<u>29,3</u> 7,0	<u>38,0</u> 12,7	<u>48,7</u> 28,8	<u>71,6</u> 44,9	<u>96,6</u> 98,6	-	2,22
I7/38	3,0-3,1	лагунный Q_{III-IV}^{nev-dc}	<u>28,9</u> 7,5	<u>39,9</u> 12,3	<u>50,5</u> 24,5	<u>69,3</u> 42,4	<u>92,3</u> 91,6	-	1,39
II39	1,2-1,3	морской Q_{IV}^{nc}	<u>36,5</u> 10,5	<u>49,9</u> 21,5	<u>70,5</u> 27,0	<u>91,8</u> 77,9	<u>96,8</u> 96,5	9,7	2,37
"-"	1,45-1,6	"-"	44,6	54,5	72,7	88,7	96,9	23,7	2,31
"-"	2,3-2,4	"-"	<u>28,0</u> 11,7	<u>34,5</u> 37,0	<u>77,8</u> 50,0	<u>83,6</u> 64,5	<u>98,4</u> 98,5	12,6	1,82
6/3	0,8-0,9	"-"	<u>28,3</u> 12,9	<u>33,0</u> 20,9	<u>48,6</u> 45,4	<u>60,2</u> 55,4	<u>91,6</u> 87,3	16,0	2,08
"-"	1,2-1,3	"-"	<u>27,6</u> 1,5	<u>29,0</u> 20,9	<u>24,4</u> 27,5	<u>45,9</u> 41,5	<u>89,1</u> 88,5	13,9	1,62
"-"	1,5-1,6	лагунный Q_{III-IV}^{nev-dc}	<u>26,7</u> 7,1	<u>27,7</u> 9,4	<u>42,6</u> 32,9	<u>55,7</u> 43,7	<u>92,0</u> 94,7	15,5	0,94

продолжение таблицы 3.2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6/3	I, 9-2,6	лагунный Q_{III-IV}^{nev-dc}	<u>24,7</u> 0,5	<u>31,2</u> 8,0	<u>40,7</u> 34,8	<u>58,1</u> 49,2	<u>96,3</u> 97,5	20,6	I,625
7/3	0, 8-0,9	морской Q_{IV}^{nc}	<u>19,2</u> 10,4	<u>27,2</u> 16,8	<u>44,8</u> 27,9	<u>55,9</u> 66,2	<u>96,8</u> 91,6	13,0	2,50
"-"	I, I-I, 2	"-"	<u>28,7</u> 5,1	<u>37,3</u> 20,4	<u>56,6</u> 34,7	<u>74,8</u> 50,9	<u>98,4</u> 93,5	18,4	2,55
"-"	2, 0-2, I	лагунный Q_{III-IV}^{nev-dc}	<u>28,4</u> 5,6	<u>36,6</u> 27,2	<u>40,9</u> 35,7	<u>60,7</u> 60,7	<u>93,2</u> 95,6	16,8	I,41
Центральный желоб и лагуна новоэвксинско-древнечерноморского времени.									
I2	0, 7-0,8	лагунный Q_{III-IV}^{nev-dc}	<u>21,7</u> 6,2	<u>23,8</u> 17,2	<u>29,1</u> 26,6	<u>41,1</u> 39,6	<u>81,5</u> 81,2	7,1	0,67
"-"	I, I-I, 2	"-"	<u>27,8</u> 8,6	<u>32,2</u> 23,0	<u>39,2</u> 39,3	<u>47,9</u> 46,3	<u>88,4</u> 87,5	12,6	I,16
"-"	2, 5-2,6	"-"	<u>18,6</u> 11,7	<u>26,4</u> 12,1	<u>40,1</u> 26,9	<u>55,8</u> 43,6	<u>82,8</u> 83,2	19,1	I,39
I3	I, 0-I, I	"-"	<u>23,6</u> 12,6	<u>27,7</u> 16,6	<u>38,9</u> 22,5	<u>44,0</u> 32,2	<u>84,8</u> 81,6	-	I,43
"-"	2, 0-2, I	"-"	<u>30,9</u> 3,7	<u>40,8</u> 10,2	<u>51,3</u> 12,9	<u>79,0</u> 46,3	<u>92,6</u> 72,9	8,7	2,4

продолжение таблицы 3.2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I4	0,8-0,9	морской Q_{IV}^{nc}	<u>37,2</u> 11,5	<u>44,3</u> 32,4	<u>51,8</u> 49,4	<u>65,0</u> 60,7	<u>92,2</u> 92,2	<u>12,7</u> -	2,64
"-"	0,9-1,0	"-"	<u>37,2</u> 21,5	<u>44,3</u> 32,4	<u>51,8</u> 49,4	<u>65,0</u> 60,7	<u>92,2</u> 92,2	10,8	2,05
I5	0,7-0,8	"-"	<u>27,5</u> 1,0	<u>36,8</u> 11,6	<u>47,9</u> 24,0	<u>69,4</u> 50,3	<u>87,1</u> 90,8	-	3,94
"-"	1,0-1,1	"-"	<u>25,4</u> 7,9	<u>33,0</u> 9,4	<u>48,6</u> 18,3	<u>69,0</u> 33,9	<u>90,8</u> 91,0	19,5	1,64
"-"	1,7-1,8	"-"	<u>24,0</u> 12,6	<u>32,8</u> 20,0	<u>48,2</u> 29,7	<u>69,3</u> 44,3	<u>89,5</u> 81,4	-	2,86
			Авандельта Дуная						
I234	0,5-0,6	дельтовый Q_{IV}^{nc}	<u>35,4</u> 14,0	<u>55,9</u> 27,2	<u>62,4</u> 44,1	<u>79,4</u> 71,1	<u>96,2</u> 96,1	6,6	2,06
"-"	1,0-1,1	"-"	<u>26,8</u> 22,6	<u>36,9</u> 28,7	<u>47,7</u> 47,5	<u>61,9</u> 66,0	<u>94,0</u> 94,2	4,2	1,96
"-"	1,4-1,5	"-"	<u>26,0</u> 28,0	<u>40,5</u> 32,7	<u>42,9</u> 55,4	<u>81,1</u> 76,0	<u>98,5</u> 98,1	9,2	1,96
"-"	2,0-2,1	"-"	<u>18,5</u> 13,0	<u>32,6</u> 21,9	<u>47,5</u> 48,3	<u>59,4</u> 68,9	<u>83,6</u> 90,7	7,1	1,81

продолжение таблицы 3.2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I235	I,25-I,35	дельтовый Q _{IV} ^{НС}	<u>37,4</u> 26,3	<u>43,6</u> 36,8	<u>52,3</u> 60,6	<u>83,3</u> 69,4	<u>98,8</u> 98,1	9,5	I,55
I236	I,4-I,5	"-"	<u>31,8</u> 17,5	<u>47,1</u> 39,8	<u>64,2</u> 63,9	<u>81,9</u> 88,8	<u>98,5</u> 98,2	10,4	I,80
I248	0,3-0,4	"-"	<u>33,6</u> 29,0	<u>47,0</u> 41,6	<u>61,7</u> 57,0	<u>66,7</u> 64,5	<u>98,0</u> 97,3	8,3	I,70
I249	0,5-0,6	"-"	<u>38,6</u> 28,9	<u>43,5</u> 63,1	<u>63,5</u> 79,8	<u>82,0</u> 86,9	<u>98,2</u> 98,0	7,1	2,52
"-"	2,0-2,1	"-"	<u>15,3</u> 7,8	<u>27,8</u> 28,9	<u>42,6</u> 42,7	<u>63,1</u> 67,4	<u>99,3</u> 99,2	4,6	I,20
"-"	3,0-3,1	"-"	<u>34,9</u> 8,2	<u>40,6</u> 38,1	<u>56,6</u> 53,3	<u>75,6</u> 87,2	<u>98,7</u> 98,8	8,1	I,83
I264	I,0-I,1	"-"	<u>35,1</u> 17,0	<u>43,9</u> 41,3	<u>62,0</u> 58,7	<u>74,1</u> 73,7	<u>97,0</u> 98,0	6,8	I,57

Таблица 3.3

Характеристика физических и механических свойств голоценовых илов северо-западного шельфа Черного моря

№ п/п	Интервал, м	Генезис и возраст илов	Физические свойства						Механические свойства			
			γ г/см ³	γ_0 г/см ³	W %	W ₀ %	W _L %	I _p %	τ_k г·10 ⁻⁴	P _m МПа	P _{быт.}	$\tau_k/P_{быт.}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		Каркинитский залив и лагуна новоэвксинско-древнечерноморского времени										
1088	2,0-2,1	лагунный Q ^{nev-dc} _{III-IV}	2,71	1,89	41	50,5	33	14	88	109	140	0,63
1092	1,0-1,1	морской Q ^{nc} _{IV}	2,74	1,39	150	77,5	88	37	44	-	43	1,02
"-"	2,0-2,1	"-"	2,38	1,45	119	74,3	83	33	81	-	81	1,00
"-"	2,5-2,6	лагунный Q ^{nev-dc} _{III-IV}	2,60	1,59	89,5	67,8	66	38	77	-	105	0,73
1094	2,5-2,6	"-"	2,57	1,51	100	70,2	64	26	64	-	88	0,73
1096	1,5-1,6	морской Q ^{nc} _{IV}	2,65	1,73	57	58,4	50	25	102	-	114	0,89
"-"	2,5-2,6	лагунный Q ^{nev-dc} _{III-IV}	2,75	1,81	35	51,2	44	24	105	120	170	0,62
16/36	3,2-3,3	"-"	2,67	1,67	83,5	66,0	64	40	85	124	130	0,65
12/38	1,2-1,3	морской Q ^{nc} _{IV}	2,63	1,53	91	69,5	66	34	60	102	58	1,03
17/38	3,0-3,1	лагунный Q ^{nev-dc} _{III-IV}	2,70	1,62	55	61,2	51	24	88	140	135	0,65
1139	1,2-1,3	морской Q ^{nc} _{IV}	2,58	1,37	173	80,7	104	64	92	162	47	1,96
"-"	1,45-1,6	лагунный Q ^{nev-dc} _{III-IV}	2,56	1,47	106	72,1	86	46	83	155	56	1,48
"-"	2,3-2,4	"-"	2,51	1,55	75	64,7	44	22,5	82	129	98	0,84

Продолжение таблицы 3.3

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6/3	0,8-0,9	морской Q_{IV}^{nc}	2,63	1,50	91	70,1	57,5	30	81	-	46	1,76
"-"	1,2-1,3	"-"	2,65	1,67	64	61,6	34	12,5	92	-	65	1,42
"-"	1,5-1,6	лагунный Q_{III-IV}^{nev-dc}	2,63	1,61	71	64,2	31	13	51	-	85	0,60
6/3	1,9-2,0	"-"	2,60	1,70	56	58,1	37	19,5	87	-	113	0,77
7/3	0,8-0,9	морской Q_{IV}^{nc}	2,59	1,41	115	74,6	60	26,5	79	-	48	1,66
"-"	1,1-1,2	"-"	2,48	1,36	131	76,2	84	50,0	88	-	57	1,54
"-"	2,0-2,1	лагунный Q_{III-IV}^{nev-dc}	2,58	1,56	74	65,2	44	28,0	101	-	105	0,96
Центральный желоб и лагуна новоэвксинско-древнечерноморского времени												
12	0,7-0,8	лагунный Q_{III-IV}^{nev-dc}	2,70	1,79	50	55,8	31	14,0	42	-	38	1,10
"-"	1,1-1,2	"-"	2,51	1,67	63	59,2	37	18,0	50	-	60	0,83
"-"	2,5-2,6	"-"	2,56	1,68	61	59,2	39	17,0	85	-	157	0,54
13	1,0-1,1	"-"	2,48	1,61	73	62,5	42	18,0	57	-	58	0,98
"-"	2,0-2,1	"-"	2,49	1,49	96	69,5	70	32,0	93	150	115	0,81
14	0,8-0,9	морской Q_{IV}^{nc}	2,42	1,43	113	72,3	57	32,0	48	-	30	1,60
"-"	0,9-1,0	"-"	2,55	1,50	101	70,7	57	32,0	51	-	34	1,50
15	0,7-0,8	"-"	2,55	1,24	172	82,1	75	34,0	42	45	20	2,10
"-"	1,0-1,1	"-"	2,46	1,35	151	78,1	89	44,0	51	58	28	1,82
"-"	1,7-1,8	"-"	2,35	1,32	183	80,0	103	44,0	80	114	51	1,57

Продолжение таблицы 3.3

Г	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
			Авандельта	Дуная								
I234	0,5-0,6	дельтовый Q_{IV}^{HC}	2,57	1,50	94	69,9	71	31,5	36	41	26	1,38
"-	1,0-1,1	"-	2,34	1,62	76	62,1	65	29	49	71	51	0,96
"-	1,4-1,5	"-	2,48	1,53	82	66,2	68	33	48	62	76	0,63
"-	2,0-2,1	"-	2,72	1,62	69	64,9	58	23	56	75	108	0,52
I235	1,2-1,3	"-	2,48	1,61	60	59,4	54	22	83		70	1,18
I236	1,4-1,5	"-	2,59	1,64	64	51,5	59	28	78		85	0,92
I248	0,3-0,4	"-	2,56	1,63	62	60,6	72	33	44		19	2,32
I249	0,5-0,6	"-	2,65	1,50	93	70,6	72	32	39		28	1,39
"-	2,0-2,1	"-	2,50	1,48	86	68,3	66	33,5	49		108	0,45
"-	3,0-3,1	"-	2,64	1,57	70	65,0	59	27	76		155	0,49
I262	1,0-1,1	"-	2,72	1,65	54	60,8	54	21	69		60	1,15

состава, физических и механических свойств. Для характеристики состава использованы процентные содержания гранулометрических фракций менее 1 мкм и 10 мкм (Γ_1 и Γ_{10}), а также содержание органического вещества ($C_{орг.}$). Для характеристики физического состояния использованы показатели плотности (γ), объемной массы (γ_0), естественной влажности (W), пористости ($И$), верхнего предела (W_L) и числа пластичности (Γ_p). Характеристиками механических свойств послужили удельное сопротивление вращательному срезу (τ_k), пластическая прочность (P_m) и показатель упругости ($\tau_k/P_{быт}$), представленный отношением удельного сопротивления вращательному срезу к давлению вышележащей толщи грунта ($P_{быт}$).

Сравнение данных показателей позволяет выполнить предварительную, наиболее общую оценку состава, физического состояния и механических свойств различных генетических типов илов северо-западного шельфа. Из результатов проведенной оценки наиболее интересными представляются следующие.

1. По обобщенной характеристике состава и свойств рассмотренная совокупность генетических типов шельфовых илов может быть расчленена на два генетических комплекса - комплекс морских илов (илы Центрального желоба и Каркинитского залива) и комплекс лагунно-дельтовых илов (илы Дунайской авандельты, Каркинитской и Центральной лагун).

2. По степени дисперсности изученные отложения являются достаточно однородными. У морских илов средние содержания фракции $< 0,001$ мм составляют 29-30%, а фракции $< 0,01$ мм - 68%. Лагунно-дельтовые илы содержат, в среднем, 25-31% фракции $< 0,001$ мм и 55-70% фракции $< 0,01$ мм. Гранулометрическая однородность образцов косвенно свидетельствует о близости седиментационных

Таблица 3.4.

Характеристика состава и физико-механических свойств основных генетических типов голоценовых илов северо-западного шельфа

Показатели состава, физических и механических свойств	!! Пределы изменчивости и средние величины показателей состава и физико-механических свойств различных генетических типов илов					
	Морские илы (mQ _{iv} ^{nc}) Центрального жемчужного лоба	Морские илы (mQ _{iv} ^{nc}) Каркинитского залива	Илы аван-дельты Дуная (α-mQ _{iv} ^{nc})	Илы Центральной лагуны (l _m Q _{iii-iv} ^{nc})	Илы Каркинитской лагуны (l _m Q _{iii-iv} ^{nc})	
	1	2	3	4	5	6
Содержание фракции <0,001 мм, %	24.0-37.2 30.3	19.2-41.0 29.3	15.3-38.6 30.9	18.6-30.9 24.5	25.9-44.6 31.5	
Содержание фракции <0,01 мм, %	65.0-71.9 68.0	45.9-91.8 68.1	59.4-83.3 73.5	41.1-79.0 53.6	52.1-88.7 67.4	
Содержание Сорг., %	1,64-3,94 2,63	1,62-3,84 2,49	1,20-2,06 1,81	0,67-2,40 1,41	0,94-2,55 1,70	
γ, г/см ³	2,35-2,55 2,47	2,38-2,65 2,56	2,43-2,72 2,57	2,48-2,70 2,55	2,51-2,75 2,62	
γ ₀ , г/см ³	1,24-1,51 1,41	1,36-1,73 1,49	1,48-1,65 1,58	1,49-1,97 1,70	1,47-1,89 1,63	
W, %	84 - 172 124	57 - 173 110	54 - 94 74	31 - 96 62	35 - 106 71	
n, %	70.7-80.0 76.6	58.4-80.7 71.4	51.6-70.6 63.6	59.2-69.5 62.6	50.5-72.1 62.8	
W _h , %	57 - 89 69	34 - 104 70	54 - 72 63	28 - 70 41	31 - 86 51	
I _p , %	33 - 45 38	25 - 64 34	21 - 39 29	13 - 32 19	13 - 45 27	
τ _к , 10 ⁻⁴ МПа	42 - 80 54	44 - 102 80	36 - 84 57	42 - 93 65	51 - 105 83	
	1,50-2,10 1,7	0,89-1,96 1,3	0,45-1,32 1,0	0,54-1,10 0,8	0,62-1,48 0,8	

условий формирования отложений. Ярко выражено отличие выделенных генетических комплексов по содержанию $C_{орг.}$, которого в илах морского генезиса (2,49-2,63%) содержится в среднем в 1,5 раза больше, чем в лагунно-дельтовых илах (1,61-1,81%).

3. Столь же выражены различия морских и лагунно-дельтовых илов по характеру их физического состояния. Морские илы имеют более низкие средние значения плотности (2,47-2,56 г/см³), что в значительной степени обусловлено различиями в содержании органического вещества. Объемная масса морских илов (1,41-1,49 г/см³) также существенно меньше объемной массы лагунных и дельтовых осадков (1,58-1,70 г/см³), что связано с их большим водонасыщением. Илы морского генезиса характеризуются более высокими значениями влажности (в 1,5-2 раза), пористости (в 1,15-1,2 раза) и показателей пластичности (в 1,2-1,7 раза).

4. Для сравнительной характеристики механических свойств илов более представительным является использование не абсолютных значений их прочности, существенно меняющихся по колонке осадков, а показателей степени упрочненности ($\tilde{T}_k/P_{выт}$), представляющих собой отношение удельного сопротивления вращательному срезу к давлению вышележащей толщи грунта. Анализ полученного материала (табл.3.3, 3.4) позволяет в оценке прочностных свойств илов северо-западного шельфа выделить два основных момента:

- наблюдается снижение величин сопротивления вращательному срезу (\tilde{T}_k) и пенетрации (P_m) при вертикальном переходе от морских к лагунным илам Каркинитского залива и Центрального желоба (табл.3.3);
- илы морского генезиса являются в 1,4-1,6 раза более упрочнен-

ными, чем лагунно-дельтовые илы (табл.3.4).

Для количественной оценки выявленных зависимостей экспериментальный материал опорного массива был подвергнут статистической обработке и представлен в более строгой и наглядной графо-аналитической форме. Прежде всего был проведен анализ взаимосвязи различных показателей состава шельфовых илов. Сопоставление степени дисперсности и содержания органического вещества указывает на отчетливую положительную связь показателей (рис.3.3, табл.3.5), установленную для различных литолого-генетических типов илов Черного моря (Тагеева, Тихомирова, 1962; Емеяльнов, 1977; Еськов, Митропольский, 1978 и др.). Характер взаимосвязи показателей состава, представленных процентными содержаниями фракций < 1 мкм (Γ_1), < 2 мкм (Γ_2), < 5 мкм (Γ_5), < 10 мкм (Γ_{10}), < 50 мкм (Γ_{50}) и процентным содержанием $C_{орг.}$, описан уравнениями парной корреляции (табл.3.5).

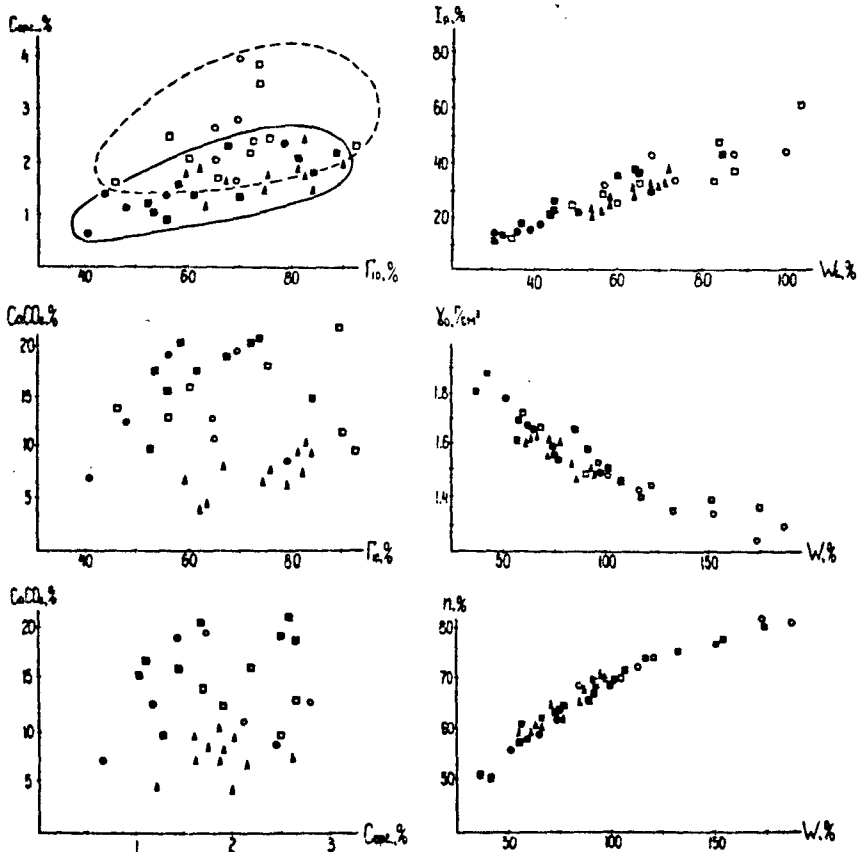
Таблица 3.5

Взаимосвязь содержания органического вещества ($C_{орг.}, \%$) и степени дисперсности илов северо-западного шельфа

Уравнения связи	Коэффициент корреляции	Величина F-критерия	
		расчетная	табличная для $\alpha = \frac{0,05}{0,01}$
$C_{орг.} = 1 + 0,031 \Gamma_1$	0,295	4,2	$\frac{4,1}{7,3}$
$C_{орг.} = 0,7 + 0,033 \Gamma_2$	0,346	5,5	" "
$C_{орг.} = 0,7 + 0,024 \Gamma_5$	0,388	7,8	" "
$C_{орг.} = 0,4 + 0,023 \Gamma_{10}$	0,432	10,2	" "
$C_{орг.} = 0,7 + 0,013 \Gamma_{50}$	0,105	0,5	" "

Большая часть уравнений характеризуется статистически значимой взаимосвязью рассматриваемых показателей состава. Наиболее тесная связь $C_{\text{орг.}}$ с фракцией <10 мкм ($r = 0,432$) указывает, что большая часть органического вещества содержится в пределах 10-ти микронной фракции. Сопоставление генетических типов илов по характеру связи данных показателей состава также свидетельствует о наличии двух основных генетических комплексов шельфовых илов - морского и лагунно-дельтового (рис.3.4). Морские илы Каркинитского залива и Центрального желоба по содержанию $C_{\text{орг.}}$ в среднем, в 1,5-2,0 раза превышают гранулометрически соответственные илы авандельты Дуная и илы Каркинитской и Центральной лагун. По-видимому, можно с большой долей уверенности говорить о чисто генетической природе различий в содержании органического вещества одновозрастных авандельтовых и морских илов Центрального желоба и Каркинитского залива. Эти различия связаны с количеством органического вещества, поступающего в данные обстановки. В частности, в речных выносах центральной области северо-западного шельфа содержания органического вещества в два и более раза выше, чем в речных выносах западной области шельфа (разд. I. I. 2). По поводу различий в содержании органики морских и лагунных илов районов Каркинитского залива и Центрального желоба вынести однозначное суждение не представляется возможным. Природа этих различий может быть как чисто генетической или диагенетической, так и, вероятнее всего, сложной генетико-диагенетической.

Наиболее отчетливо вариации состава глинистых отложений проявляются в характеристиках их физических свойств. Для оценки физического состояния илов чаще всего используют показатели их влажности и пластичности. Нами были использованы величины



- | | |
|--|---|
| Г _п - СОДЕРЖАНИЕ ФРАКЦИИ $0,001\text{ мм}$, % | τ - СОПРОТИВЛЕНИЕ ВРАЩАТЕЛЬНОМУ СРЕЗУ, 10^3 МПа |
| С _{ср} - СОДЕРЖАНИЕ С _{ср} , % | R - ПЛАСТИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ, 10^3 МПа |
| С _{ср} СаСО ₃ - СОДЕРЖАНИЕ СаСО ₃ , % | P - БЫТОВОЕ ДАВЛЕНИЕ ТОПИЛИ ОСАДКОВ 110^3 МПа |
| γ - ПЛОТНОСТЬ, %см ³ | ○ - ИЛЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЖЕЛОВА ($mO_{\text{ср}}^{\text{ср}}$) |
| γ ₀ - ОБЪЕМНАЯ МАССА, %см ³ | □ - ИЛЫ КАРКИНИТСКОГО ЗАЛИВА ($mO_{\text{ср}}^{\text{ср}}$) |
| W - ЕСТЕСТВЕННАЯ ВЛАЖНОСТЬ, % | ● - ИЛЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛАГУНЫ ($mO_{\text{ср}}^{\text{ср}}$) |
| п - ПОРИСТОСТЬ, % | ■ - ИЛЫ КАРКИНИТСКОЙ ЛАГУНЫ ($mO_{\text{ср}}^{\text{ср}}$) |
| W _в - ВЕРХНИЙ ПРЕДЕЛ ПЛАСТИЧНОСТИ, % | ▲ - ИЛЫ АВАНДЕЛЫТЫ ДУНАЯ ($mO_{\text{ср}}^{\text{ср}}$) |
| I _р - ЧИСЛО ПЛАСТИЧНОСТИ, % | ○●▲ - ИЛЫ СОДЕРЖАНИЕ С _{ср} ≤ 2,0% |
| | ○●▲ - ИЛЫ СОДЕРЖАНИЕ С _{ср} > 2,0% |

Рис. 3.3. Взаимосвязь показателей состава и физических свойств голоценовых илов северо-западного шельфа.

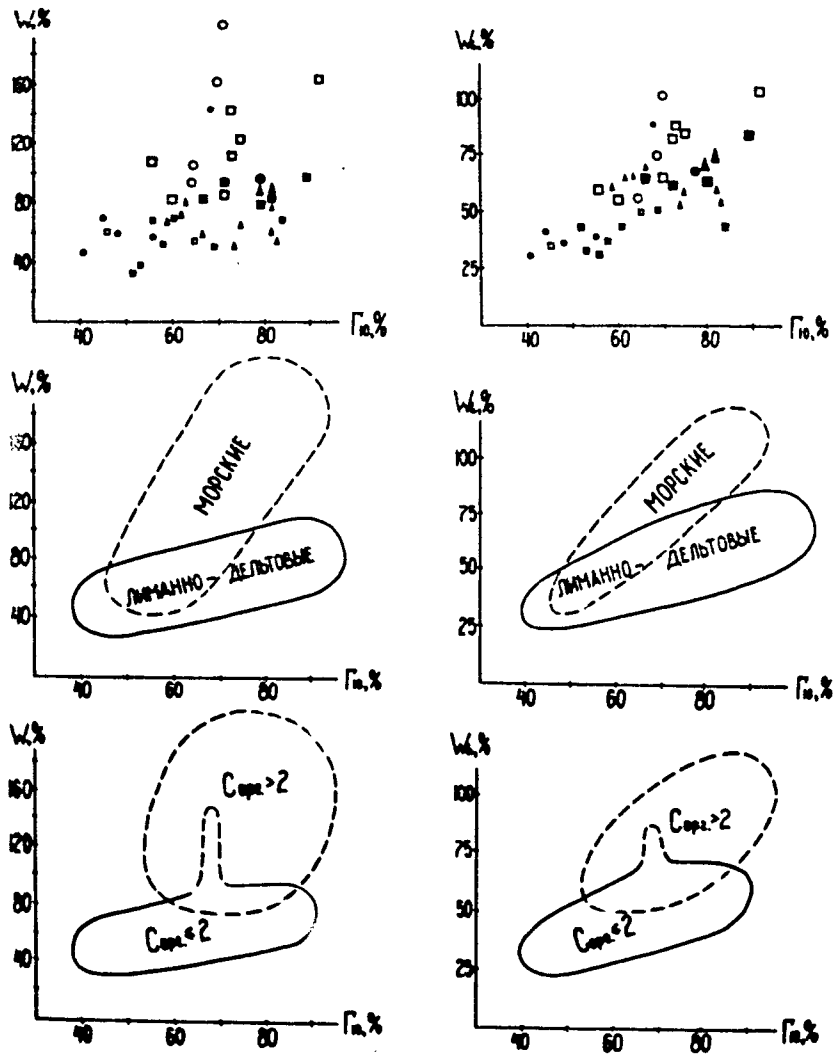


Рис. 3.4. Связь величин влажности и верхнего предела пластичности голоценовых илов с содержанием фракции < 10 мкм и C_{орг}.

естественной (весовой) влажности (W , %), числа пластичности (I_p , %) и влажности на границе текучести (W_L , %), считающейся интегральной характеристикой состава илов (Шпиков, 1980). Для выяснения связи данных показателей с дисперсностью и содержанием органического вещества был использован аппарат регрессионно-корреляционного анализа. В таблице 3.6 приведены уравнения парной корреляции, рассчитанные на ЭВМ МИР-2 по стандартным программам.

Таблица 3.6.

Связь величин естественной влажности (W , %) и показателей пластичности (I_p, W_L , %) голоценовых илов северо-западного шельфа с содержанием фракции менее 1, 2, 5, 10 и 50 мкм ($\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_5, \Gamma_{10}, \Gamma_{50}$, %) и содержанием органического вещества ($C_{орг.}$, %)

№ п/п	У р а в н е н и я с в я з и	Коэффициент корреляции	Величина F-критерия	
			расчетная	табличная для $\alpha = \frac{0,05}{0,01}$
1	2	3	4	5
1	$W = 25 + 3,065 C_{орг.}$	0,645	32,5	4,1/7,3
2	$W = 45 + 1,32 \Gamma_1$	0,236	3,4	" "
3	$W = 40,5 + 1,21 \Gamma_2$	0,287	3,7	" "
4	$W = 18 + 1,3 \Gamma_5$	0,455	11,6	" "
5	$W = 2 + 1,24 \Gamma_{10}$	0,507	15,5	" "
6	$W = -25,5 + 1,18 \Gamma_{50}$	0,201	1,85	" "
7	$I_p = 16 + 6,56 C_{орг.}$	0,398	8,4	" "
8	$I_p = 7 + 0,74 \Gamma_1$	0,433	10,2	" "
9	$I_p = 27 + 0,70 \Gamma_2$	0,493	13,4	" "
10	$I_p = -2 + 0,61 \Gamma_5$	0,614	27,4	" "

1	2	3	4	5
II	$\bar{I}_p = -10 + 0,59 \Gamma_{10}$	0,692	42,3	"_"
I2	$\bar{I}_p = -72 + 1,09 \Gamma_{50}$	0,503	17,8	"_"
I3	$W_L = 29 + 1,53 C_{орг.}$	0,597	25,0	"_"
I4	$W_L = 24 + 1,15 \Gamma_I$	0,432	10,2	"_"
I5	$W_L = II + 1,265 \Gamma_2$	0,565	19,7	"_"
I6	$W_L = 7 + \Gamma_5$	0,658	34,8	"_"
I7	$W_L = -6 + 0,98 \Gamma_{10}$	0,737	55,5	"_"
I8	$W_L = -72 + 1,41 \Gamma_{50}$	0,441	10,7	"_"
I9	$W = 6 + 0,19 \Gamma_{10} + 0,35 C_{орг.}$	0,732	21,9	"_"
20	$\bar{I}_p = -10 + 0,46 \Gamma_{10} + 4,12 C_{орг.}$	0,699	18,2	"_"
2I	$W_L = -9 + 0,66 \Gamma_{10} + 12,35 C_{орг.}$	0,785	30,5	"_"

Результаты регрессионно-корреляционного анализа позволяют сделать ряд важных выводов.

1. Все полученные уравнения однозначно указывают на положительную связь рассматриваемых характеристик физического состояния шельфовых илов со степенью их дисперсности и содержанием органического вещества.

2. Из всей совокупности полученных уравнений большая часть (I8) указывает на связь характеристик состава и свойств с 99-ти процентной доверительной вероятностью. При этом расчетные величины F -критериев зачастую в 2-3 и более раз превышают теоретические.

3. Среди показателей дисперсности наиболее существенно в характере физических свойств сказывается содержание фракции < 10 мкм. В суммарном же спектре алевро-глинистых фракций наиболее значительный вклад приходится на глинистую фракцию

(< 10 мкм).

4. Полученные уравнения парной и множественной корреляции позволяют на основе анализа двух показателей состава (степени дисперсности и содержания органического вещества) давать достаточно определенный прогноз о характере основных физических свойств голоценовых илов северо-западного шельфа.

5. По-видимому, рассмотренных двух показателей состава - степени дисперсности и содержания $S_{орг.}$ вполне достаточно для аргументированного предсказания большинства физических показателей. Обоснованием этому служат высокие доверительные вероятности полученных уравнений и квазифункциональный характер зависимостей таких физических показателей полностью водонасыщенных илов, как объемная масса и влажность, влажность и пористость, верхний предел и число пластичности (рис.3.5). Значимость влияния на характер физических свойств содержания фракции < 10 мкм содержания $S_{орг.}$ представляется равноценной, о чем свидетельствуют близкие коэффициенты корреляции.

6. В соответствии с региональным характером проводимых исследований из рассмотренной совокупности показателей состава был выбран показатель процентного содержания фракции < 10 мкм по следующим причинам:

- ясность физического и геологического (седиментологического в нашем случае) смысла данного показателя, позволяющего судить о физико-географических (гидродинамических) условиях формирования осадков;
- большая прикладная (инженерно-геологическая) ценность показателя дисперсности, называемого в инженерной геологии "физической глиной";

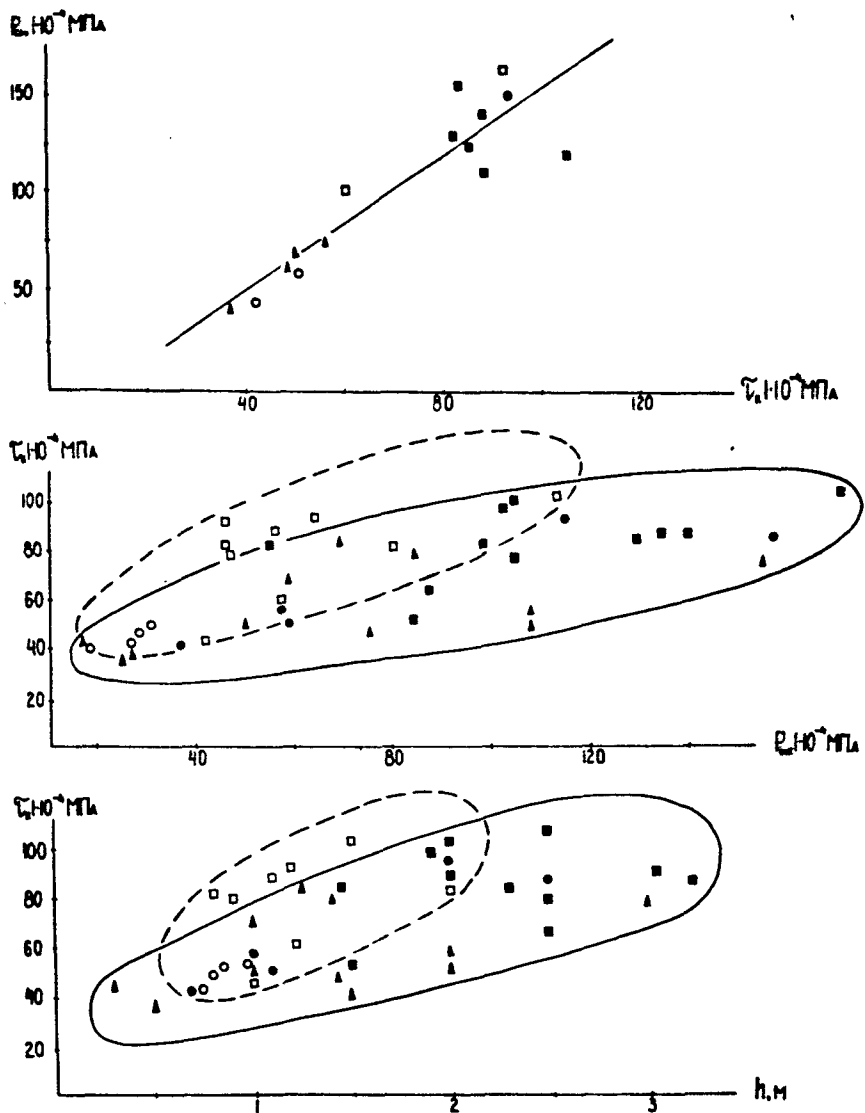


Рис. 3.5. Взаимосвязь характеристик прочности голоценовых илов северо-западного шельфа. Условные обозначения на Рис.3.3

- легкость в определении и соответствие понятию "простейший показатель" (Филимонов, 1980).

Изучение механических (прочностных) свойств голоценовых илов северо-западного шельфа позволило установить тесную взаимосвязь величин пластической прочности (P_m) и сопротивления вращательному срезу (τ_k), а также их преимущественную обусловленность величиной бытового давления ($P_{\text{быт.}}$) толщи осадков (рис.3.5). По характеру прочностного состояния также выделяются два генетических комплекса морских и лагунно-дельтовых илов. Величины прочности илов морского генезиса, как правило, в 1,2-1,5 раза выше величин прочности лагунно-дельтовых илов. Учитывая высокую трудоемкость определения величины пластической прочности для оценки прочности илов целесообразно использовать величину сопротивления вращательному срезу.

Резюмируя приведенную сравнительную оценку выделенных генетических комплексов можно констатировать, что генетический комплекс морских илов по сравнению с комплексом лагунно-дельтовых илов содержит в 1,5 раза больше органического вещества, обладает более высокими характеристиками физических (ρ в 1,2-2,0 раза) и прочностных (в 1,5 раза) свойств.

Результаты исследований, изложенные в настоящем разделе, подтвердили продуктивность принятого генетического подхода при инженерно-геологическом изучении шельфовых отложений, а также позволили определить перечень наиболее характерных и представительных инженерно-геологических показателей голоценовых илов северо-западного шельфа. Такими показателями являются содержание "физической глины" (фракция < 10 мкм), естественная влажность, верхний предел и число пластичности и сопротивление вращательному

срезу. Теперь представляется правомерным перейти к более подробной инженерно-геологической характеристике генетических типов илов северо-западного шельфа Черного моря.

3.3. Признаковые модели состава и свойств генетических типов илов северо-западного шельфа как основа для их целостной инженерно-геологической характеристики и типизации

Одной из главных задач исследований являлся поиск возможностей целостного описания генетически однородных шельфовых отложений. Однако, генетически однородные типы осадков, как правило, далеко не однородны по характеру их состава и свойств. Неоднородными в инженерно-геологическом отношении являются не только сами генетические типы донных осадков, но и составляющие их литофации, что обусловлено интенсивным, преимущественно закономерным типом пространственной изменчивости показателей состава и свойств (Леонов, 1980 б, 1982).

Данные обстоятельства сводят на нет возможности описания и сопоставления различных генетических типов шельфовых отложений по величинам их состава и свойств. К тому же сопряженные в пространстве (чаще по вертикали) отложения различного генезиса могут отличаться по одним показателям и не отличаться по другим. Так, например, морские и лагунные илы районов Каркинитского залива и Центрального желоба в колонках почти не отличаются по степени дисперсности, минералогическому составу и карбонатности, но существенно различаются по содержанию органического вещества. Если по характеру физических свойств морские и лагунные илы контрастно отличаются друг от друга, то по характеру механических свойств различия не всегда отчетливы.

Проведенные исследования показали, что более ясными и наглядными являются различия не величин показателей, а характера их связи между собой. Для описания и сопоставления неоднородных объектов методически верным и практически более ценным является использование не свойств объекта, а отношений между свойствами. В следствие такого подхода неоднородные по свойствам объекты предстают как объекты, однородные по отношениям. Использование данных отношений делает возможным решение задач типизации и классификации таких неоднородных геологических образований, как генетические типы отложений и их литофации.

В соответствии с этим целостность инженерно-геологической характеристики фаций илов черноморского шельфа мы попытались обеспечить на основе описания закономерных взаимосвязей их характерных признаков. В качестве характерных признаков глинистых фаций были использованы показатели их состава и свойств. Описание закономерных взаимосвязей признаков выполнено на основе построения признаковых моделей показателей состава, физических и механических свойств. Целостность сравнительной инженерно-геологической характеристики неоднородных геологических образований достигнуто выявлением классификационных (типизирующих) отношений между геологическими показателями, обладающими согласованным характером пространственной изменчивости (Леонов, 1980 а, 1982). Процесс построения признаковых моделей генетических типов илов северо-западного шельфа мы свели к решению следующих трех задач.

1. Выбор наиболее характерных и простых в определении показателей состава, физических и механических свойств глинистых отложений.

2. Формирование групп (пар) показателей, обладающих согла-

сованной пространственной изменчивостью.

3. Отыскание наиболее характерных и устойчивых отношений (связей) между данными показателями.

В определенной степени первая задача была решена в предыдущем разделе настоящей главы. Инженерно-геологическими показателями, отвечающими поставленным требованиям, могут служить: содержание "физической глины" - фракции $< 0,01$ мм (Γ_{10}), естественная влажность (W), верхний предел (W_L) и число пластичности (I_p), удельное сопротивление вращательному срезу (τ_k) и величина бытового давления ($P_{\text{быт.}}$). Для более обоснованного решения первой задачи перечисленные характеристики глинистых отложений были изучены на расширенном фактическом материале. В соответствии со стремлением к целостному и полному изучению шельфовых отложений каждый из выделенных генетических типов был подвергнут равноценному по объемам инженерно-геологическому опробованию. В условиях ограничения объемов исследований, естественно, не было возможности покрыть весь регион равномерной сеткой. В связи с этим, принцип равнопредставительности (Бондарик и др., 1976) мы стремились обеспечить соблюдением следующих методических положений:

- расположением участков детальных исследований в пределах типичных обстановок осадконакопления северо-западного шельфа Черного моря (принцип полигонного подхода);
- приблизительно равномерным опробованием если не всех, то наиболее характерных частей выделенных обстановок (принцип опорных профилей).

Проведенное таким образом инженерно-геологическое опробование позволило изучить основные генетические типы шельфовых отложений во всех их существенных региональных частях. Число скважин

определялось размерами обстановки осадконакопления и степенью изменчивости состава и свойств отложений. В соответствии с этим в пределах выделенных обстановок осадконакопления для инженерно-геологических целей было пробурено от 20-30 (Днепровский желоб, авандельта Дуная) до 40-60 (Центральный желоб, Каркинитский залив) скважин. Это позволило по каждому из генетических типов илов северо-западного шельфа сформировать выборки, объемом по 50-90 определений показателей состава, физических и механических свойств. В общей сложности было изучено в инженерно-геологическом отношении свыше 400 образцов голоценовых илов северо-западного шельфа. По всем образцам получен комплекс характеристик состава и физико-механических свойств, включавший определение грансостава (дисперсного и микроагрегатного), плотности (γ), объемной массы (γ_0), влажности (W), пористости (n), показателей пластичности (W_L , W_p , I_p) и удельного сопротивления вращательному срезу (τ_k). Для значительной части образцов были проведены совместные определения удельного сопротивления вращательному срезу (τ_k) и пенетрации (P_m).

Анализ полученного материала показал, что большая часть показателей состава и свойств глинистых отложений обладает достаточно ясной и тесной связью между собой. Для некоторых показателей эта связь близка к квазифункциональному характеру. Такими показателями являются объемная масса, влажность и пористость, которые могут рассматриваться в качестве "чисто физических" характеристик такой 2-х фазной системы, как полностью водонасыщенные морские илы. Необходимо отметить, что подобный характер взаимосвязи величин объемной массы, влажности и пористости присущ не только илам, но и алевро-глинистым разновидностям песчаных и ракушечных отло-

жений (рис. 3.6). В характере связи этих показателей не удалось обнаружить ни генетической, ни литологической обусловленности. Максимальные вариации величин этих показателей, как правило, не превышают 10-15%, составляя в среднем 6-10%, что соизмеримо с ошибкой в определениях. Характер установленной взаимосвязи данных показателей хорошо согласуется с аналитическими зависимостями, полученными ранее расчетным путем в допущении незначительности влияния вариаций значений плотности (Шпиков, 1980). Из рассмотренной совокупности показателей физических свойств нами был выбран показатель естественной влажности, как наименее трудоемкий и всегда доступный в определении. Определение влажности морских илов даже на образцах нарушенного сложения позволяет расчетным путем или по графикам достаточно просто установить величины объемной массы и пористости.

Следующей важной характеристикой физического состояния глинистых отложений являются показатели их пластичности - предел текучести (W_L), предел раскатывания (W_p) и число пластичности (\bar{I}_p). По особенностям пластического состояния морские илы представляют собой уникальные отложения, своеобразие которых обусловлено превышением величин их естественной влажности значений влажности на границе текучести. Тем не менее илы сохраняют все характерные структурные и прочностные свойства. В связи с этим пластическое состояние морских илов и определяется большей частью как скрытотекучее.

Данное обстоятельство предопределяет возможность существенных физико-химических изменений илов в процессе определения показателей пластичности, в особенности нижнего предела. В связи с этим были высказаны рекомендации по использованию при определении пластических свойств морских илов только верхнего предела пластич-

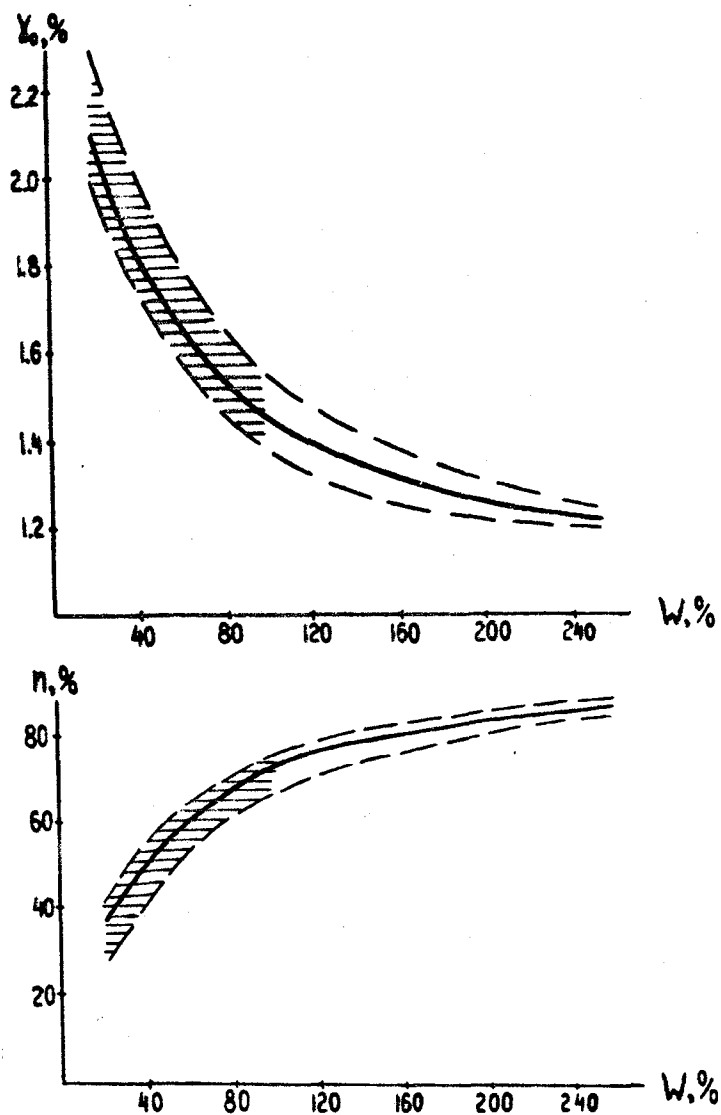


Рис. 3.6 Взаимосвязь величин естественной влажности ($W, \%$) объемной массы ($\gamma_0, \text{г/см}^3$) и пористости ($n, \%$) голоценовых алевро-глинистых отложений северо-западного шельфа.

Пунктирной линией оконтурены области вариаций величин показателей, штриховкой—область песчано-ракушечных разновидностей, жирные линии—аппроксимирующие кривые.

ности - влажности на границе текучести (W_L) как интегрального и легко определяемого показателя (Шпиков, 1980). Дополнительным обоснованием предложенной рекомендации послужило установление характера связи величин влажности на границе текучести и начальной влажности осадка, выраженного соотношением $W_n \approx 2 W_L$ (Шпиков, 1970, 1977), где W_n - начальная естественная влажность илов, а W_L - верхний предел пластичности.

Для выявления взаимосвязи показателей пластичности по каждому из генетических типов илов северо-западного шельфа было проведено изучение характера связи величин числа пластичности и влажности на границе текучести методами регрессионно-корреляционного анализа (Табл.3.7, рис.3.7).

Таблица 3.7.

Связь величин числа пластичности ($\bar{I}_p, \%$) и влажности на границе текучести ($W_L, \%$) илов северо-западного шельфа Черного моря

№ п/п	Генетические типы илов северо-западного шельфа Черного моря	Уравнение связи	Коэффициент корреляции
1.	Морские илы Центрального желоба (Q_{IV}^{nc})	$I_p = 0,56 W_L - 8$	0,86
2.	Морские илы Каркинитского залива (Q_{IV}^{nc})	$I_p = 0,55 W_L - 8$	0,92
3.	Морские илы Днепровского желоба (Q_{IV}^{nc})	$I_p = 0,53 W_L - 3$	0,89
4.	Илы авандельты Дуная (Q_{IV}^{nc})	$I_p = 0,66 W_L - 14$	0,91
5.	Илы Центральной лагуны (Q_{III-IV}^{nev-de})	$I_p = 0,61 W_L - 8$	0,84
6.	Илы Каркинитской лагуны (Q_{III-IV}^{nev-de})	$I_p = 0,60 W_L - 8$	0,84
7.	Илы северо-западного шельфа в целом	$I_p = 0,58 W_L - 8$	0,88

Анализ полученных зависимостей указывает в целом на достаточно тесную связь данных показателей. Уравнения связи, описывающие связь показателей пластичности генетически однотипных илов практически идентичны. Различия в характере связи величин числа пластичности и влажности на границе текучести отмечены только для различных генетических типов илов. При одних и тех же значениях верхнего предела числа пластичности лагунно-дельтовых илов на 5-10% выше чисел пластичности морских илов Каркинитского залива и Центрального желоба (рис.3.7). Особенно ярко это проявляется в области высоких значений данных величин. Для объяснения указанного факта можно представить две модели.

1. Лагунно-дельтовые илы, равноценные по нижнему пределу пластичности морским илам, имеют большие величины верхнего предела, что повышает их числа пластичности. Настоящая модель находится в противоречии с приведенными ранее данными о повышенной гидрофильности (W и W_L) морских илов (табл.3.4).

2. Илы морского генезиса, равноценные по верхнему пределу пластичности лагунно-дельтовым, имеют большие величины нижнего предела, что занижает их числа пластичности. То есть морские илы теряют пластические свойства при больших значениях влажности. Данная модель хорошо объясняет факт большей восприимчивости морских илов к возможным физико-химическим превращениям их в процессе проведения определений.

Наличие, характер и величины указанных различий должны быть приняты во внимание при проведении региональных инженерно-геологических исследований на черноморском шельфе.

Уравнение связи величин числа пластичности и влажности на границе текучести, аппроксимирующее всю совокупность определений

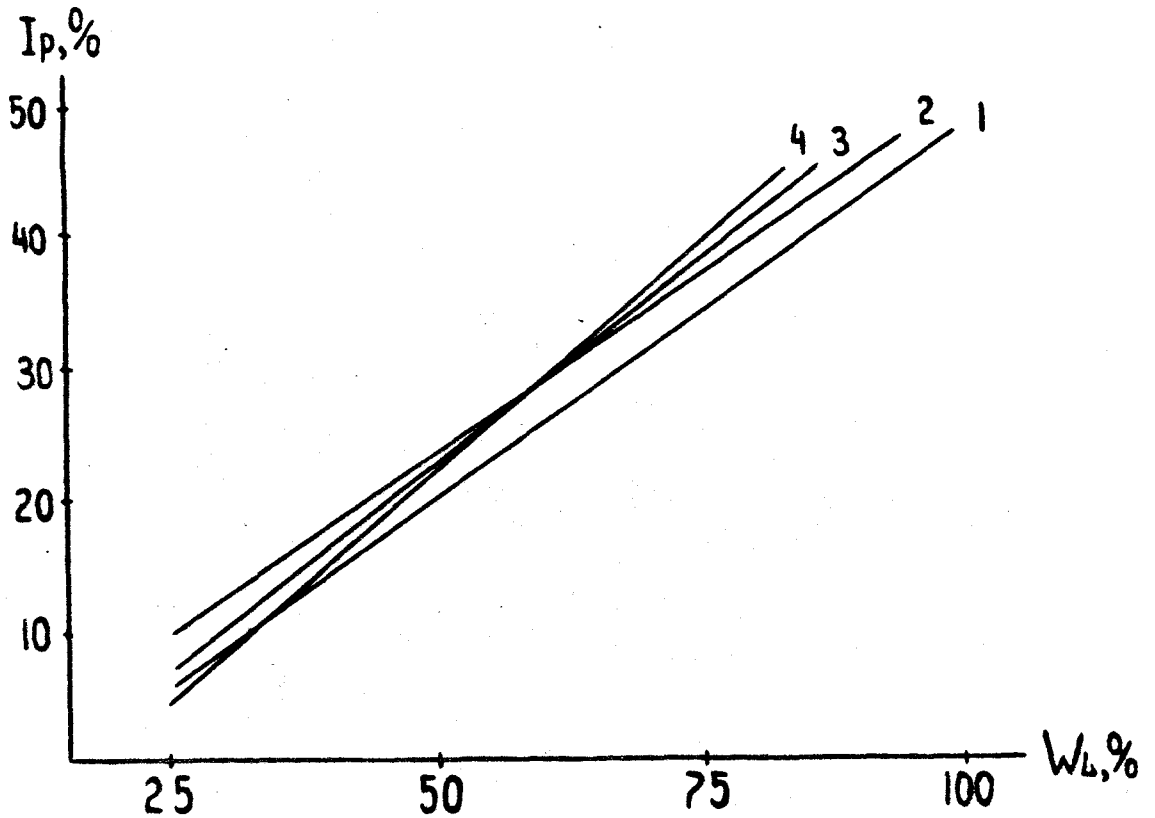


Рис. 3.7 Связь величин числа пластичности ($I_p, \%$) с влажностью на границе текучести ($W_L, \%$) различных генетических типов голоценовых илов северо-западного шельфа Черного моря.

1—новочерноморские или Центрального желоба и Каркинитского залива (mQ_{IV}^{nc}), 2—новочерноморские или Днепровского желоба (mQ_{IV}^{nc}), 3—новоэвксинско-древнечерноморские или Центральной и каркинитской лагун (Q_{III-IV}^{nev-dc}), 4—новочерноморские или авандельты Дуная ($\alpha \cdot mQ_{IV}^{nc}$).

(табл.3.7) оказалось достаточно близким к уравнению, полученному ранее (Шпиков, 1980) и может быть использовано в практике инженерно-геологических исследований на северо-западном шельфе Черного моря. При построении признаков моделей состава и свойств генетических типов илов северо-западного шельфа мы использовали оба показателя пластичности.

Таким образом, для характеристики состава и физических свойств шельфовых илов мы остановились на таких простых показателях как естественная влажность (W), влажность на границе текучести (W_L) и число пластичности (I_p).

Указанные физические свойства глинистых отложений были изучены в связи с особенностями их гранулометрического состава. В качестве характеристик состава использовались процентные содержания фракций менее 1, 2, 5, 10 и 50 мкм. Для всех изученных генетических типов илов северо-западного шельфа установлена достаточно тесная положительная связь показателей физических свойств с указанными характеристиками дисперсности (рис.3.8). Взаимосвязь показателей физических свойств и дисперсности шельфовых илов подтверждается также однотипностью пространственного распределения их величин и связью с координатами геологического пространства (см. разд. 4.2, 4.3). Эта связь, проявляющаяся в согласованности пространственной изменчивости характеристик состава и физических свойств глинистых отложений, обуславливает возможность использования данных характеристик для формирования пар показателей, способных представлять и описывать генетические типы илов во всем их объеме.

Для отыскания наиболее представительных и устойчивых связей между характеристиками физического состояния и составом илов был

Таблица 3.8

Связь величин естественной влажности ($W, \%$), влажности на границе текучести ($W_k, \%$), числа пластичности ($I_p, \%$) с содержанием фракции < 10 мкм (Γ_{10})

№№ п/п	Генетические типы илов северо-западного шельфа Черного моря	Уравнения связи	Коэффициент корреляции
1.	Морские илы Центрального желоба ($m Q_{IV}^{nc}$)	$W = 3 + 2,13 \Gamma_{10}$	0,78
		$W_k = 24 + 0,96 \Gamma_{10}$	0,79
		$I_p = 9 + 0,46 \Gamma_{10}$	0,64
2.	Морские илы Каркинитского залива ($m Q_{IV}^{nc}$)	$W = 6 + 1,8 \Gamma_{10}$	0,71
		$W_k = 32 + 0,76 \Gamma_{10}$	0,73
		$I_p = 4 + 0,42 \Gamma_{10}$	0,74
3.	Морские илы Днепровского желоба ($m Q_{IV}^{nc}$)	$W = 15 + 1,75 \Gamma_{10}$	0,63
		$W_k = 15 + 0,94 \Gamma_{10}$	0,70
		$I_p = 7 + 0,46 \Gamma_{10}$	0,61
4.	Илы авандельты Дуная ($a-m Q_{IV}^{nc}$)	$W = 18 + 0,89 \Gamma_{10}$	0,61
		$W_k = 21,5 + 0,54 \Gamma_{10}$	0,74
		$I_p = 2 + 0,37 \Gamma_{10}$	0,69
5.	Илы Центральной лагуны ($l-m Q_{III-IV}^{nev-dc}$)	$W = 17 + 0,97 \Gamma_{10}$	0,62
		$W_k = 18 + 0,59 \Gamma_{10}$	0,59
		$I_p = 3 + 0,36 \Gamma_{10}$	0,57
6.	Илы Каркинитской лагуны ($l-m Q_{III-IV}^{nev-dc}$)	$W = 7 + 1,06 \Gamma_{10}$	0,76
		$W_k = 12 + 0,6 \Gamma_{10}$	0,76
		$I_p = -2 + 0,41 \Gamma_{10}$	0,72

применен аппарат регрессионно-корреляционного анализа, показавший, что влажность и показатели пластичности всех генетических типов наиболее тесно связаны с процентными содержаниями размерных фракций менее 0,01 мм и менее 0,005 мм, на что указывают достаточно высокие коэффициенты корреляции, составляющие в среднем 0,70-0,75. Результаты регрессионно-корреляционного анализа представлены в виде уравнений связи (табл.3.8) и графиков зависимостей (рис.3.8) показателей физических свойств и состава генетических типов илов северо-западного шельфа Черного моря.

По характеру связи показателей наиболее отчетливо выделяются два генетических комплекса - комплекс морских и комплекс лагунно-дельтовых голоценовых илов. Первый представлен новочерноморскими илами Центрального желоба, Каркинитского залива и Днепровского желоба, второй - новочерноморскими илами авандельты Дуная и новоэвксинско-древнечерноморскими илами Центральной и Каркинитской лагун. Приведенные графики и уравнения, имея обобщенный смысл, могут служить для целостной характеристики и сравнения генетических типов голоценовых илов северо-западного шельфа Черного моря. В частности, все дисперсные разновидности илов морского генезиса по сравнению с лагунно-дельтовыми обладают более высокими значениями влажности (в 1,4-1,8 раза) и показателей пластичности (в 1,3-1,7 раза). Подобные сопоставления вполне могут быть сделаны и для других, ранее рассмотренных физических характеристик.

Оценка механических свойств глинистых осадков северо-западного шельфа проведена на основе определения их удельного сопротивления вращательному срезу (τ_k) и пенетрации (P_m). Предварительные совместные испытания, выполненные при постановке регио-

нальных исследований указали на достаточно тесную связь этих прочностных характеристик (Леонов, 1980 а). В процессе дальнейших более подробных исследований, проведенных на опорных полигонах не удалось выявить значимой генетической либо литологической обусловленности характера связи величин удельного сопротивления вращательному с-резу и пенетрации илов. В обобщенном виде связь данных показателей, рассчитанная по 73 образцам, имеет следующий вид:

$$R_m = 1,4 \tilde{V}_k - 5; \quad \tau = 0,93$$

Выявленная зависимость оказалась достаточно близкой по виду к зависимости, установленной для илов глубоководной части Черного моря (Емельянов, 1976):

$$R_m = 1,59 \tilde{V}_k - 4; \quad \tau = 0,93$$

Учитывая значительную трудоемкость пенетрационных испытаний для массовых определений прочностных свойств илов использовался только показатель удельного сопротивления вращательному срезу.

Анализ пространственной изменчивости величин прочности толщи голоценовых илов показал, что наиболее значительные изменения прочности отмечены в вертикальном срезе толщи. Наличие закономерных тенденций латеральной изменчивости величин прочности отмечены только для слоя 0,0-0,2 м. современных осадков и толщи новоэвксинско-древнечерноморских осадков, испытавших процессы диагенеза (см. разд. 4.3).

В пределах генетически однородного слоя прочность илов закономерно возрастает от кровли к подошве. Причем, наиболее существенное влияние оказывает не мощность вышележащей толщи осадков, а суммарное давление перекрывающей толщи грунта - бытовое давление толщи, являющееся функцией мощности слоя и объемной массы слагающих слой осадков. Была изучена связь величин прочности

голоценовых илов с мощностью и давлением вышележащей толщи осадков. В соответствии с моделью гидростатического взвешивания, бытовое давление рассчитывалось по следующей формуле (Алмазов, 1967):

$$P_{\text{быт}} = \sum_0^h (\gamma_0 - \gamma_w) \cdot \Delta h \quad , \text{ где}$$

γ_w - объемная масса морской воды, которую можно принять равной 1 г/см^3 ; γ_0 - объемная масса грунта на фиксированном интервале толщи, г/см^3 ; Δh - мощность фиксированного интервала, см;

$P_{\text{быт}}$ - давление вышележащей толщи грунта (бытовое давление), $1 \cdot 10^{-4}$ МПа.

Результаты исследования, представленные в графическом (рис. 3.9) и аналитическом (табл. 3.9) виде, свидетельствуют о различном характере связи рассматриваемых показателей для различных генетических типов илов.

Таблица 3.9

Зависимость величин удельного сопротивления вращательному срезу ($\tau_k, 1 \cdot 10^{-4}$ МПа) от мощности ($h, \text{м}$) и давления ($P_{\text{быт}}, 1 \cdot 10^{-4}$ МПа)

№ п/п	Генетические типы илов северо-западного шельфа Черного моря	Уравнения связи	Коэфф. корреляции	Величина F-критерия	
				расчетная	теоретическая для $\alpha = 0,05$
1	2	3	4	5	6
1.	Морские илы Центрального желоба (Q_w^{nc})	$\tau_k = 35 + 0,52 P_{\text{быт}}$	0,76	58,1	
		$\tau_k = 35 + 0,52 h$	0,76		
2.	Морские илы Каркинского залива (Q_w^{nc})	$\tau_k = 40 + 0,5 P_{\text{быт}}$	0,79	81,1	
		$\tau_k = 41 + 28 h$	0,78		
3.	Илы Днепровского желоба (Q_w^{nc})	$\tau_k = 32 + 0,55 P_{\text{быт}}$	0,90	315,0	
		$\tau_k = 33 + 19,6 h$	0,82		
4.	Илы авандельты Дуная (Q_w^{nc})	$\tau_k = 37 + 0,30 P_{\text{быт}}$	0,64	27,3	
		$\tau_k = 38 + 14,1 h$	0,55		
5.	Илы Центральной лагуны (Q_w^{dc})	$\tau_k = 35 + 0,35 P_{\text{быт}}$	0,81	36,8	
		$\tau_k = 37 + 17,3 h$	0,61		

1	2	3	4	5	6
6. Илы Каркинитской лагуны (Q_{IV}^{dc})		$\tau_k=40 + 0,29P_{\text{быт}}$ $\tau_k=34 + 16,5H$	0,68 0,61	18,7 16,4	

По характеру связи механических показателей также как и для физических показателей выделяются два основных генетических комплекса шельфовых илов — морские илы и лагунно-дельтовые илы. Илы морского генезиса, сформировавшиеся в пределах обстановок осадконакопления с нормальной соленостью вод обладают более высокими прочностными характеристиками по сравнению с лагунными и дельтовыми илами опресненных обстановок осадконакопления.

Наименее упрочненными являются новоэвксинско-древнечерноморские илы Каркинитской и Центральной лагун, залегающие в основании толщи и в большей степени подвергшиеся процессам диагенеза. При всем при этом менее прочные лагунные илы по сравнению с вышележащими илами морского генезиса имеют существенно меньшие (в 1,3-2 раза) значения влажности, пористости и пластичности (рис.3.9), что находится в противоречии с общепринятыми представлениями механики грунтов.

Несомненно, данные отличия прочностных характеристик различных генетических типов илов имеют генетическую природу. Главным различием новочерноморских и доновочерноморских обстановок осадконакопления является степень солености морских вод. Соленость в седиментационных бассейнах новоэвксинско-древнечерноморского возраста равнялись 6-12‰, в то время как в новочерноморское время она достигала 16-18‰ (Невесский, 1965; Федоров, 1978). Уровень солености и химический состав среды осадконакопления достаточно отчетливо отражаются в степени минерализации и составе поровых вод осадков (Воскобойников и др., 1980; Конигов, 1983 и др.)

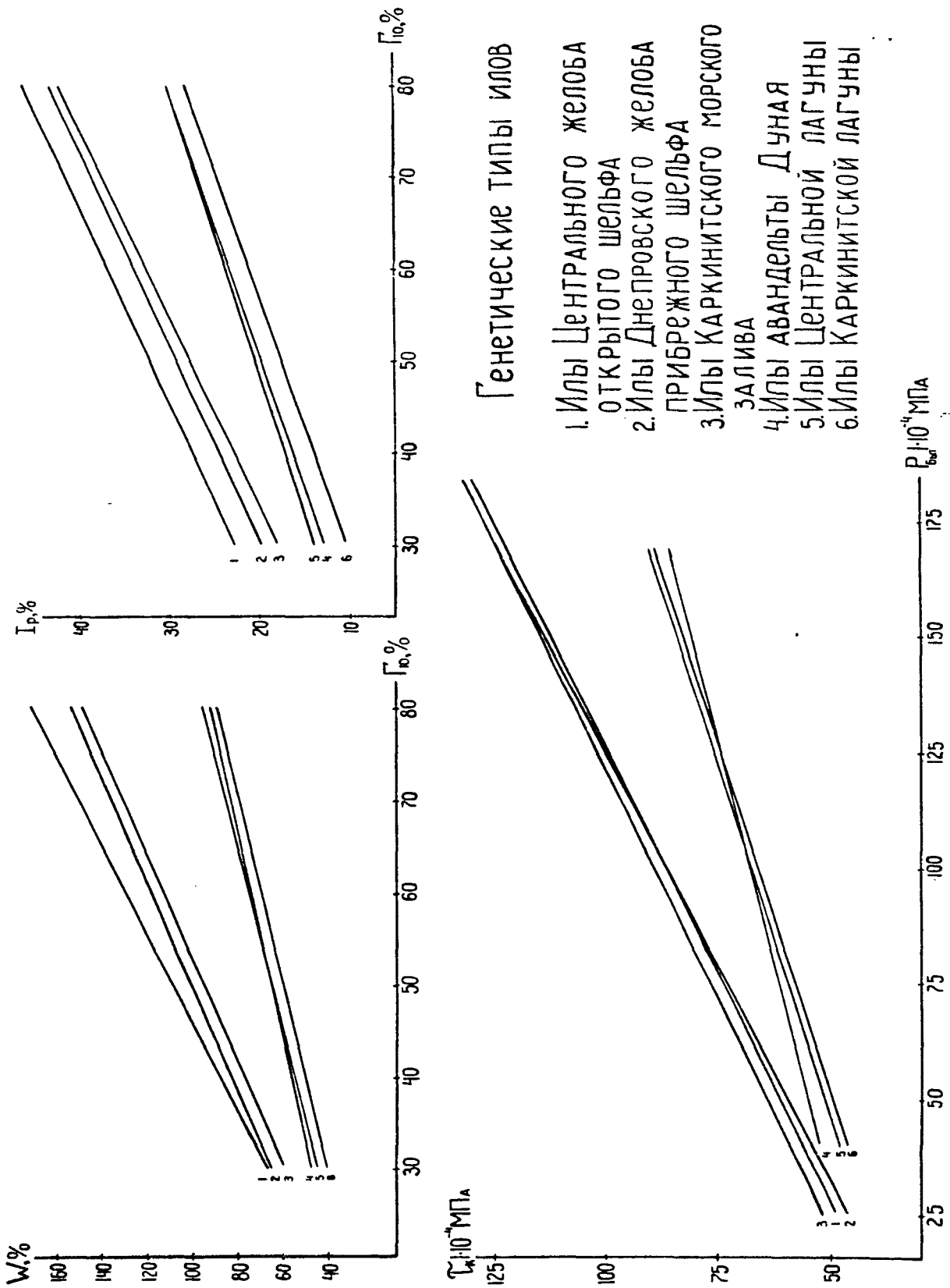


Рис. 3. 9. Графики связи состава и свойств голоценовых илов СЭ шельфа.

Анализ материалов по солености поровых вод голоценовых илов северо-западного шельфа, предоставленных м.н.с. ПЛИГ ОГУ Е.Г.Кониковым, показал, что минерализация поровых вод лагунных и дельтовых илов составляет, в среднем, 12-15‰, а морских илов - 20-22‰, что вполне могло отразиться на характере прочностных свойств различных генетических типов илов. Применение аппарата мнржественного корреляционного анализа подтвердило наличие значимого влияния степени минерализации на величину прочности илов. Свидетельством тому является повышение тесноты связи показателей на 4-7%, а также высокие значения коэффициентов при характеристиках минерализации (табл.3.10). Необходимо отметить, что наиболее существенное влияние вариаций солености на прочность отмечено для опресненных лиманно-дельтовых илов.

Таблица 3.10

Связь величин прочности голоценовых илов северо-западного шельфа (\bar{T}_k) с давлением толщи осадков ($P_{\text{быт.}}$) и минерализацией поровых вод (M)

Генетические типы голоценовых илов	Уравнения связи	К-во опре- дел.	Коэффициент корреляции
Морские илы Днепровского желоба ($m Q_{IV}^{nc}$)	$\bar{T}_k = 26 + 0,35 P_{\text{быт.}} + 0,38 M$	39	0,95
Илы Центральной и Каркинитской лагун ($lm Q_{IV}^{dc}$)	$\bar{T}_k = 11 + 0,37 P_{\text{быт.}} + 1,67 M$	9	0,98
Илы авандельты Дуная ($al-m Q_{IV}^{nc}$)	$\bar{T}_k = 21 + 0,17 P_{\text{быт.}} + 1,19 M$	24	0,71
Голоценовые илы северо-западного шельфа в целом	$\bar{T}_k = 20 + 0,3 P_{\text{быт.}} + 1,13 M$	72	0,69

Изучение влияния минерализации поровых вод на прочностные

свойства илов с широким диапазоном изменения солености выявили главный пик прочности илов в диапазоне солености 20-30 г/л (Кони́ков, 1983), что связано с ближних коагуляционных связей грунтовых частиц, сопровождающихся повышенной агрегацией глинистых частиц и образованием истинных контактов. Активность протекания этих процессов резко возрастает при переходе через порог солености 20-25 г/л (Кульчицкий, 1975, 1981), что как раз соответствует солености поровых вод илов морского генезиса.

Все представленные выше зависимости, являясь математическими моделями состава и свойств, построенными в пространстве нескольких признаков, могут быть названы признаковыми моделями. Наиболее традиционной формой признаковых моделей служат уравнения парной и множественной корреляции, описывающие связь изучаемых характеристик состава и свойств. Дальнейшие построения признаковых моделей могут развиваться по двум направлениям — по пути усложнения моделей на основе многофакторного и дискриминантного анализов и по пути упрощения моделей, сведением их к простым безразмерным соотношениям типа параметрических критериев. Достоинством первых моделей является возможность учета всей имеющейся информации, недостатком — отсутствие ясного физического смысла и громоздкость выражений, которыми приходится оперировать. В этом смысле неоспоримое преимущество принадлежит моделям типа параметрических критериев. Параметрические критерии, составленные из двух или нескольких взаимосвязанных показателей имеют ясный физический смысл и представляют информацию об объекте в наиболее свернутом виде. Очевидно, что параметрические критерии, составленные из показателей, обладающих согласованной пространственной изменчивостью, способны целостно характеризовать объект исследова-

ний. В пределах генетически однородной толщи осадков такие показатели образуют устойчивые безразмерные соотношения, которые и являются параметрическими критериями генетических типов отложений.

Для генетической типизации голоценовых илов северо-западного шельфа были использованы следующие параметрические критерии:

- показатель гидрофильности (Приклонский, 1949), представляющий отношение влажности илов к степени их дисперсности (W/Γ_{10} , W/Γ_5 и т.д.);
- показатель коллоидной активности (Приклонский, 1949; Skempton, 1953) - отношение показателей пластичности к степени дисперсности илов (I_p/Γ_5 , I_p/Γ_{10} и т.д.);
- показатель относительной упрочненности - степени упрочненности (Skempton, 1957), представляющий отношение величины прочно-сти к уплотняющей (бытовой) нагрузке ($\bar{\sigma}_k / P_{\text{быт.}}$, $P_m / P_{\text{быт.}}$ и т.д.)

Применение данных показателей к генетическим типам илов северо-западного шельфа Черного моря позволило расположить их в единый генетический ряд, в котором лагунные и дельтовые опресненные илы последовательно сменяются илами существенно морского генезиса (табл.3.II).

Классификационную основу предлагаемой типизации составляют следующие два факта:

- все дисперсные разновидности илов морского генезиса отличаются от соответствующих лагунных и дельтовых илов более высокими характеристиками гидрофильности (в 1,5-1,7 раза) и коллоидной активности (в 1,4-1,8 раза);

- на всем диапазоне уплотняющих нагрузок морским илам свойственны более высокие степени упрочненности (в 1,2-1,6 раза), чем лагунным и дельтовым илам.

Таблица 3.II

Основные параметрические критерии генетических типов илов северо-западного шельфа Черного моря

Параметрические критерии генетических типов илов СЗ шельфа	Генетические типы голоценовых илов северо-западного шельфа					
	Илы Центрального желоба открытого шельфа	Илы Днепровского желоба прибрежного шельфа	Илы Каркинитского морского залива	Илы авандель-ты Дуная	Илы Центральной лагуны	Илы Каркинитской лагуны
Показатель гидрофильности (W/Γ_{IO})	<u>2,15-2,23</u> 2,2	<u>1,94-2,13</u> 2,0	<u>1,8-2,00</u> 1,9	<u>1,15-1,6</u> 1,3	<u>1,19-1,5</u> 1,3	<u>1,12-1,4</u> 1,25
Показатель физколлоидной активн. (I_p/Γ_{IO})	<u>0,58-0,77</u> 0,65	<u>0,54-0,67</u> 0,60	<u>0,53-0,60</u> 0,55	<u>0,38-0,47</u> 0,40	<u>0,39-0,43</u> 0,40	<u>0,35-0,37</u> 0,35
Показатель степени упрочненности $(\Gamma_k/P_{\text{быт.}})$	<u>0,8-2,0</u> 1,2	<u>0,85-1,8</u> 1,15	<u>0,85-2,1</u> 1,1	<u>0,5-1,2</u> 1,00	<u>0,5-1,0</u> 0,70	<u>0,55-1,0</u> 0,60

Приведенные в таблице параметрические критерии являются целостными характеристиками, по сути своей могут служить индентификаторами конкретных генетических типов илов черноморского шельфа. Таким образом, на основе признаковов моделей становится возможным целостное описание, сравнение, а также типизация и классификация генетически однородных образований.

4. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТАВА И СВОЙСТВ ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА

4.1. Теоретические и методические предпосылки изучения пространственной изменчивости состава и свойств шельфовых отложений

Целью настоящей главы является рассмотрение ряда аспектов регионального грунтоведения шельфовых областей, связанных с особенностями пространственной изменчивости состава и свойств шельфовых отложений. Объектом исследований послужили донные осадки северо-западного шельфа Черного моря, сформировавшиеся за время голоценовой трансгрессии черноморского бассейна. Разнообразием условий формирования голоценовых отложений северо-западного шельфа обусловлена их значительная литолого-генетическая пестрота и связанная с этим сложность их регионального инженерно-геологического изучения.

Изучение региональных инженерно-геологических свойств грунтов призвано осуществлять региональное грунтоведение, представляющее собой учение о "...формировании закономерностей пространственного размещения и закономерностей пространственной изменчивости состава и свойств грунтов" (Бондарик, 1981, с.121). В связи с этим главной задачей региональных инженерно-геологических исследований северо-западного шельфа явилось выяснение и описание закономерностей пространственного размещения различных литолого-генетических типов голоценовых осадков и закономерностей пространственной изменчивости показателей их состава, физических и механических свойств.

Наиболее традиционной формой описания подобных закономерностей являются различного рода схемы и карты с оконтуренными

областями пространства, считающимися квазиоднородными по каким-либо признакам - литологическим, геохимическим, инженерно-геологическим и т.п. Данный подход, возникший вследствие приложения традиционно-описательного геологического подхода к решению стоявших задач, при всей своей простоте и наглядности обладает рядом существенных недостатков. Главнейшими из них представляются следующие.

1. Сочленение различных геологических тел далеко не всегда является резким и отчетливым, а имеет характер плавного, постепенного перехода. Среди типов границ выделяемых в геологии - резкостных, дизъюнктивных, условных, произвольных и комбинаторных (Воронин, 1969) в инженерной геологии чаще имеют дело именно с условными геологическими границами (Бондарик, 1971).

2. Выделение квазиоднородных областей ведет к потере значительной доли информации, связанной с огрублением ситуации как в пределах выделяемых геологических тел, так и в пределах всего региона исследований.

3. При закономерном характере пространственной изменчивости состава и свойств выделение квазиоднородных тел является принципиально методически неверным.

4. Данный подход является большей частью чисто качественным и не содержит количественных оценок пространственных закономерностей.

В связи с этим при региональных инженерно-геологических исследованиях в настоящее время чаще отдается предпочтение новому подходу, сформировавшемуся на основе теории пространственной изменчивости инженерно-геологических свойств, созданной Г.К.Бондариком и его школой (Бондарик, 1971, 1981; Бондарик, Иеру-

салимская, 1975; Бондарик и др., 1976; Борейко, 1978; Шешуков, 1978; Сидоркина, 1978; Оздоева, 1981 и др.).

Данная теория основана на важнейшем свойстве геологической среды - ее изменчивости (Бондарик, 1981). Следствием изменчивости является неоднородность геологической среды, проявляющаяся в различии ее свойств в различных точках пространства.

При решении задач классификации и типизации геологических образований, связанных с расчленением геологической среды, существенно важным является характер неоднородности среды, а при решении задач регионального плана - характер пространственной изменчивости.

Характеристика генетической и литологической неоднородности голоценовых осадков северо-западного шельфа Черного моря дана в I и 2 главах диссертации, где описаны главные закономерности пространственного размещения различных генетических и литологических типов шельфовых отложений. Характер инженерно-геологической неоднородности голоценовых осадков рассмотрен в 3 главе диссертации на примере признаков моделей состава и свойств генетических типов илов северо-западного шельфа.

В настоящей главе приведены результаты регионального инженерно-геологического изучения голоценовых осадков северо-западного шельфа и дан анализ главных закономерностей пространственной изменчивости показателей состава, физических и механических свойств.

Проведение региональных исследований с позиции теории изменчивости инженерно-геологических свойств позволяет решать широкий комплекс вопросов, наиболее важными из которых являются следующие.

1. Выявление структуры пространственного распределения состава и свойств отложений района исследований.

2. Количественная оценка закономерностей пространственной изменчивости показателей состава и свойств.

3. Описание характера пространственной изменчивости в наглядной графической и емкой аналитической форме.

4. Восстановление пространственной структуры седиментационной области (ее формы и размеров) по структуре полей показателей состава и свойств.

Теория изменчивости инженерно-геологических свойств в ее пространственном аспекте имеет целью описание региональных закономерностей распределения инженерно-геологических характеристик геологической среды. Под геологической средой в широком смысле "...понимают минеральное вещество, находящееся в твердом, жидком и газообразном состоянии, и присущие ему физические поля" (Бондарик, 1981, с.3).

В своем подходе к геологической среде теория изменчивости инженерно-геологических свойств опирается на ряд собственных понятий и положений. Базовыми понятиями теории изменчивости являются понятия о геологическом теле, геологической границе (Воронин, Гольдина, 1964; Воронин, 1969), геологическом параметре и поле геологического параметра (Бондарик, 1971).

Геологическое тело представляет собой занятую геологической средой связную область пространства, внутри которой остаются непрерывными те геологические параметры, на основе которых выделена граница этой области. Термин "геологический параметр" имеет в данном случае служебное значение и является численным выражением характеристик состава, свойств, строения или состоя-

ния горных пород. Под геологической границей понимают некую поверхность, выделенную на основании геологических параметров, остающихся непрерывными внутри данной области пространства. Полем геологического параметра (геологическим полем) называют область пространства, для которой существует некоторая функция геологического параметра $R(P_z)$, где P_z - любая точка геологического пространства.

Теория изменчивости, несмотря на формализованный подход и широкое применение ряда математических методов, является существенно генетической по своему содержанию. Генетичность содержания теории изменчивости заложена в двух ее аксиомах.

Первая аксиома, известна также как закон В.А. Приклонского, сформулирована так (Бондарик, 1981, с. 141): "... геологическая среда, ее структура, вещественный состав и свойства представляют собой результат (продукт) взаимодействия физических полей некоторой природной динамической системы". Формулировка второй аксиомы дана в следующем виде: "... поля геологических параметров, их структура и характеристики наследуют и в той или иной степени отражают черты поля литогенеза" (Бондарик, 1981, с. 141).

Таким образом, основным методологическим принципом теории изменчивости является положение о зависимости состава и свойств грунтов, а также структуры пространственного распределения их показателей от характера физических полей, контролирующих процессы литогенеза.

Неотъемлемым свойством физических полей (гравитационных, магнитных, гидродинамических и т.д.) является наличие потенциала - количественного выражения различий в состоянии отдельных частей поля. Наличие постоянного потенциала физических полей

области литогенеза обуславливает неслучайную (детерминированную) компоненту полей геологических параметров. Неустойчивость параметров физических полей во времени и в пространстве приводит к формированию случайной компоненты геологических полей. В связи с этим величины показателей состава, свойств и состояния отложений, измеренные в любой точке геологического пространства, необходимо включают закономерную и случайную компоненты полей геологических параметров.

Целостная природа физических полей и непрерывность их параметров в пределах однородной седиментационной области предполагают наличие единой модели для описания закономерностей пространственного распределения характеристик состава и свойств осадков. Для получения этих моделей в теории изменчивости используется метод математического моделирования полей геологических параметров. Главной задачей математического моделирования является разделение закономерной и случайной компонент геологического поля и выявление связи параметров геологического поля с координатами геологического пространства.

С этой целью в практике математического моделирования чаще всего используют гармонические функции (Вистелиус, Яновская, 1963; Вистелиус, Романова, 1964). Тригонометрические функции (Хейсканен, 1964), а также метод полиномиальной аппроксимации (Кшмвейн, 1956; Миллер, Кан, 1965). Последний способ в настоящее время получил наибольшее распространение и широко используется при региональных инженерно-геологических исследованиях (Бондарик, 1971; Бондарик и др., 1976; Борейко, 1978; Шешуков, 1978; Оздоева, 1981; Леонов, 1982, 1983 и др.).

Метод полиномиальной аппроксимации исходит из общего ма-

тематического выражения двухкомпонентного геологического поля:

$$R(\vec{z}) = M[R(\vec{z})] + \Delta R(\vec{z}),$$

где $M[R(\vec{z})]$ - детерминированная компонента (математическое ожидание поля);
 $\Delta R(\vec{z})$ - случайная компонента.

Разделение детерминированной и случайной компонент, получившее название тренд-анализа, достигается решением на ЭВМ системы нормальных уравнений вида:

$$\begin{bmatrix} N & \sum X & \sum Y \\ \sum X & \sum X^2 & \sum XY \\ \sum Y & \sum XY & \sum Y^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_0 \\ z_1 \\ z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum R \\ \sum RX \\ \sum RY \end{bmatrix}$$

относительно неизвестных z_0, z_1, z_2 . Исходные данные для математического моделирования представляются в виде матрицы значений координат точек опробования (X, Y) и величин рассматриваемого параметра (R), измеренных в каждой точке:

$$M = \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & R_1 \\ X_2 & Y_2 & R_2 \\ \dots & \dots & \dots \\ X_N & Y_N & R_N \end{bmatrix}$$

По методу наименьших квадратов ЭВМ подбирает модель, наилучшим способом аппроксимирующую распределение значений параметра в пространстве. Результаты математического моделирования выводятся на печать в виде тренд-поверхностей, карт локального эффекта и уравнений множественной регрессии. Качество модели (ее достоверность) определяется по величине коэффициента корреляции и F - критерию.

Полученные графо-аналитические модели, описывающие структуру пространственного распределения геологических параметров,

правомерно считать структурными моделями состава и свойств изучаемых геологических тел. Данные структурные модели могут быть использованы для решения широкого спектра региональных геологических и инженерно-геологических задач.

Достоверность структурных моделей в значительной степени зависит от представительности экспериментальной основы моделирования и верности задания границ модели. При проведении математического моделирования геологических полей в теории изменчивости считается необходимым обеспечение следующих требований и принципов (Бондарик и др., 1976).

1. Наличие единой методики определения параметров состава и свойств и отсутствие систематических ошибок определений.

2. Строгая геологическая привязка величин параметров, используемых при моделировании.

3. Принцип равнопредставительности, предусматривающий близкое к равномерному опробование по площади.

4. Принцип равноточности, требующий равенства объемов выборок для определения величины параметров.

Обеспечение данных требований в процессе построения экспериментальной основы находится в тесной связи с характером пространственной изменчивости показателей состава и свойств отложений изучаемого региона. В связи с этим представляется необходимым предварительное рассмотрение ряда особенностей пространственной изменчивости состава и свойств голоценовых осадков северо-западного шельфа Черного моря.

4.2. Анализ режима пространственной изменчивости показателей состава и свойств голоценовых осадков северо-западного шельфа

Пространственная изменчивость состава и свойств донных от-

ложений черноморского шельфа изучалась рядом исследователей как на отдельных участках (Пазюк, Рычовская, 1967; Ищенко, 1972, 1975; Баландин, 1975; Баландин, Вардиашвили, 1975), так и по всему региону (Невесский, 1967; Барковская, 1961, 1965, 1975; Шербаков и др., 1978).

Преимущественно литологическая и палеогеографическая направленность данных исследований обусловила преобладающий интерес к характеристикам состава голоценовых отложений. В итоге были выявлены наиболее общие черты пространственной изменчивости состава шельфовых отложений, отвечающих в целом нормальной глубинной дифференциации осадочного материала.

Таким образом, состояние данного вопроса, в особенности с позиций инженерной геологии, нельзя признать удовлетворительным, поскольку не рассмотрены следующие важные аспекты пространственной изменчивости инженерно-геологических свойств.

1. Отсутствуют региональные исследования характера пространственной изменчивости физических и механических свойств чехла голоценовых осадков северо-западного шельфа.

2. Нет совместной оценки вертикальной и латеральной изменчивости показателей состава и свойств.

3. Отсутствуют количественные оценки характера и интенсивности пространственной изменчивости инженерно-геологических показателей.

Для решения этих вопросов были поставлены региональные инженерно-геологические исследования в пределах всего северо-западного шельфа Черного моря с детализацией на опорных участках (рис.1). Результаты региональных исследований позволили по ряду участков провести математическое моделирование геологи-

ческих полей и дать оценку пространственной изменчивости инженерно-геологических характеристик основных генетических типов шельфовых отложений (рис.4.1).

Изучение пространственной изменчивости состава и свойств донных осадков северо-западного шельфа было начато с выработки геостатической гипотезы и анализа вертикальной и латеральной изменчивости. Под геостатической гипотезой понимают "...совокупность геологических представлений о процессах осадконакопления, диагенеза, эпигенеза и истории геологического развития горной породы, минимально необходимую и достаточную для объяснения существующей изменчивости геологического параметра" (Бондарик, 1971, с.18-19). В процессе региональных исследований правильность принятых положений проверяется соответствием геологических гипотез результатам математического анализа - геолого-математический метод (Бондарик, 1981).

Для геостатической гипотезы голоценового осадконакопления на северо-западном шельфе фактами первостепенной важности являются скачкообразно-колебательный характер развития голоценовой трансгрессии Черного моря, геологическое строение и геоморфологические условия северо-западного шельфа (см.разд.1.6,2.1,2.2).

Скачкообразным подъемом уровня моря обусловлена этапность голоценового осадконакопления, которая в условиях северо-западного шельфа проявилась в наличии 2-х основных качественно различных этапов седиментогенеза:

- этапа преобладания опресненных обстановок осадконакопления лагунного, лиманного и лиманно-дельтового типа, имевшего место 7-10 тыс.лет назад при стоянии уровня моря на отметках минус 20-30 м;

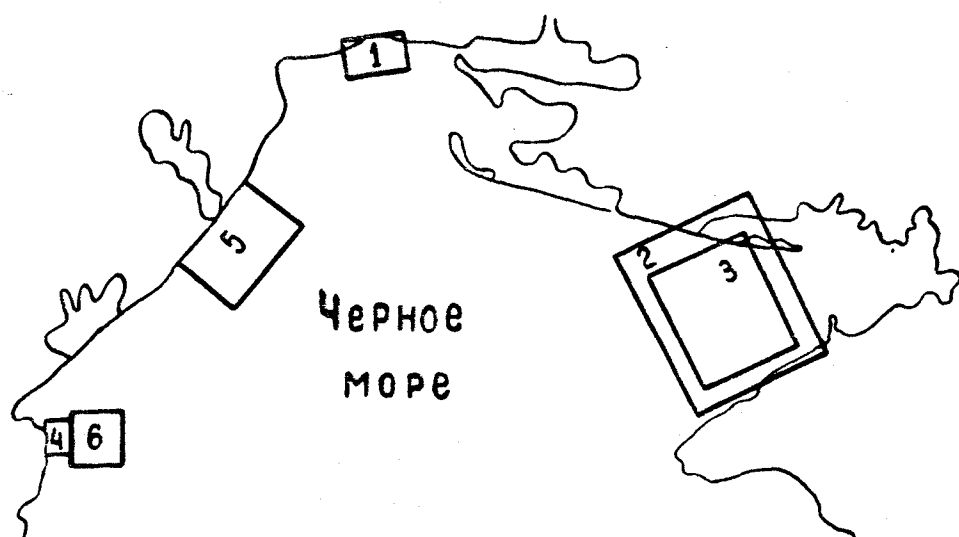


Рис. 4.1. Контуры участков математического моделирования в пределах типичных обстановок осадконакопления северо-западного шельфа Черного моря: 1-Днепровский желоб, 2-Каркинитский морской залив, 3-Каркинитская лагуна, 4-авандельта Дуная, 5-Днестровское взморье, 6-Придунайский участок.

- этапа преобладания существенно морских обстановок осадконакопления с нормальной соленостью вод, начавшегося 5,5-6 тыс. лет назад с выходом уровня моря на современные отметки.

Колебания уровня моря в течение этих двух этапов, по-видимому, должны были вызвать согласованные вариации седиментационного режима во всех частях сформировавшихся обстановок осадконакопления. Данный фактор исторического (временного) порядка осуществлял контроль преимущественно вертикальной изменчивости состава и свойств толщи голоценовых осадков, в структуре которой должны содержаться скачкообразные и скачкообразно-колебательные вариации характеристик состава и свойств.

Наличием на северо-западном шельфе обширных участков, обладающих однородным геолого-геоморфологическим строением, обусловлено возникновение ряда типичных для платформенных шельфов обстановок осадконакопления. Пространственная структура этих обстановок осадконакопления (их форма и размеры) должна была запечатлеться в структуре пространственного распределения состава и свойств донных осадков.

Характеристика обстановок осадконакопления северо-западного шельфа Черного моря дана в разделе 2.3 диссертации. Здесь же, предваряя совместный анализ латеральной и вертикальной изменчивости состава и свойств голоценовых осадков северо-западного шельфа, необходимо кратко сформулировать основные положения принятой геостатической гипотезы.

Структура латеральной изменчивости состава и свойств донных осадков северо-западного шельфа определяется типом шельфовых обстановок осадконакопления - формой, размерами и рельефом дна геоморфологически различных областей шельфа, однородных по

условиям седиментации. В структуре вертикальной изменчивости состава и свойств должны содержаться скачкообразные и колебательные вариации их показателей.

Проверка этих положений предполагает анализ пространственной изменчивости состава и свойств донных осадков в двух срезах - горизонтальном (латеральном) и вертикальном. Предварительный анализ вертикальной и латеральной изменчивости состава и свойств голоценовых осадков северо-западного шельфа, проведенный ранее (Леонов, 1980 б, 1982), позволил сделать следующие выводы:

1. Пространственная изменчивость показателей состава и физических свойств голоценовых осадков северо-западного шельфа соответствует закономерному режиму по латерали и не закономерному - по вертикали.

2. Пространственная изменчивость механических (прочностных) свойств имеет ярко выраженный закономерный режим по вертикали и большей частью не закономерный по латерали.

3. В пределах генетически однородного слоя осадков по амплитуде вариаций характеристик состава и свойств латеральная изменчивость преобладает над вертикальной.

Более детальные исследования были проведены на примере донных осадков Каркинитского залива с изучением пространственной изменчивости комплекса показателей состава и свойств по двум срезам. Для изучения вертикальной изменчивости во внешней, приглубой части Каркинитского залива была пробурена опорная скважина № ПЗ6 с полным отбором керна, а для анализа латеральной изменчивости произведено детальное опробование верхнего (10-20 см) слоя современных осадков. По опорной скважине выпол-

нен комплекс определений состава, физических и механических (прочностных) свойств с интервалом 2-3 см, что позволило получить для колонки мощностью 3,6 м 120-130 значений различных показателей. По слою современных осадков, приблизительно равномерно опробованному на всей акватории залива, проведено определение комплекса показателей состава и свойств в количестве 40-60 значений.

Для характеристики гранулометрического состава использованы процентные содержания ракушечной ($> 2,0$ мм), песчаной (2,0-0,05 мм), алевритовой (0,05-0,001 мм) и глинистой ($< 0,001$ мм) фракций. Из показателей физических свойств определены объемная масса (γ_0 , г/см³), плотность (γ , г/см³), естественная влажность (W , %), пористость (n , %) и показатели пластичности (W_L , W_p , I_p , %). Для оценки прочностных свойств верхнего слоя илов использована величина удельного сопротивления вращательному срезу, определенная по образцам ненарушенного и нарушенного сложения (τ_k , τ_k^H ; $1 \cdot 10^{-4}$ МПа).

Анализ результатов исследований, представленных в графическом виде на рисунках 4.2-4.5 целесообразно провести раздельно, начав с вертикального среза.

Наиболее яркой особенностью распределения всех изученных показателей по колонке является скачкообразное изменение их величин на границе между новоэвксинско-древнечерноморскими лагунными илами и новоэвксинскими илами морского генезиса. Первые сформировались в условиях полузакрытых опресненных лагун, существовавших в новоэвксинское и древнечерноморское время при стоянии уровня моря на отметках минус 20-30 м. Вторые - в условиях морского залива открытого типа, возникшего 5,5-6 тыс. лет

назад по достижении уровня моря современных отметок. В пределах этих двух толщ вертикальная изменчивость показателей состава и физических свойств имеет в целом незакономерный (стационарный) характер, что указывает на относительную устойчивость условий осадконакопления. На фоне общего стационарного режима изменчивости показателей состава и физических свойств выделяется ряд вариаций колебательного характера. Наиболее отчетливо эти вариации просматриваются в изменчивости величин верхнего предела пластичности (W_L). Данный показатель, служащий для глинистых осадков интегральной характеристикой их состава (Шиков, 1959, 1980), и был выоран в качестве основного для анализа вертикальной изменчивости.

В соответствии с теорией изменчивости величина любого геологического параметра складывается из двух компонент — детерминированной и случайной. Детерминированная компонента параметра W_L , характеризующего степень дисперсности осадка, обусловлена степенью активности гидродинамического поля, которая через такие факторы как глубина акватории и удаленность данной точки от берега непосредственно связана с уровнем моря. Случайная компонента параметра W_L обусловлена временными вариациями седиментационного режима (сезонного и многолетнего порядка), а также погрешностями измерений самого параметра. Для исключения влияния случайной компоненты была произведена процедура сглаживания с аппроксимацией изменчивости осредняющей линией (рис. I.4).

Полученная аппроксимирующая кривая имеет четко выраженный колебательный характер с локальными участками максимальных и минимальных значений параметра. Наряду с колебательным ха-

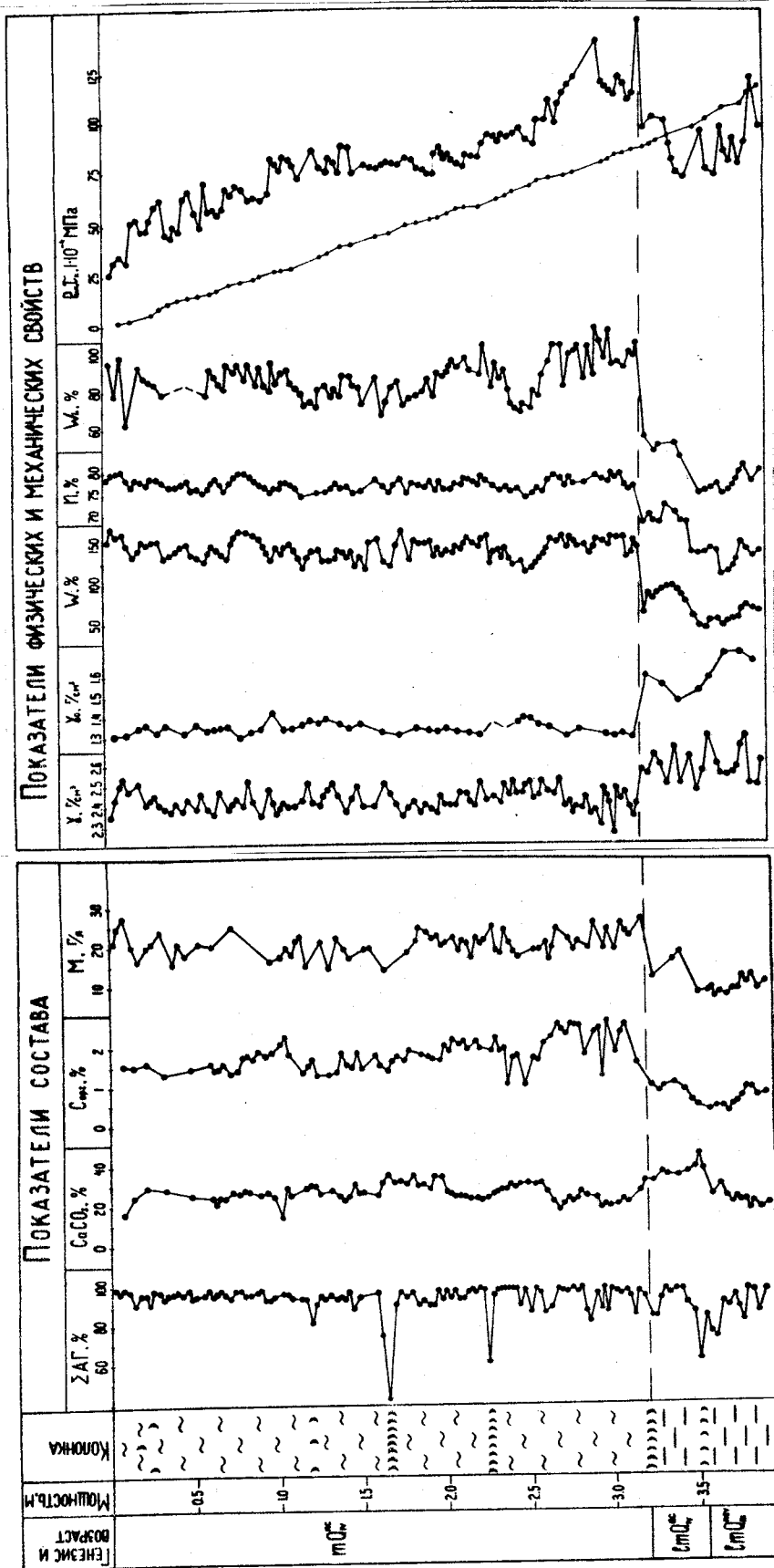


Рис. 4.2-4.3. Схемы вертикальной изменчивости показателей состава и физико-механических свойств голоценовых шлов по опорной скв. № 1136 в Каркинитском заливе. ΣAl - содержание алевро-глинистой фракции (< 0,05 мм), %; CaCO₃ - карбонатность, %; C_{орг} - содержание органического углерода, %; M - минерализация поровых вод, %; X - плотность, г/см³; W₀ - объемная масса, г/см³; W - естественная влажность, %; P - пористость, %; W_L - верхний предел пластичности, %; W_C - сопротивление, бра- щательному срезу, 10⁴ МПа; P_{ср} - бытовое давление толщи осадков, 10⁴ МПа.

рактором кривой необходимо отметить приблизительное равенство расстояний между участками локальных минимумов и максимумов величины показателя W_{ζ} . Достаточно равномерное и, можно сказать, циклическое расположение этих участков находит хорошее объяснение в свете высказанных представлений о характере влияния многовековых климатических циклов А.В.Шнитникова на развитие голоценовой трансгрессии Черного моря (Федоров, 1971; Иванов, Шмуратко, 1982).

Есть все основания полагать, что колебательный характер полученной кривой обусловлен колебаниями уровня моря в голоцене. Максимум значений параметра W_{ζ} , приуроченный к первой вариации, находится в полном соответствии с существующим мнением о превышении уровня Черного моря современных отметок в период климатического оптимума, приходящегося на начало новочерноморского времени (Федоров, 1959, 1977). Следующий далее участок минимальных значений параметра несомненно соответствует регрессивной фазе, выявленной палеогеографическими исследованиями причерноморских лиманов и названной хаджибейской регрессией (Воскобойников и др., 1982). Последующие два минимума на кривой отвечают соответственно фанагорийской и корсуньской регрессиям (Федоров, 1978). Таким образом, характер вертикальной изменчивости состава и свойств голоценовых отложений достаточно хорошо соответствует представлениям об изменении седиментационных условий в голоценовое время. Детальное изучение вертикальной изменчивости состава и свойств шельфовых отложений может служить не только для их инженерно-геологической оценки, но и для выяснения палеогеографических аспектов формирования донных осадков.

Возвращаясь к основной задаче анализа, состоявшей в оценке

пространственной изменчивости состава и свойств с инженерно-Геологических позиций, необходимо, прежде всего, отметить общий стационарный режим вертикальной изменчивости показателей состава и физических свойств в пределах генетически однородного слоя илов. Ни один из рассмотренных показателей состава и физических свойств не содержит тренда по глубине. По вертикали отчетливый тренд имеет только изменчивость показателей прочности (σ_k и R_m), величина которых закономерно возрастает с увеличением мощности (H) и давления ($P_{\text{быт.}}$) вышележащего слоя осадков (рис. 4.3).

Все показатели состава и физических свойств генетически однородного слоя отвечают нормальному закону распределения. Вариации величин показателей по вертикали в пределах генетического типа илов не превышают 20-30%, в то время как различные генетические типы отличаются по величинам показателей в 1,5-2 раза. Подобным режимом вертикальной изменчивости состава и свойств обладают большинство литолого-генетических типов голоценовых отложений северо-западного шельфа (рис. 2.1, 2.2). Результаты исследований вертикальной изменчивости характеристик состава и свойств голоценовых осадков северо-западного шельфа позволяют сделать ряд важных в инженерно-геологическом отношении выводов.

1. Различные генетические типы голоценовых осадков северо-западного шельфа достаточно четко разделяются в вертикальном срезе по скачкообразному изменению величин состава, физических и механических (прочностных) свойств.

2. В пределах генетически однородного слоя осадков изменчивость показателей состава и физических свойств отвечает, как правило, стационарному режиму, а механических (прочностных)

свойств — нестационарному режиму.

3. Подобный характер вертикальной изменчивости состава и свойств позволяет производить обоснованное инженерно-геологическое расчленение толщи голоценовых отложений с осреднением характеристик состава и свойств в пределах генетически однородного слоя.

4. Для показателей состава и физических свойств слоя осадков это осреднение достигается получением характеристик, обобщенных по всему вертикальному срезу, а для прочностных — определений по фиксированной части слоя осадков.

Анализ латеральной изменчивости состава и свойств голоценовых отложений северо-западного шельфа правомерно начать с наиболее простой ситуации (модели). В качестве таковой был рассмотрен верхний (10-20 см) слой донных осадков Каркинитского залива, сформировавшихся при современных известных условиях.

На рисунках 4.4 и 4.5 приведены схемы латеральной изменчивости показателей состава, физических и механических (прочностных) свойств верхнего слоя донных осадков Каркинитского залива, построенные по результатам детальных исследований. Характер латеральной изменчивости состава и свойств полностью отвечает традиционной модели глубинной дифференциации осадочного материала в конечных водоемах стока. С удалением от берега и ростом глубины акватории возрастает дисперсность донных осадков, что сопровождается увеличением процентных содержаний алевритовой и глинистой фракций до 60-70% и 25-30% соответственно, а также уменьшением процентных содержаний ракушечной и песчаной фракций до первых процентов (рис. 4.4). При этом возрастают величины таких физических характеристик как влажность (до 140-160%), пористость (до 80-88%), пластичность (до 30-35%) и изменя-

ются величины объемной массы (до $1,2-1,22 \text{ г/см}^3$) и плотности (до $2,45-2,5 \text{ г/см}^3$) (рис. 4.5).

Из механических характеристик использовались величины удельного сопротивления вращательному срезу, определенные на образцах ненарушенного ($\tilde{\tau}_k$) и нарушенного ($\tilde{\tau}_k^H$) сложения. В целом, с удалением от берега и ростом глубины акватории на фоне возрастания дисперсности и гидрофильности современных илов происходит снижение их прочностных характеристик (рис. 4.5).

В структуре пространственного распределения изученных показателей состава, физических и механических свойств современных осадков Каркинитского залива необходимо отметить три главные особенности.

1. Отчетливо закономерный режим пространственной изменчивости показателей состава и свойств современных осадков Каркинитского залива.

2. Общую обусловленность структуры пространственного распределения состава и свойств формой залива и батиметрией дна.

3. Резкое снижение интенсивности изменчивости показателей с удалением от берега и ростом глубины акватории.

Для проверки и количественной оценки закономерностей пространственной изменчивости состава и свойств был использован ряд математических методов, в частности, регрессионно-корреляционный анализ (Леонов, Воскобойников, 1982) и математическое моделирование полей геологических параметров (Леонов, 1980 б; Леонов, 1982). Методом регрессионно-корреляционного анализа была произведена оценка тесноты связи показателей состава и свойств с такими морфометрическими характеристиками седиментационных бассейнов как протяженность и глубина (табл. 4.1)

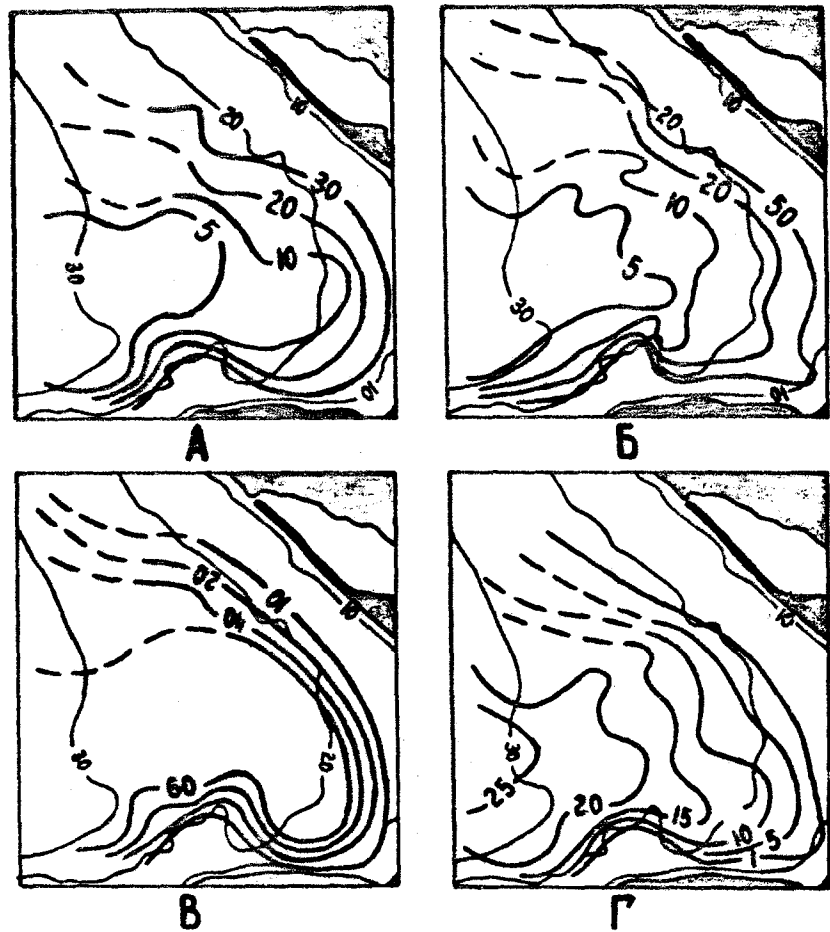


Рис. 4.4. Схемы латеральной изменчивости показателей грансостава слоя 0.0-0.2м современных осадков Каркинитского залива.

А-содержание ракушечной фракции (> 2.0мм), %; Б-содержание песчаной фракции (2.0-0.05мм), %; В-содержание алевритовой фракции (0.05-0.001мм); Г-содержание глинистой фракции (< 0.001мм), %. Тонкой линией показаны контуры берега и изобаты морского дна (в метрах), Жирной линией-изолинии показателей грансостава.

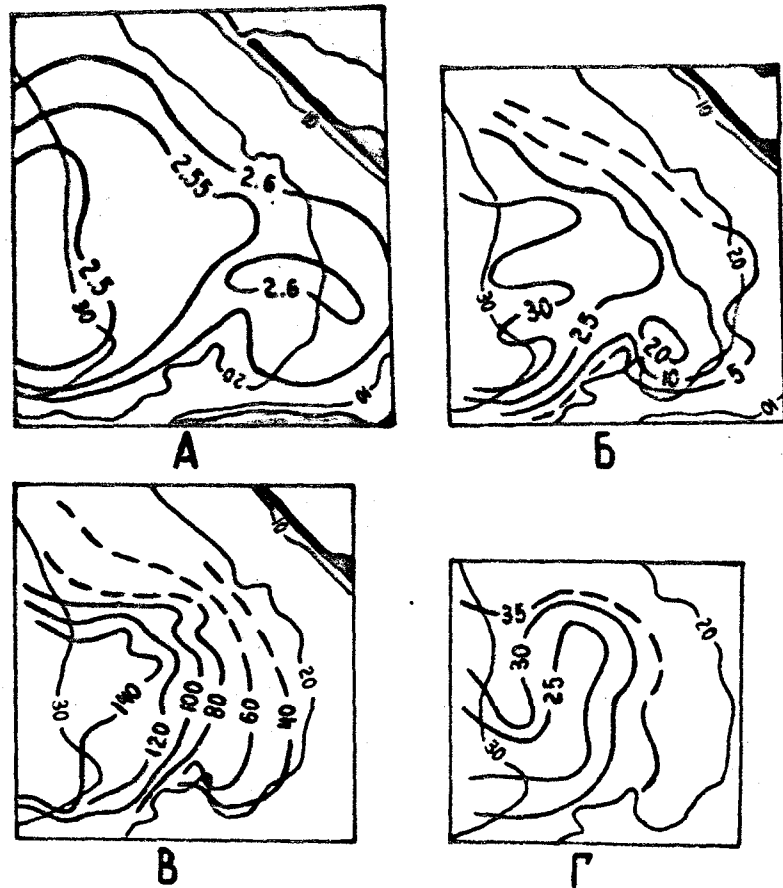


Рис. 4.5. Схемы латеральной изменчивости показателей физико-механических свойств слоя 0.0-0.2м современных осадков Каркинитского залива. А-плотность, г/см³; Б-число пластичности, %; В-естественная влажность, %; Г-сопротивление вращательному срезу, Г · 10⁻⁴ МПа.

Таблица 4.1.

Связь влажности ($W, \%$) и содержания алевро-глинистой фракции ($АГ < 0,05\%$) донных осадков СЗ шельфа с удаленностью от берега ($L, км$) и глубиной акватории ($H, м$)

Типы обстановок ! осадконакопления !	Уравнения связи	! Коэффициент корреляции
Каркинитский морской залив открытого типа.	$W = 96 + 1,55L$	0,27
	$W = -154 + 10H$	0,72
	$АГ = 46 + 1,65L$	0,51
	$АГ = -26,5 + 3,9H$	0,80
	$АГ = -36 + 0,2L + 4,1H$	0,81
Центральный желоб открытого шельфа.	$W = -122 + 11H$	0,80
	$АГ = -0,5 + 3,2H$	0,57
Каркинитский лагунный залив.	$АГ = -81 + 14H$	0,61
Палеоднепровский желоб прибрежного шельфа.	$W = -151 + 22,5H$	0,78
	$АГ = -51 + 9,4H$	0,84
	$АГ = -42 + 35L + 8,8H$	0,91

Результаты анализа, приведенные в таблице указывают на достаточно тесную связь с удаленностью от берега и глубиной акватории. Необходимо отметить, что для большинства показателей глубина акватории является более сильным определяющим фактором, чем удаленность от берега.

Анализ общей структуры пространственного распределения состава и свойств современных осадков Каркинитского залива был произведен методом математического моделирования геологических полей с использованием программы "Тренд-анализ" (Борейко, 1978). Результаты математического моделирования, полученные в графической и аналитической форме, приведены на рис. 4.6 и в таблице 4.2.

Таблица 4.2.

Аналитические характеристики структурных моделей состава и свойств современных отложений Каркинитского залива

Моделируемый показатель	Степень аппроксимирующего полинома	Расчетная величина F-критерия	Теоретическая величина F-критерия для уровней значимости		
			0,1	0,05	0,01
Содержание ракушечной фракции	5	2,97	1,60	1,84	2,36
Содержание песчаной фракции	5	14,35	1,60	1,84	2,36
Содержание алевритовой фракции	5	8,74	1,60	1,84	2,36
Содержание глинистой фракции	5	6,14	1,60	1,84	2,36
Естественная влажность	4	6,06	1,56	1,89	2,46

На рис.4.6 показаны тренд-поверхности математических ожиданий процентных содержаний ракушечной, песчаной, алевритовой и глинистой фракций, а также величины естественной влажности слоя современных осадков. В табл.4.2 приведены аналитические характеристики структурных моделей состава и свойств. Отчетливо видна хорошая сходимости структур пространственной изменчивости показателей, полученных традиционным интерполяционным способом (рис.4.4., 4.5) и методом математического моделирования (рис.4.6). Качественно новой полученной информацией является:

- построение графо-аналитической модели изменчивости характеристик состава и свойств с учетом всей совокупности значений, имевшихся для данного генетического типа шельфовых отложений;

- количественная оценка латеральной изменчивости, свидетельствующая о закономерном ее типе с высоким уровнем значимости 0,05-0,01 (табл.4.2);
- сравнительная количественная оценка закономерностей изменчивости различных показателей, указывающая на снижение тесноты связи с координатами геологического пространства вдоль следующего ряда показателей: содержание песчаной фракции - содержание алевритовой фракции - содержание глинистой фракции - величина естественной влажности - содержание ракушечной фракции.

Главным итогом совместного анализа латеральной и вертикальной изменчивости состава и свойств голоценовых осадков северо-западного шельфа следует признать констатацию возможности построения целостных количественных моделей пространственной изменчивости показателей состава и свойств на основе генетического подхода и процедуры математического моделирования геологических полей. Для осуществления этой возможности необходимо соблюдение приведенных в разделе 4.1 требований с учетом выявленных особенностей пространственной изменчивости состава и свойств, описанных в настоящем разделе.

4.3. Структурные модели состава и свойств как основа региональной характеристики генетических типов шельфовых отложений

Построение структурных моделей состава и свойств голоценовых осадков северо-западного шельфа произведено в соответствии с принятым генетическим подходом, основу которого составляет целостное изучение шельфовых отложений, сформировавшихся в пределах типичных обстановок осадконакопления. Из выделенных на се-

веро- западном шельфе обстановок осадконакопления (разд, 2.3) для построения моделей пространственной изменчивости состава и свойств были выбраны следующие обстановки (рис. 4.1).

1. Днепровский желоб прибрежного шельфа, приуроченный к верхней части палеодолины Днепра, расположенной между современным берегом и Одесской банкой.

2. Каркинитский залив - морской залив открытого типа.

3. Каркинитская лагуна - древнечерноморский опресненный бассейн лагунного типа.

4. Авандельта Дуная.

5. Днестровское взморье - участок прибрежного шельфа между палеодолинами р. Днепр и р. Днестр.

6. Придунайский участок открытого внутреннего шельфа, расположенный восточнее авандельты Дуная.

Донные отложения первых 4-х названных обстановок осадконакопления представлены преимущественно глинистыми фациями, донные же осадки последних двух - фациями песков и ракушечников, что обусловлено преобладающим типом седиментогенеза и характером поступающего материала. Если Днестровское взморье и Придунайский участок представляют собой обстановки осадконакопления с преимущественно волновой аккумуляцией, то Днепровский желоб, Каркинитский залив и древнечерноморская Каркинитская лагуна являются обстановками типично неволновой седиментации. Среди выбранных типов обстановок осадконакопления особое положение занимает авандельта Дуная, представляющая собой участок лавинной седиментации преимущественно алевро-глинистого терригенного материала в условиях активной и сложной гидродинамики, обусловленной взаимодействием речных потоков, а также морского волнения и связанных с ним течений. Перечисленные типы обстановок осадконакоп-

ления достаточно полно охватывают разнообразие седиментационных условий северо-западного шельфа Черного моря и являются наиболее характерными для шельфовых областей.

Как уже говорилось выше, процедуре математического моделирования полей геологических параметров предшествует операция построения экспериментальной основы моделирования, которая предусматривает соблюдение следующих требований (Бондарики др., 1976).

1. Единая методика определения показателей состава и свойств и отсутствие систематических ошибок. Это требование обеспечено использованием показателей, полученных в одной лаборатории (ПЛИГ ОГУ) по методикам ГОСТа либо с соблюдением единой общепринятой методики определения таких нестандартизованных показателей как удельное сопротивление вращательному срезу.

2. Строгая геологическая привязка величин параметров, используемых при моделировании. Данное требование строго выполнялось в соответствии с принятой схемой стратиграфического расчленения, отвечающей этапности голоценового осадконакопления на северо-западном шельфе (разд. I.4, I.6).

3. Принцип равнопредставительности, требующий равнопредставительного опробования всех частей модели. Соблюдение этого принципа достигалось равномерным расположением точек опробования (участки 2-6), либо покрытием участка опорными профилями, заданными вдоль главных направлений изменчивости (участок I).

4. Принцип равноточности, требующий равенства объемов выборок для определения величины параметров. Строго соблюден для отложений мощностью 2 м и более (участки 1,2). Для генетически однородных осадков меньшей мощности в соответствии с установленным стационарным типом вертикальной изменчивости состава и

свойств и преобладанием латеральной изменчивости над вертикальной принято допущение о достаточности выборок меньшего объема.

Немаловажной операцией при моделировании является задание границ модели. Существующая методика математического моделирования, к сожалению, не позволяет задаваться криволинейными контурами моделей, а ограничена квадратной и прямоугольной формой границ моделей. К тому же в практике моделирования 10% площади модели отводится на область искажений параметра. В связи с этим при установлении границ моделей мы стремились с одной стороны к возможно более полному охвату контуров обстановок осадконакопления, а с другой - к минимизации площади искажений.

В качестве моделируемых параметров использованы следующие характеристики состава, физических и механических свойств: процентные содержания ракушечной ($> 2,0$ мм), песчаной (2,0-0,05 мм), алевритовой (0,05-0,001 мм), алевро-глинистой ($< 0,05$ мм) и глинистой ($< 0,001$ мм) фракций; величина естественной влажности ($W, \%$); показатели пластичности ($W_L; I_p, \%$) и величина удельного сопротивления вращательному срезу ($\tau_k, \text{г} \cdot 10^{-4} \text{МПа}$).

Математическое моделирование полей геологических параметров проведено с использованием программы "Тренд-анализ", составленной с.н.с. ИГН АН УССР Л.Г.Борейко (1978). По каждому типу обстановок осадконакопления получено от 3 до 7-8 моделей. Ниже приведено описание наиболее характерных структурных моделей состава и свойств голоценовых отложений основных типов седиментационных обстановок северо-западного шельфа.

Днепровский желоб. Модели пространственной изменчивости построены по верхнему 3-х метровому слою новочерноморских осадков. Форма седиментационного бассейна и донный рельеф нашли достаточно четкое отражение в структуре полей показателей состава

ва и свойств (рис.4.7). Наибольшей интенсивностью изменчивости величин состава и свойств характеризуются осадки краевых, мелководных частей Днепровского желоба. В пределах же центральной глубоководной части желоба изменчивость величин показателей незначительна.

С ростом глубины акватории уменьшаются содержания ракушечной и песчаной фракций; при этом увеличиваются содержания алевроитовой и глинистой фракций, а также величины естественной влажности и показателей пластичности.

Для региональной характеристики прочностных свойств илов Днепровского желоба построена модель пространственной изменчивости величин удельного сопротивления вращательному срезу подошвы 2-х метрового слоя. С ростом глубины акватории прочность илов уменьшается от 80-90 до 60-70 $\Gamma \cdot 10^{-4}$ МПа. Данная тенденция преимущественно связана с уменьшением упрочняющего бытового давления толщи вышележащих осадков, величина которого при постоянной мощности непосредственно зависит от объемной массы грунтов.

Наличие тренда, указывающего на закономерный тип пространственной изменчивости, определяется из условия превышения расчетного значения F -критерия теоретического. Из рассмотренного комплекса показателей закономерным типом изменчивости обладают только показатели содержания глинистой фракции и число пластичности (табл.4.3).

Таблица 4.3.

Аналитические характеристики структурных моделей состава и свойств новочерноморских отложений Днепровского желоба

Моделируемый показатель	!Степень !аппроксимирующе-го полинома	!Расчет-ная ве-личина !F-кри-терия	!Теоретическая величина F-критерия для уровня значимости		
			0,1	0,05	0,01
Содержание глинистой фракции (< 0,001 мм)	2	4,67	2,35	3,03	4,86
Число пластичности	2	4,16	2,35	3,03	4,86
Естественная влажность	2	3,83	4,05	6,26	15,52
Удельное сопротивление вращательному срезу	2	2,01	4,05	6,26	15,52

Все полученные модели пространственной изменчивости состава и свойств новочерноморских осадков Днепровского желоба описываются уравнениями второго порядка и характеризуют главные, наиболее общие особенности пространственного распределения их показателей. Для построения моделей, более адекватно описывающих пространственное распределение состава и свойств, необходимо привлечение более представительного экспериментального материала.

Каркинитский залив. Каркинитский залив представляет собой морской залив открытого типа, сформировавшийся на последнем этапе голоценовой трансгрессии с достижением уровня моря современных отметок. За последние 5-6 тыс. лет в пределах Каркинитского залива отложилась мощная толща (до 3-4 м и более) донных осадков различной литологии. В течение новочерноморского времени условия осадконакопления в целом были схожи с современными, о чем свидетельствует подобие структур пространственного распределения показателей состава и свойств, установленных для современных осадков (рис. 4.4, 4.5) и всей толщи новочерноморских

отложений (рис.4.8). Пространственная изменчивость показателей состава и физических свойств в целом отвечает традиционной схеме глубинной дифференциации осадочного материала.

Наиболее отчетливо форма бассейна и характер донного рельефа запечатлелись в структуре полей гранулометрического состава и показателей пластичности донных осадков. Поля этих показателей обладают также и наилучшей сопоставимостью между собой. Некоторые искажения структуры полученных полей состава и физических свойств отмечены в краевой северной и северо-западной частях моделей, где изолинии показателей отклоняются к берегу.

Для региональной оценки прочности глинистых фаций построена модель пространственной изменчивости величин удельного сопротивления вращательному срезу, определенных по подошве слоя новочерноморских илов. Структура латеральной изменчивости прочности новочерноморских илов Каркинитского залива (рис.4.8) во многом аналогична структуре, выявленной для современных илов залива (рис.4.5) и илов Днепровского желоба (рис.4.7). С удалением от берега и ростом глубины акватории прочность илов понижается. Отличительной особенностью является расположение области минимальных значений прочности подошвы новочерноморских илов не в центральной осевой части Каркинитского залива, а значительно южнее - вдоль полуострова Тарханкут. Данная особенность обусловлена характером распределения мощности и величины бытового давления слоя новочерноморских осадков.

Область минимальных значений величин τ_k на модели (рис.4.8) совпадает с областью минимальной мощности (а значит и бытового давления) на карте литофаций новочерноморских осадков (рис.1.5) чем, по-видимому, и обусловлена деформация первоначальной сингенетической структуры поля, возникшая как следствие про-

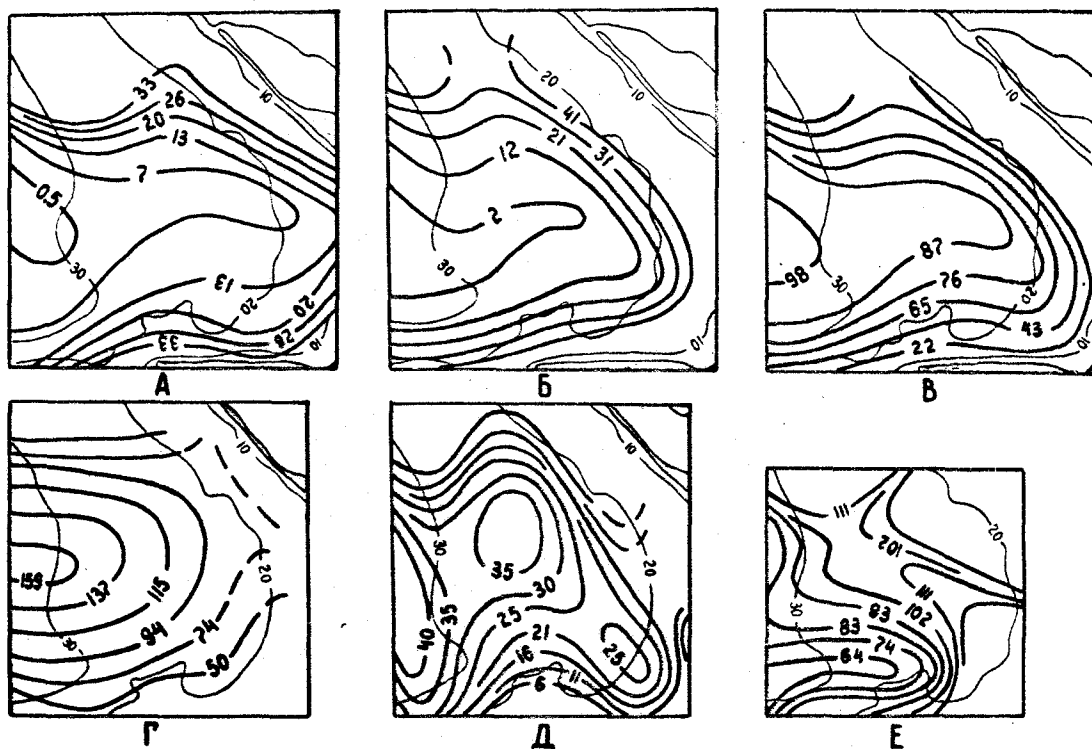


Рис. 4.8. Структурные модели показателей состава и физико-механических свойств слоя новочёно-морских осадков (mQ_w^{nc}) Каркинитского залива. А-содержание ракушечной фракции, %; Б-содержание песчаной фракции, %; В-содержание алевро-глинистой фракции, %; Г-естественная влажность, %; Д-число пластичности, %; Е-сопротивление вращательному срезу, $1 \cdot 10^{-4}$ МПа.

цессов диагенеза. Соответствие пространственной изменчивости величин T_k закономерному типу (табл. 4.4) указывает на значимость региональных отличий прочности новочерноморских илов Каркинитского залива.

Таблица 4.4.

Аналитическая характеристика структурных моделей состава и свойств новочерноморских осадков Каркинитского залива

Моделируемый показатель	Степень аппроксимации по критерию Фишера	Расчетная величина F -критерия	Теоретическая величина F -критерия для уровня значимости		
			0,1	0,05	0,01
Содержание ракушечной фракции	5	3,0	1,54	1,75	2,2
Содержание песчаной фракции	5	10,48	1,54	1,75	2,2
Содержание алевро-глинистой фракции	5	9,42	1,54	1,75	2,2
Верхний предел пластичности		14,06	1,60	1,82	2,33
Число пластичности	5	8,86	1,60	1,82	2,33
Естественная влажность	5	6,81	1,67	1,89	2,46
Удельное сопротивление вращательному срезу	5	2,96	2,01	2,46	3,66

Пространственная изменчивость всех рассмотренных показателей состава и свойств подчиняется закономерному типу с уровнями значимости 0,05-0,01, что указывает на высокую достоверность полученных моделей.

Каркинитская лагуна древнечерноморского возраста. В древнечерноморское время при стоянии уровня моря на отметках минус 20-30 м на территории Каркинитского залива существовал опресненный бассейн лагунного типа со сложными, во многом еще не выявленными очертаниями берега и рельефом дна. Поскольку в настоящее время береговая линия древнечерноморского бассейна располагает-

ся на глубинах 17-22 м, при построении экспериментальной основы моделирования за границу моделей принята изобата 20 м. Таким образом, участки пространства, расположенные в пределах 20-ти метровой изобаты и выше, необходимо относить к областям контурных искажений структуры моделей.

Всю совокупность выбранных для моделирования показателей состава и свойств можно разбить на показатели сингенетической и сложной сингенетически-диагенетической природы. К сингенетическим показателям относятся, прежде всего, характеристики состава донных осадков - процентные содержания различных гранулометрических фракций и показатели пластичности, как интегральные характеристики состава. Вторую группу показателей составляют величины естественной влажности и прочности древнечерноморских илов.

Среди рассмотренной совокупности показателей наиболее тесно с координатами геологического пространства связаны показатели пластичности и содержания песчаной и алевро-глинистой фракций (табл.4.5). Структуры полей этих показателей хорошо сопоставляются между собой и имеют сравнительно простой вид (рис.4.9). Все сказанное несомненно свидетельствует о достаточно четком отражении в структуре полученных моделей морфометрии седиментационного бассейна и возможности восстановления формы, размеров и характера донного рельефа древнечерноморской лагуны.

Таблица 4.5.

Аналитическая характеристика структурных моделей состава и свойств отложений Каркинитской лагуны древнечерноморского времени

Моделируемый показатель	! Степень! приближенно!	! Расчетная величина!	! Теоретическая величина F-критерия для уровня значимости		
			! 0,1	! 0,05	! 0,01
I	! 2	! 3	! 4	! 5	! 6

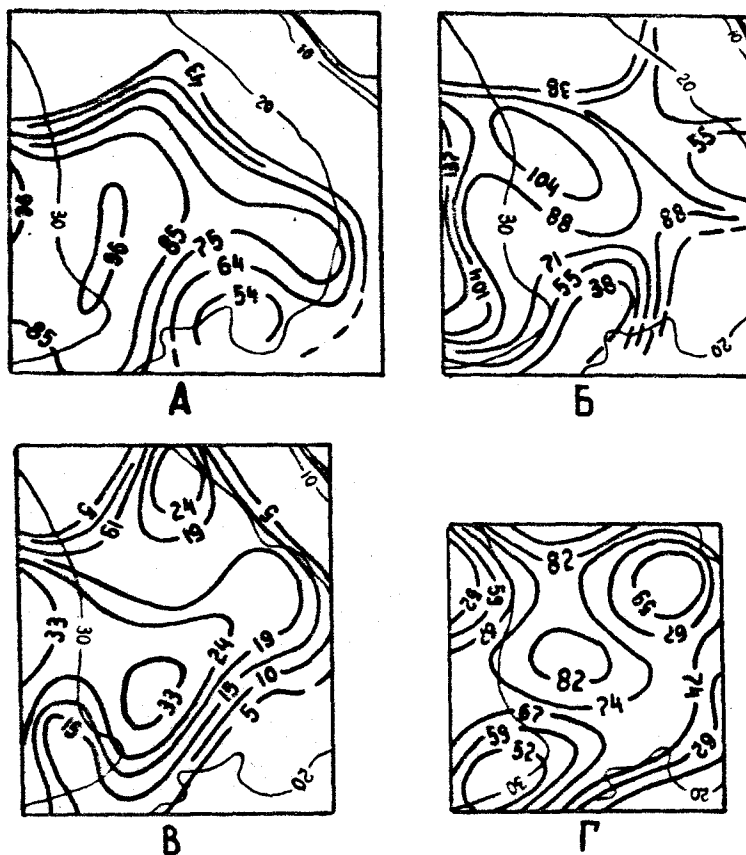


Рис. 4.9. Структурные модели показателей состава и физико-механических свойств древнечерноморских осадков ($lm Q_{IV}^{dc}$) Каркинитской лагуны. А-содержание алевро-глинистой фракции, %; Б-естественная влажность, %; В-число пластичности, %; Г-сопротивление вращательному срезу, $1 \cdot 10^{-4}$ МПа.

I	!	2	!	3	!	4	!	5	!	6
Содержание ракушечной фракции		5		0,88		1,76		2,07		2,88
Содержание песчаной фракции		5		0,97		1,76		2,07		2,88
Содержание алевроглинистой фракции		5		5,67		1,76		2,07		2,88
Число пластичности		5		2,7		1,79		2,14		2,97
Естественная влажность		5		1,78		1,72		2,01		2,7
Удельное сопротивление вращательному срезу		4		2,95		1,9		2,29		3,27

Региональные особенности процессов диагенеза выявляются на моделях пространственной изменчивости, прочности и влажности древнечерноморских лагунных илов. Характер изменчивости влажности и прочности илов Каркинитской лагуны (рис.4.9) существенно отличается от изменчивости этих показателей у современных и новочерноморских илов Каркинитского залива (рис.4.8). Прежде всего, изолинии величин влажности и прочности лагунных илов почти не повторяют контуры бассейна и изобат, а образуют локальные участки максимумов и минимумов значений параметров. Максимальные значения прочности лагунных илов приурочены не к прибрежной, а к центральной части лагуны. Высокая величина влажности илов в этой части лагуны (90-100%) указывает на то, что прочность илов не связана с их консолидационным уплотнением. Повышенные значения прочности древнечерноморских илов в центральной и восточной частях лагуны находятся в хорошем соответствии с характером распределения мощности (а значит и давления) слоя перекрывающих осадков (рис.1.4, 1.5). Необходимо отметить, что из всех структурных моделей прочности голоценовых илов северо-западного шельфа наиболее тесно с координатами геологического пространства связана прочность древнечерноморских илов Каркинитского лагуны - самых

древних по возрасту и в наибольшей степени подвергшихся процессам диагенеза.

Несмотря на сложность структуры полученных моделей, большая их часть отвечает закономерному типу пространственной изменчивости с уровнями значимости $0,1-0,05$, что позволяет использовать данные модели для региональных оценок состава и свойств древнечерноморских осадков Каркинитского залива.

Авандельта Дуная. Килийская часть авандельты Дуная представляет собой участок лавинной седиментации терригенного материала, выносимого на шельф через Килийское гирло. Процессы осадконакопления, которые контролируются гидродинамической активностью прибрежной части моря и воздействием вод Дуная, характеризуются большой сложностью и неоднородностью во времени и пространстве. Данные особенности нашли отражение в структуре пространственной изменчивости показателей состава и свойств авандельтовых отложений.

При построении экспериментальной основы главные трудности были сопряжены со сложностью стратификации толщи осадков и выбором одновозрастных слоев, а также с недостаточным количеством точек опробования, что не позволило строго соблюсти принцип равноточности.

Мощность толщи преимущественно глинистых отложений авандельты Дуная в пределах участка моделирования увеличивается по направлению к берегу от $0,3-0,5$ м до $4-5$ и более метров. Для анализа пространственной изменчивости состава и свойств был выбран верхний от поверхности $1,5-2$ -х метровый слой осадков.

Сложность процессов осадконакопления нашла отражение в характере пространственной изменчивости показателей состава и свойств авандельтовых отложений, обусловив преимущественно не-

закономерный режим пространственной изменчивости показателей (табл.4.6).

Таблица 4.6.

Аналитические характеристики структурных моделей состава и свойств донных отложений авандельты Дуная

Моделируемый показатель	! Степень ! ! аппрокси- ! мирующе- ! го поли- ! нома	! Расчет- ! ная ве- ! личина ! ! F -кри- ! терия	! Теоретическая величина ! ! F -критерия для уровня ! ! значимости		
			0,1	0,05	0,01
Содержание алевритовой фракции	3	5,53	5,24	8,81	27,34
Содержание глинистой фракции	3	3,74	5,24	8,81	27,34
Естественная влажность	2	2,80	2,88	3,97	7,46
Удельное сопротивление вращательному срезу	2	0.79	9,29	19,30	99,3

Однако, подобие структур пространственного распределения показателей может служить определенным свидетельством достоверности полученных моделей и правомерности выводов о главных особенностях пространственной изменчивости состава и свойств отложений авандельты Дуная. Прежде всего необходимо отметить, что главное направление изменчивости ориентировано по нормали к фронту дельты и изобатам морского дна. При движении от фронта дельты с возрастанием глубины акватории дисперсность осадков сначала резко увеличивается, а затем опять начинает снижаться (рис.4.10). Наиболее тонкодисперсные отложения с содержанием алевро-глинистой фракции 95-98% залегают между изобатами 10-15 м. К этим же глубинам приурочены и максимальные величины таких физических свойств как влажность, пористость и пластичность. Видимо, на этом участке создаются наиболее благоприятные условия для выпадения тонкодисперсных частиц из взвеси.

Для оценки пространственного распределения прочности по-

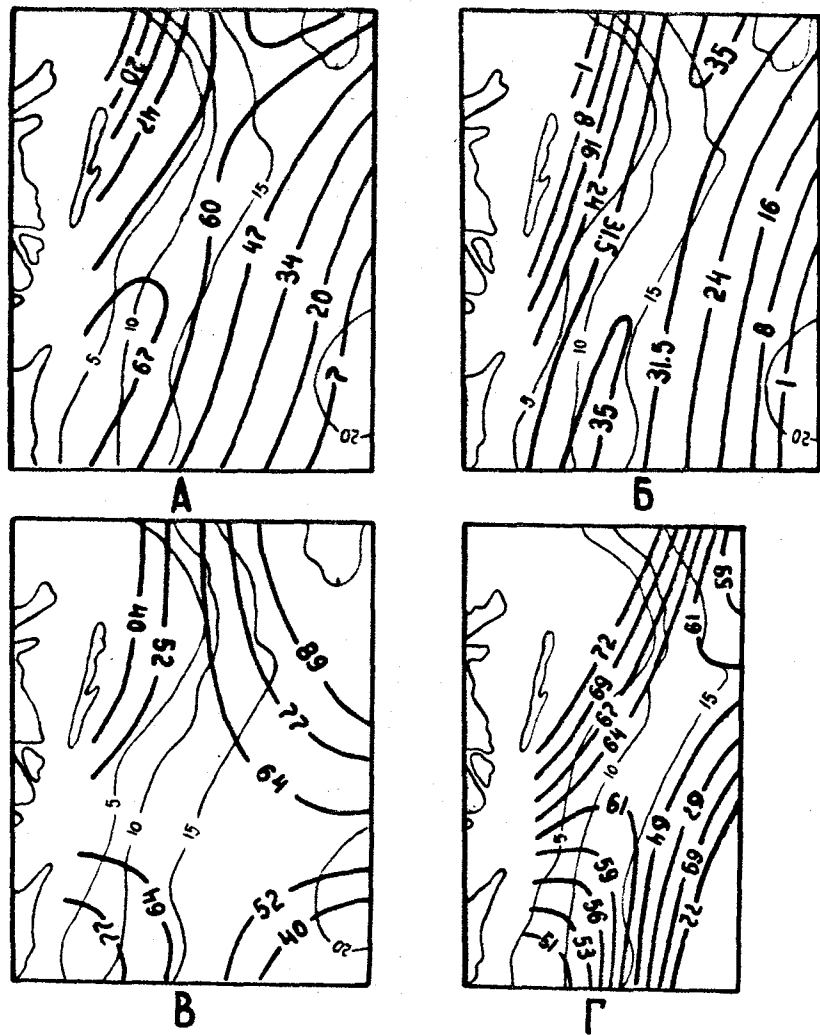


Рис. 4.10. Структурные модели показателей состава и физико-механических свойств отложений современной авандельты Дуная ($a-mQ_{IV}^{nk}$).
 А-содержание алевритовой фракции, %; Б-содержание глинистой фракции, %; В-естественная влажность, %; Г-сопротивление вращательному срезу, $1 \cdot 10^{-4}$ МПа.

строена модель изменчивости величин удельного сопротивления вращательному срезу подошвы 1,5-метрового слоя ^навандельтовых илов. Прочность молодых авандельтовых илов, возраст которых не превышает первых тысяч лет уменьшается с ростом дисперсности осадков. Минимальные значения величины τ_k , равные 55-60 $\Gamma \cdot 10^{-4}$ МПа, приурочены к изобатам 10 и 15 метров, где залегают наиболее тонкодисперсные илы.

В целом, учитывая сложность и неоднородность процессов осадконакопления в районе авандельты Дуная, а также недостаточную обоснованность экспериментальной основы, полученные модели могут рассматриваться как схематические, описывающие главные тенденции пространственной изменчивости состава и свойств авандельтовых отложений.

Днестровское взморье. Днестровское взморье расположено на водораздельном участке между палеодолинами Днестра и Днестра. Преобладающими являются фации песков и ракушечников новочерноморского возраста. В связи с этим при анализе латеральной изменчивости были использованы только характеристики гранулометрического состава донных осадков - процентные содержания ракушечной, песчаной и алевро-глинистой фракций. Вариации мощности слоя новочерноморских осадков от первых десятков сантиметров до 2-3 м не позволили строго соблюсти принцип равноточности, что, безусловно, отразилось на качестве полученных моделей. Все полученные модели пространственного распределения характеристик состава обладают достаточно сложной структурой, включающей несколько локальных участков минимальных и максимальных значений параметров (рис. 4. II). Региональные направления изменчивости отчетливо не выделяются - на одних участках главные направления

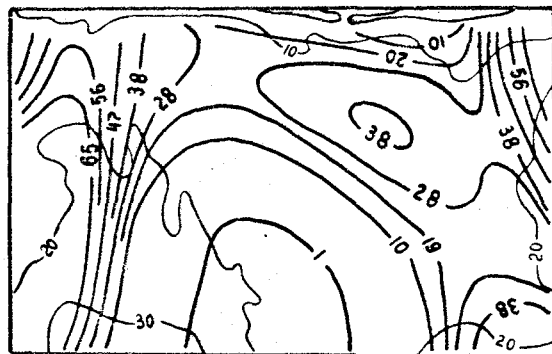
изменчивости параллельны берегу и изобатам, на других же - направлены под углом или по нормали к ним.

Среди показателей состава закономерному типу пространственной изменчивости подчиняются только содержания алевро-глинистой фракции с довольно невысоким уровнем значимости равным 0,1 (табл.4.7). Максимальные значения алевро-глинистой фракции приурочены к краевым, более глубоководным восточной и южной частям взморья, а также к устью Днестровского лимана, где выносятся большое количество тонкозернистого материала. Высокие содержания песчаной фракции отмечены в прибрежной полосе и в центральной части взморья - в районе Днестровской банки и других аккумулятивных песчаных тел. Наименее закономерный характер пространственной изменчивости имеют, как обычно, содержания ракушечной фракции, контролируемые не столько активностью гидродинамического поля, сколько характером функционирования биоценозов. Структура пространственного распределения ракушечной фракции, кроме того, существенно отличается от структур распределения песчаной и алевро-глинистой фракции.

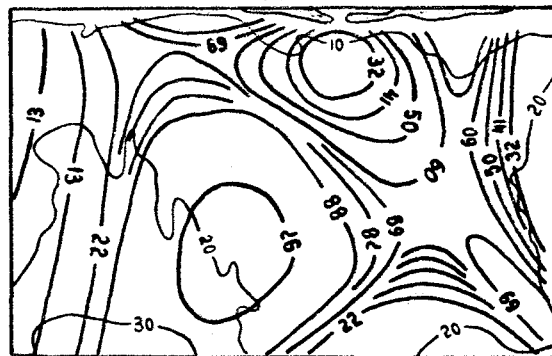
Таблица 4.7

Аналитические характеристики структурных моделей состава и свойств новочерноморских отложений Днестровского взморья

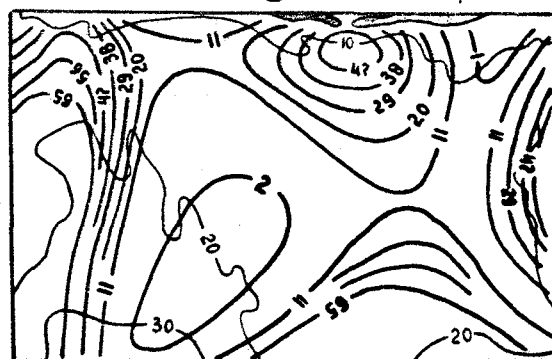
Моделируемый показатель	!Степень !аппроксимирующе-го полинома	!Расчет-ная величина !F ² -критерия	!Теоретическая величина !F ² -критерия для уровней значимости	0,1	0,05	0,01
Содержание ракушечной фракции	5	0,92	1,78	2,10	2,88	
Содержание песчаной фракции	5	1,69	1,78	2,10	2,88	
Содержание алевро-глинистой фракции	5	2,08	1,78	2,10	2,88	



А



Б



В

Рис. 4. II. Структурные модели показателей грансостава новочерноморских осадков (mQ_w^V) Днестровского взморья.

А-содержание ракушечной фракции, %; Б-содержание песчаной фракции, %; В-содержание алевро-глинистой фракции.

Несмотря на несовершенство экспериментальной основы моделирования, полученные модели отражают в общих чертах характер пространственной изменчивости состава новочерноморских осадков Днестровского взморья, которая должна классифицироваться как преимущественно незакономерная.

Придунайский участок открытого шельфа. Придунайский полигон расположен в пределах открытого выровненного шельфа мористее акватории авандельты Дуная. Покровный чехол голоценовых отложений представлен исключительно песками и ракушечниками новочерноморского времени. Мощность слоя новочерноморских осадков изменяется от 20-30 см до 2-2,5 м.

Как в предыдущем случае математическое моделирование проведено с использованием характеристик гранулометрического состава по экспериментальной основе с нестрогим соблюдением принципа равноточности. По сравнению с Днестровским взморьем Придунайский участок характеризуется тесной связью показателей состава с координатами геологического пространства (табл.4.8), что свидетельствует о более однородных и простых условиях осадконакопления на этом участке. Подтверждению этого служит также простота структур пространственной изменчивости показателей состава (рис.4.12).

Таблица 4.8.

Аналитические характеристики структурных моделей состава и свойств новочерноморских отложений Придунайского участка открытого шельфа

Моделируемый показатель	! Степень ! аппрокси- ! мирующего ! полинома !	! Расчет- ! ная ве- ! личина ! F-кри- ! терия	! Теоретическая величина ! F-критерия для уров- ! ней значимости							
			! 0,1	! 0,05	! 0,01					
I	!	2	!	3	!	4	!	5	!	6
Содержание ракушечной фракции		2		1,38		2,21		2,77		4,25

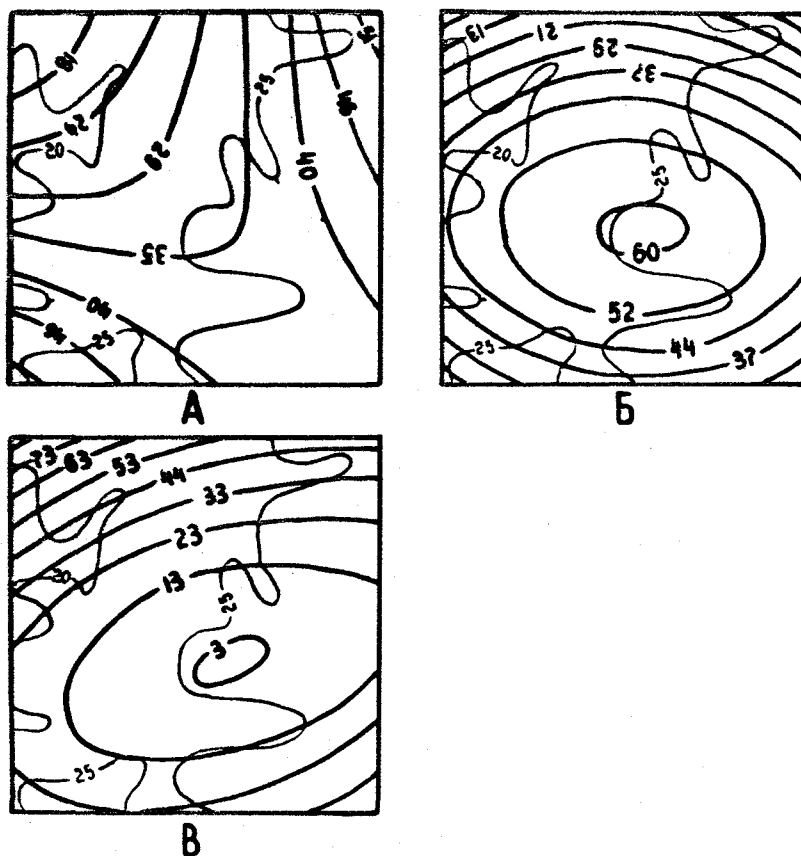


Рис. 4.12. Структурные модели показателей грансостава новочерноморских (mQ_{IV}^{nc}) осадков Придунайского участка открытого шельфа.
А-содержание ракушечной фракции, %; Б-содержание песчаной фракции, %; В-содержание алевро-глинистой фракции, %.

	I	!	2	!	3	!	4	!	5	!	6
Содержание песчаной фракции			2		2,73		2,21		2,77		4,25
Содержание алевро-глинистой фракции			2		3,65		2,21		2,77		4,25

Из рассмотренной совокупности показателей состава донных осадков Придунайского взморья, не закономерным режимом пространственной изменчивости обладают только процентные содержания ракушечной фракции. Аналогично моделям Днестровского взморья, структура пространственного распределения ракушечной фракции плохо согласуется со структурами распределения песчаной и алевро-глинистой фракций. Приуроченность максимальных содержаний песчаной фракции (55-60%) к контрольной части участка связана с переработкой в процессе голоценовой трансгрессии древних аллювиальных и морских песчаных тел. Наибольшие содержания алевро-глинистой фракции (60-80%) приурочены к северо-западной части, в пределах которой отлагается часть наносов, выносимых на шельф через Килийское гирло р. Дунай. Достаточно высокие доверительные вероятности полученных структурных моделей (90-95%) позволяют считать их хорошей основой для оценки характера пространственной изменчивости состава новочерноморских осадков Придунайского взморья.

Подводя итог проведенным исследованиям, представляется необходимым сформулировать главные выводы и выделить основные закономерности пространственной изменчивости показателей состава и свойств голоценовых осадков северо-западного шельфа. Узловыми вопросами при анализе пространственной изменчивости состава и свойств грунтов являются:

- определение режима пространственной изменчивости с отнесением

- его к закономерному или закономерному режиму;
- описание структуры пространственного распределения показателей состава и свойств, а также характера ее обусловленности морфометрическими особенностями седиментационной обстановки;
- определение главных направлений изменчивости показателей состава и свойств;
- оценка тесноты связи различных показателей с координатами геологического пространства.

Решение этих вопросов осуществлялось с учетом двух главных принципов, положенных в основу региональных инженерно-геологических исследований северо-западного шельфа Черного моря: принципа генетического подхода, состоявшего в выделении генетических типов шельфовых отложений, приуроченных к типичным обстановкам осадконакопления северо-западного шельфа; принципа целостного инженерно-геологического изучения выделенных генетических типов осадков с выделением и описанием присущих им региональных закономерностей пространственной изменчивости состава и свойств. Региональным исследованиям были подвергнуты отложения 6 типов обстановок осадконакопления, которые в целом охватывают все разнообразие седиментационных условий на шельфе. Для данных 6 генетических типов шельфовых отложений методом математического моделирования получено около 50 структурных моделей их состава и свойств. Из всей совокупности полученных моделей приведены и описаны 37 наиболее характерных. С целью обобщения и количественной оценки установленных закономерностей результаты математического моделирования представлены в сводном аналитическом виде (табл. 4.9), где приведены величины F - критериев: расчетные и теоретические для уровней значимости 0,05 и 0,01.

Анализ результатов исследования пространственной изменчи-

Таблица 4.9

Характеристика структурных моделей
состава и свойств основных генетических типов голоценовых
отложений северо-западного шельфа Черного моря

№ п/п	Типы обстановок осадко-накопления северо-западного шельфа Черного моря	Расчетные и теоретические величины F-критериев						F расч.	
		ΣP	$\Sigma \Pi$	ΣA	$\Sigma A \Gamma$	$\Sigma \Gamma$	I_p	W	\bar{V}_k
1.	Днепровский желоб	<u>2,9</u>	<u>5,6</u>	<u>3,9</u>		<u>4,6</u>	<u>4,2</u>	<u>3,8</u>	<u>2,0</u>
		3,0 4,9	3,0 4,9	3,0 4,9		3,0 4,9	3,0 4,9	6,3 15,5	6,3 15,5
2.	Каркинитский морской залив:								
	- слой современных (0,0-0,2 мм) осадков	<u>3,0</u>	<u>14,4</u>	<u>8,7</u>		<u>5,1</u>		<u>6,1</u>	
		1,8 2,4	1,8 2,4	1,8 2,4		1,8 2,4		1,9 2,5	
	- толща новочерноморских осадков	<u>3,0</u>	<u>10,5</u>		<u>9,4</u>		<u>8,9</u>	<u>6,8</u>	<u>3,0</u>
		1,7 2,2	1,7 2,2		1,7 2,2		1,8 2,3	1,9 2,5	2,5 3,7
3.	Каркинитская лагуна	<u>0,8</u>	<u>9,0</u>		<u>5,7</u>		<u>2,7</u>	<u>1,8</u>	<u>2,9</u>
		2,1 2,8	2,1 2,8		2,1 2,8		2,1 2,9	2,0 2,7	2,3 3,3
4.	Авандельта Дуная	<u>3,4</u>	<u>4,1</u>	<u>5,5</u>		<u>3,7</u>		<u>2,8</u>	<u>0,8</u>
		8,8 27,3	8,8 27,3	8,8 27,3		8,3 27,3		4,0 7,5	19,3 99,3
5.	Днестровское взморье прибрежного шельфа	<u>0,9</u>	<u>1,7</u>		<u>2,1</u>				
		2,1 2,9	2,1 2,9		2,1 2,9				
6.	Придунайский участок открытого шельфа	<u>1,4</u>	<u>2,8</u>		<u>3,6</u>				
		2,8 4,2	2,8 4,2		2,8 4,2				

ности состава и свойств голоценовых осадков северо-западного шельфа целесообразно начать с выявления наиболее общих закономерностей. В порядке от общего к частному, можно сформулировать следующие выводы:

1. Из 37 структурных моделей состава и свойств голоценовых осадков северо-западного шельфа 2Г модель отвечает закономерному, а 1б - незаконномерному режиму пространственной изменчивости, что позволяет говорить об общем преобладании закономерного характера пространственной изменчивости показателей состава и свойств шельфовых отложений.

2. В пределах генетически однородного слоя шельфовых отложений различные инженерно-геологические показатели отличаются по режиму пространственной изменчивости в разных направлениях. Показатели состава и физических свойств обладают незаконномерным режимом пространственной изменчивости по вертикали и, как правило, закономерным режимом изменчивости по латерали. Показатели механических (прочностных) свойств имеют отчетливо закономерный режим пространственной изменчивости по вертикали и, большей частью, незаконномерный - по латерали. В целом, интенсивность изменчивости показателей состава и свойств по латерали существенно более значима, чем по вертикали.

3. Отложения обстановок осадконакопления неволнового типа (1, 2, 3) обладают более закономерным распределением показателей состава и свойств в пространстве, чем отложения обстановок осадконакопления волнового типа (4, 5, 6). Для последних характерно преобладанием незаконномерного режима пространственной изменчивости показателей состава и свойств.

4. Теснота связи инженерно-геологических показателей шельфовых отложений с координатами геологического пространства

убывает вдоль ряда: показатели состава - показатели физических свойств - показатели механических (прочностных) свойств. Таким образом, чем более сложную природу имеет инженерно-геологический показатель, тем более сложно установить закономерности его пространственной изменчивости. Неслучайно структурные модели прочности шельфовых отложений имеют самую сложную структуру пространственного распределения.

5. Из показателей состава голоценовых отложений северо-западного шельфа наименее тесно с координатами геологического пространства связаны процентные содержания ракушечной фракции ($> 2,0\text{мм}$), представляющие биогенную компоненту донных осадков. У отложений обстановок осадконакопления неволнового типа наиболее закономерным распределением в пространстве обладают содержания песчаной фракции ($2,0-0,05\text{ мм}$), у отложений обстановок осадконакопления волнового типа - содержания алевро-глинистой фракции ($< 0,05\text{мм}$), что свидетельствует об избирательной чувствительности данных показателей к различным условиям седиментации.

6. Структура пространственного распределения показателей состава и свойств шельфовых отложений обусловлена преимущественно формой седиментационного бассейна и характером донного рельефа. Наиболее ярко это проявилось в структурных моделях состава и свойств обстановок осадконакопления неволнового типа (рис. 4.6-4.9).

7. Главные направления изменчивости показателей состава и свойств направлены, как правило, по нормали к берегу и изобатам морского дна. Интенсивность изменчивости показателей быстро убывает с удалением от берега и ростом глубины акватории.

Выявленные закономерности пространственной изменчивости состава и свойств основных генетических типов осадков северо-западного шельфа, по-видимому, свойственны большинству платформенных шельфов и могут быть использованы при палеорекострукциях шельфовых областей, при региональных оценках инженерно-геологических характеристик донных осадков, при планировании опробования в процессе инженерно-геологических исследований и изысканий (в особенности на трассах линейных сооружений) и т.п.

На основе выявленных закономерностей формирования чехла голоценовых отложений (гл.1.6; 2.1-2.3), особенностей состава и свойств (гл.3.2-3.3) и характера пространственной изменчивости инженерно-геологических показателей (гл.4.2-4.3) проанализирован весь имеющийся по региону фактический материал и построены серии схем пространственного распределения ряда показателей состава и свойств. Схемы пространственной изменчивости состава и свойств построены для отложений двух основных генетически различных слоев - слоя новочерноморских (рис.4.13-4.15) и новоэвксинско-древнечерноморских (рис.4.16-4.18) осадков. Приведенных схемы изменчивости состава и свойств голоценовых отложений северо-западного шельфа построены на генетической основе и, имея надежное фактическое и методическое обоснование, могут быть использованы при региональных геологических и инженерно-геологических исследованиях северо-западного шельфа Черного моря.

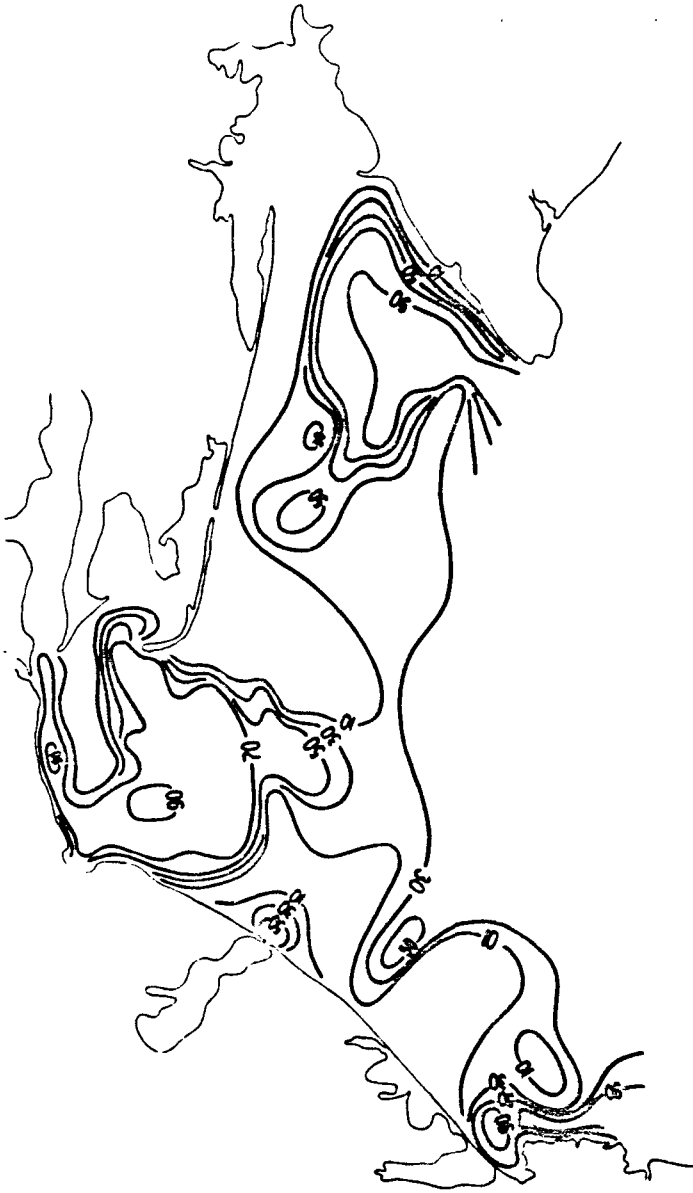


Рис. 4.13. Схема пространственной изменчивости
содержаний алевро-глинистой фракции (в %)
слоя новочерноморских осадков S3 шельфа.



Рис. 4.14. Схема пространственной изменчивости величин естественной влажности (в %) слоя новочерноморских осадков СЗ шельфа.



Рис. 4.15. Схема пространственной изменчивости
величин числа пластичности (в %)
слоя новочерноморских осадков СЗ шельфа.



Рис. 4.16. Схема пространственной изменчивости
 содержаний алевро-глинистой фракции
 слоя древнечерноморских осадков СЗ шельфа.
 Пунктирной линией показаны контуры береговой линии
 древнечерноморского времени.



Рис. 4.17. Схема пространственной изменчивости величин естественной влажности слоя древнечерноморских осадков СЗ шельфа.

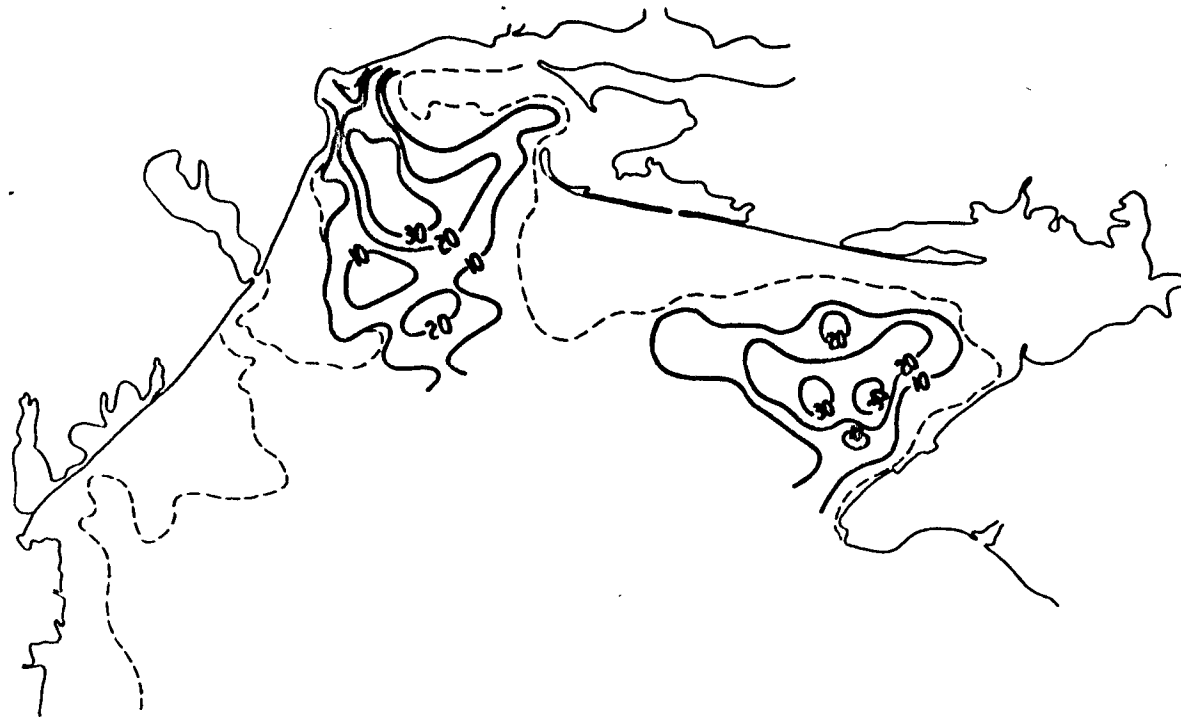


Рис. 4.18. Схема пространственной изменчивости
величин числа пластичности: слоя
древнечерноморских осадков СЗ шельфа.

В Ы В О Д Ы

1. По комплексу макроскопических признаков (литология, цвет, фауна) и инженерно-геологическим особенностям в строении чехла голоценовых отложений северо-западного шельфа выделены два качественно различных горизонта, соответствующих:

- слою новоэвксинско-древнечерноморским лиманных и лиманно-морских отложений, сформировавшихся в опресненных условиях при стоянии уровня моря на отметках минус 20-30 м;
- слою новочерноморских осадков морского генезиса, сформировавшихся при современном положении уровня и солености вод Черного моря.

На основе соответствующих карт установлены мощности, площади, объемы и темпы осадконакопления различных литофаций новочерноморских и новоэвксинско-древнечерноморских осадков.

2. По принадлежности к обстановкам осадконакопления шельфа выделены генетические типы голоценовых отложений северо-западного шельфа, отличающиеся литофациальным составом, характером взаимосвязи инженерно-геологических показателей и структурой распределения показателей в пространстве.

3. Комплексное изучение состава, физических и механических свойств голоценовых илов позволило выявить наиболее информативные и простые в определении инженерно-геологические показатели и характер генетической их обусловленности. Такими показателями являются содержание фракции < 10 мкм, содержание органического вещества, естественная влажность, пластичность и сопротивление вращательному срезу. Физические свойства контролируются степенью дисперсности и содержанием органического вещества, а прочностные — бытовым давлением толщи и минерализацией поровых вод.

4. С использованием этих инженерно-геологических показателей получены признаковые модели состава и физико-механических свойств, обеспечивающие целостную характеристику, сравнение и типизацию голоценовых илов северо-западного шельфа. Показано, что для сравнительной характеристики и типизации голоценовых илов целесообразно использовать не величины инженерно-геологических показателей, а характер их взаимосвязи, в соответствии с которым выделены два основных генетических комплекса морских и лагунно-дельтовых илов. Морские илы по сравнению с лагунно-дельтовыми имеют более высокие значения естественной влажности (в 1,5-1,7 раза), пористости (в 1,2 раза), пластичности (в 1,4-1,8 раза) и упругости (в 1,5-1,6 раза).

5. Проведен анализ режима изменчивости показателей состава и свойств чехла голоценовых отложений в вертикальном и горизонтальном срезе. В структуре вертикальной изменчивости выявлены скачкообразные вариации показателей генетической природы, колебательного характера эвстатической природы и случайного характера, отражающие "шум моря". По вертикали показатели состава и физических свойств имеют неупорядоченный, а показатели прочностных свойств - упорядоченный режим изменчивости. По латерали большая часть показателей состава и физико-механических свойств имеет упорядоченный режим изменчивости.

6. Для основных генетических типов голоценовых отложений северо-западного шельфа построены серии математических моделей, описывающих структуру пространственной изменчивости показателей состава и физико-механических свойств. Установлено, что структура пространственной изменчивости контролируется морфологией седиментационных бассейнов - формой, протяженностью, рельефом дна.

Главные направления изменчивости ориентированы по нормали к берегу или изобатам морского дна. С удалением от берега и ростом глубины акватории интенсивность изменчивости показателей резко снижается. Глубина акватории является более значимым фактором, чем удаленность. Пространственная изменчивость состава и свойств отложений неволновых обстановок отвечает закономерному режиму, а волновых - незаконмерному режиму изменчивости. Закономерность изменчивости убывает вдоль ряда: показатели состава - показатели физических свойств - показатели прочности.

7. На основе выявленных закономерностей и собранного по региону фактического материала построены серии схем изменчивости состава и свойств новоэвксинско-древнечерноморских и новочерноморских осадков, свидетельствующие о преимущественно закономерном характере распределения инженерно-геологических показателей голоценовых отложений северо-западного шельфа. Схемы изменчивости наряду с картами литофаций голоценовых отложений могут быть использованы для палеореконструкций северо-западного шельфа, для региональных геологических и инженерно-геологических оценок различных областей шельфа, для планирования опробования при съемке, разведке и т.д.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Абрамович И.И., Бурков Ю.К., Груза В.В. и др. Методы теоретической геологии. Л.: Недра, 1978, 335 с.
2. Айбулатов Н.А. Исследование вдоль берегового перемещения песчаных наносов в море. М.: Наука, 1966, 159 с.
3. Алекин О.А. Гидрохимические типы рек СССР.- Тр. ГТИ, вып. 25, 1950, с. 5-24.
4. Алекин О.А. К изучению количественных зависимостей между минерализацией, ионным составом и водным режимом рек СССР.- Тр. ГТИ, вып. 25, 1950, с. 25-35.
5. Алекин О.А., Бражников Л.В. Сток растворенных веществ с территории СССР.- М.: Наука, 1964, 144 с.
6. Алисов Б.П. Климат СССР.- М.: Высшая школа, 1969, 107 с.
7. Алмазов А.М. Гидрохимия устьевых областей рек (Северное Причерноморье).- К.: Изд-во АН УССР, 1962, 225 с.
8. Амброз Ю.А. К вопросу связи орогидрографии с тектоникой на территории Одесской области.- Тр. Одесск. гос. универ-та, т. 152, вып. 10, 1962, с. 107-111.
9. Аполлов Б.А. Влияние золотой аккумуляции на обмеление северной части Каспийского моря.- Изв-я Центр. гидромет. бюро, вып. 7, 1962.
10. Архангельский А.Д. Геологическая история Черноморья.- Бюлл. МОИП, от. геол., 1932, 10, вып. 1, с. 3-104.
11. Архангельский А.Д., Копченова Е.В. Заметки об органическом веществе, фосфоре и ванадии в отложениях Черного моря.- Изв-я АН СССР, отд. физ.-мат. наук, № 3, 1930, с. 205-215.
12. Архангельский А.Д., Страхов Н.М. Геологическое строение и история развития Черного моря.- М.-Л., Изд. АН СССР, 1938, 226 с.

13. Бабинец А.Е., Митропольский А.Ю., Ольштынский С.Н. Гидрогеологические и геохимические особенности глубоководных отложений Черного моря.-К.:Наукова думка, 1973, 160 с.
14. Бакри Д., Клинг С.А., Мангейм Ф.Т., Хорн М.К. Геологическое значение кокколитов в тонкозернистых карбонатных слоях постгляциальных осадков Черного моря.-Литология и полезные ископаемые, № 6, 1970, с.22-32.
15. Баландин Ю.Г. Схемы изменчивости свойств осадков шельфа западной части Черного моря и возможности их изучения радиоизотопными методами.-В кн.:Радиоизотопные методы исследований в гидрогеологии. К.:Наукова думка, 1975, с.159-165.
16. Баландин Ю.Г., Вардиашвили Н.Г. и др. Особенности пространственной изменчивости состава и свойств голоценовых осадков шельфа Южного берега Крыма и методы их изучения при исследованиях под строительство глубоководных сооружений.- В кн.: Мат-лы Всесоюзн. совещ. по проект. стр-ва на слабых основаниях. Одесса.:Изд-во ОГУ, 1975, с.56-59.
17. Баландин Ю.Г., Богуненко О.Д. Особенности площадного распространения доголоценовых пород северо-западной части Черного моря.- Вестн. МГУ, сер. геол., №4, 1977, с.114-115.
18. Баландин Ю.Г., Богуненко О.Д. Новые данные о литолого-геохимическом преобразовании лессов в условиях материковой отмели северо-западной части Черного моря.-В кн.:Литолого-геохимич. условия формирования донных отлож.-К.:Наукова думка, 1979, с.145-154.
19. Барковская М.Г. Закономерности распределения терригенного материала в приурезовой полосе советского побережья Черного моря.-Тр. Ин-та Океанологии АН СССР, т. 53, 1961, с.64-94.

20. Барковская М.Г. Закономерности распределения донных осадков на шельфе Советских берегов Черного моря.-Тр.Ин-та Океанологии АН СССР, т.53, 1961, с.95-162.
21. Барковская М.Г. О минеральном составе донных осадков дельты и авандельты Дуная.-Докл.АН СССР, т.205, №4, 1972, с.944-947.
22. Барковская М.Г. Основные закономерности распределения современных донных осадков на шельфе Черного моря.-В кн.:Проблемы геологии шельфа, М.:Наука, вып.1, 1975, с.166-169.
23. Белявский Г.А. Особенности формирования инженерно-геологических свойств и состава глубоководных отложений четвертичного возраста тропической зоны Индийского океана.-Препринт ИГи АН УССР, 76-16, К., 1979, 68 с.
24. Биология северо-западной части Черного моря.-Сб.работ ИНБЮМ АН УССР, К.:Наукова думка, 1967, 268 с.
25. Благоволин Н.С., Щеглов А.Н. Колебания уровня Черного моря в историческое время по данным археолого-геоморфологических исследований в Юго-Западном Крыму.- Изв-я АН СССР, сер.геогр., № 2, 1968, с.49-58.
26. Благоволин Н.С., Победоносцев С.В. Современные вертикальные движения берегов Черного и Азовского морей.-Геоморфология, вып.3, 1973, с.46-51.
27. Богданов А.А. О некоторых общих вопросах тектоники древних платформ (на примере Восточно-Европейской платформы).-Сов. геология, 1964, №9.
28. Богуславский С.Г., Джигоев Т.З., Ковешников Л.А., Саркисян А.С. Схема течений Черного моря.-Изв-я АН СССР.Сер.Физика атмосферы и океана, вып.2, 1975.
29. Богданов Е.Н. Исследование инвариантности удельного сопро-

тивления пенетрации связных грунтов.-В сб.:Грунтоведение и инж.геология, вып. I, §I, 1976.

30. Богданов Е.Н., Руднева Н.Е. Сравнительные испытания глинистых грунтов сдвигом и пенетрацией.-Вестник ЛГУ, №24, 1977.
31. Большаков В.С. Влияние стока рек на гидрологию северо-западной части Черного моря.-В сб.:Океанографические исследования Черноморья, 1967, с.
32. Бондарик Г.К. Основы теории изменчивости инженерно-геологических свойств пород.- М.:Недра, 1971, 272 с.
33. Бондарик Г.К. Общая теория инженерной (физической) геологии.-М.:Недра, 1981, 256 с.
34. Бондарик Г.К., Иерусалимская Е.Н. Рекомендации по моделированию геологических полей на ЭВМ/ВСЕГИНГЕО.- М.:1975, 70 с.
35. Бондарик Г.К., Горальчук М.И., Сироткин В.Г. Закономерности пространственной изменчивости лессовых пород.- М.:Недра, 1976, 237 с.
36. Бондарчук В.Г. Геоморфология УССР (на укр.яз.)-К.:Радянська школа, 1949, 243 с.
37. Бондарчук В.Г. Геология Украины (на укр.яз.)-К.:АН УССР, 1959, 832 с.
38. Бондарчук В.Г. Геологическая структура УССР и проблемы тектоники.-Геологический журнал, т.27, вып.4, 1967, с.3-17.
39. Борейко Л.Г. Прогноз просадочности и построение математических моделей геологических полей лессовых пород на ЭВМ по принципу самоорганизации. Автореф. дисс., канд. геол.-мин. наук. М., 1978, 24 с.
40. Бумбу И.В. Вынос некоторых микроэлементов р.Днестр.-Изв-я АН СССР, сер.биол.и хим.наук, №3, 1973, с.59-62.

41. Бутузова Г.Ю. К минералогии осадков Черного моря.-Литология и полезные ископаемые, №4, 1971, с.46-54.
42. Бутузова Г.Ю., Градусов Б.П., Ратеев М.А. Глинистые минералы и их распределение в верхнем слое осадков Черного моря.- Литология и полезные ископаемые, №1, 1975, с.3-11.
43. Варущенко С.И. Анализ позднеплейстоценовой и голоценовой истории развития природной среды северо-западного шельфа Черного моря.-В кн.: Колебания уровня мирового океана и вопросы морской геоморфологии. М.: Наука, 1975, с.50-62.
44. Васильченко С.Ф. Философские аспекты формации геологических понятий. -Геология и геофизика, №3, 1968, с.138-143.
45. Вассоевич Н.Б. Эволюция представлений о геологических фациях.- Литол. сб. ВНИГРИ, №1, 1948, с.13-44.
46. Вистелиус А.Б., Яновская В.В. Программирование задач геологии и геохимии при использовании универсальных ЭВМ.-Геология рудных месторождений, т.5, №3, 1963, с.34-48.
47. Воронин Ю.А. О формализации понятий геологии.-В сб.: Вопросы обработки геол.-геофиз. данных на электронных цифровых машинах. Наука, Новосибирск, 1967, с.102-140.
48. Воронин Ю.А. Теоретические основы описания и классифицирования геологических тел.: Автореф. дисс..., док. физ.-мат. наук. Новосибирск, 1969, 40 с.
49. Воронин Ю.А., Гольдина Н.А. Упрощенная схема математико-логического разбора геологических классификаций.-В кн.: Опыт анализа и построения геол. классиф. на основе представл. конечной математ. Изд-во СО АН СССР, Новосибирск, 1964, с.35-42.
50. Воронин Ю.А., Еганов Э.А. Фации и формации. Парагенезис.-Тр. Ин-та геол. и геофиз., вып. 146, 1972, 120 с.

51. Воскобойников В.М. Инженерно-геологические условия рассоления поровых вод донных грунтов лиманов, эстуариев и морских заливов.-В сб.:Влияние поровых вод на физ.-мех.св-ва пород. К.:Наукова думка, 1974, с.201-206.
52. Воскобойников В.М. Применение системного подхода для развития теории инженерно-геологического прогноза. Тр. I Всесоюз. конф. по инженерной геологии. Тбилиси.: Мецниереба, т.2, ч. I, 1978, с.168-174.
53. Воскобойников В.М. Перспективы системного подхода к современным проблемам инженерной геологии.-Изв. ВУЗов. Геология и разведка, №12, 1979, с.117-122.
54. Воскобойников В.М., Конигов Е.Г. К методике прогноза рассоления Причерноморских лиманов в связи с мелиоративным строительством.-В сб.: Оптимизация природн. среды в усл. концентр. произв. Кишинев, 1978, с.216-219.
55. Воскобойников В.М., Конигов Е.Г. Методика прогнозирования гидрохимических процессов в связи с мелиорацией Приморских территорий.-Тез. докл. к Междунар. симпоз. "Измен. геол. среды в результате деят. человека". Варшава, 1979, с.327-330.
56. Воскобойников В.М., Конигов Е.Г., Кофф Г.Л., Коломенский Е.Н. О формировании строения и свойств лиманно-морских илов северного Причерноморья в течение голоцена.-Инженерная геология, №4, 1980, с.39-47.
57. Воскобойников В.М., Розовский Л.Б., Комарова М.В. и др. Изучение геодинамических процессов на дне моря, имеющих инженерное значение (в пределах Черного и Азовского морей и крупных водохранилищ УССР). Одесса, 1980.
58. Воскобойников В.М., Конигов Е.Г. Поровые воды и диффузионная

- проницаемость голоценовых илов Причерноморских лиманов.- В кн.: Геохимия подземных вод и ландшафтов. Краснодар, 1981, с. 134-143.
59. Воскобойников В.М., Леонов Ю.В. Изменчивость состава и свойств шельфовых осадков как элементов структуры осадочных бассейнов.- В сб.: Осадочные бассейны и их нефтегазоносность. Тез. докл. IV Всесоюз. совещ. М., 1981, с. 217-219.
60. Воскобойников В.М., Ротарь М.Ф., Конилов Е.Г., Леонов Ю.В. Закономерности формирования инженерно-геологических свойств лиманных и морских отложений северо-западного шельфа Черного моря.- В сб.: Мат-лы по изучению четвертичного периода на территории Украины. Киев: Наукова думка, 1982, с. 123-132.
61. Воскобойников В.М., Ротарь М.Ф., Конилов Е.Г. Связь ритмичности строения толщ голоценовых отложений Причерноморских лиманов с колебательным режимом уровня Черного моря.- В сб.: Изменения уровня моря. М.: Изд-во МГУ, 1982, с. 264-275.
62. Гаркаленко И.А., Пустыльников М.Р., Славин В.И. и др. Геофизические исследования и тектоника Европейской части СССР.- К.: Наукова думка, 1969, 247 с.
63. Геологический словарь. М.: Недра, т. 2, 1978, 456 с.
64. Георгиев Ю.С. О динамике холодного промежуточного слоя в Черном море.- Тр. ИНБЮМ, т. 20, вып. 2, 1967, с. 105-118.
65. Геофизические исследования и тектоника юга Европейской части СССР. К.: Наукова думка, 1969, 247 с.
66. Глаголева М.А. Формы миграции элементов в речных водах.- В кн.: К познанию диагенеза осадков. М., Изд-во АН СССР, 1959, с. 5-28.
67. Градзинский Р., Костецкая А., Радамский А., Унруг Р. Седиментология. М.: Недра, 1980. Пер. изд. ПНР, 1976, 640 с.

68. Грубрин Ю.Л. Геоморфологическое районирование.: В кн. Украина и Молдавия. Отв. ред. А.М. Маринич и М.М. Паламарчук, М., Наука, 1972, с.62-67.
69. Груза В.В. Методические проблемы геологии.- Л.: Недра, 1977, 181 с.
70. Груза В.В., Жуков В.А., Ткачев Ю.Р. Геологический язык, состояние и перспективы совершенствования. В сб.: Примен. матем. методов и ЭВМ при поисках и разведке полез. ископ. Новосибирск, 1977, с.23-39.
71. Гурский Ю.Н. Особенности процесса формирования химического состава иловых и придонных вод в приустьевой зоне моря.- Тез. докл. IV Всесоюзн. школы морской геологии, т.2, 1980, с.23-25.
72. Гурский Ю.Н. Иловые воды морей и океанов и процессы формирования их химического состава.- В сб.: Закономерности формирования химич. состава природных вод. М.: Изд-во МГУ, 1981, с.32-65.
73. Дранников А.М. Одесские оползни (типы, принципы их образования и меры борьбы с ними).- Тр. Одесс. ун-та, сер. геол. геогр., т.150, вып.7, 1960, с.32-41.
74. Дроздова Т.В., Коченов А.В., Батурин Г.Н. Некоторые особенности компонентного состава органического вещества современных морских осадков.- Геохимия, №10, 1967, с.1888-1993.
75. Дюфур М.С. Об относительном (относительно-стратиграфическом) направлении в определении содержания понятия "фа́ция".- Вестн. МГУ, № 24, 1971, с.5-15.
76. Дюфур М.С. Многозначность термина "фа́ция" и возможности ее устранения.- В кн.: Литология и палеогеография. Л.: Изд-во ЛГУ, 1973, с.21-33.
77. Дюфур М.С. Фа́ции и генетические типы осадочных образований.-

- В кн.: Геология и петрография Западного Урала. Пермь, вып. 7, 1976, с. 19-27.
78. Дюфур М.С. Методологические и теоретические основы фациального и формационного анализов. Л.: Изд-во ЛГУ, 1981, 160 с.
79. Емельянов В.А. Водно-физические свойства глубоководных осадков Черного моря. - Автореф. дисс. . . . , канд. геол.-мин. н.-Одесса, 1976, 27 с.
80. Емельянов В.А. Физико-механические свойства глубоководных осадков Черного моря. - Препринт ИГН АН УССР, 77-1, К., 1977, 46 с.
81. Еськов Б.Г., Митропольский А.Ю. Водно-физические свойства донных отложений Черного моря, водохранилищ и стариц в бассейне Днепра. Препринт ИГН АН УССР, №78-7.К., 1978, 64 с.
82. Емельянова Е.Н. К вопросу о механизме и причинах оползней у г. Одессы. - Тр. Одесск. ун-та, сер. геол. и геогр., т. 150, вып. 7, 1970, с. 25-42.
83. Жемчужников Ю.А. Что такое фация? - В кн.: Литологический сборник ВНИГРИ, №1, Л., 1948, с. 50-58.
84. Залогин Б.С., Родионов Н.А. Устьевые области рек СССР. - М.: Мысль, 1969, 321 с.
85. Заморий П.К. Четвертичные отложения Причерноморской впадины. - В кн.: Геология СССР, т. 5, 1958, с. 796-812.
86. Заморий П.К. Геоморфология. - В кн.: Геология СССР, т. 5, 1958, с. 915-937.
87. Зелинский И.П., Черкез Е.А. Изучение Одесских оползней в связи со строительством противоползневых сооружений. - В сб.: Гидротехника и инж. геол. аридной зоны СССР, 12, 1968, с. 92-96.
88. Зелинский И.П., Черкез Е.А. Прогноз устойчивости оползневых берегов на участке третьей очереди строительства противо-

- оползневых сооружений в г.Одессе.-В кн.:Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР, 1974, с.77-83.
89. Земляков Б.М. Гидрометеорологическое районирование Черного моря.-Тр.УкрНИГМИ, вып. 8, 1963.
90. Зенкович В.П. Морфология и динамика советских берегов Черного моря.-М.:Изд-во АН СССР, т.1, 2, 1958, с.187, с.215.
91. Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов.-М. Изд-во АН СССР, 1962, с.710.
92. Иванов Г.И., Ищенко Л.В. Новые данные о развитии шельфа северо-западного района Черного моря в голоцене.- *Baltica*, 1974, №5, с.265-273.
93. Иванов Г.И. Геоморфология и геология северо-западного района Черного моря (прибрежная зона суши и шельф).-Отчет НИР: Разработка теор.основ и методов морск.инж.геол. (на базе иссл.побережья и дна морей и крупных вод-щ), т.1, 1975, с.63-128.
94. Иванов Г.И., Шмуратко В.И. Об особенностях колебания уровня Черного моря в послеледниковое время.-Водные ресурсы, №3, 1982, с.134-141.
95. Ищенко Л.В. Закономерности распределения донных отложений в прибрежной части Черного моря.-Геология побережья и дна Черного и Азовского морей, вып.4, 1970, с.58-64.
96. Ищенко Л.В. Динамика наносов верхней части шельфа на взморье Днестровского лимана.-В кн.:Геоморфология и литология береговой зоны морей и др.крупных водоемов.М.:Наука, 1971, с.148-154.
97. Ищенко Л.В. Закономерности распределения терригенных компонентов донных отложений верхней части северо-западного шельфа Черного моря.-Дисс....канд.геол.-мин.н, Одесса, 1972, 212с.
98. Кинд В.Н. Геохронология позднего антропогена по изотопным данным.- Тр.ГИИ, вып.257, М.:Наука, 1974, 252 с.

99. Книпович Н.М. Гидрологические исследования в Черном море.-
Тр.Азово-Черномор.научн.-промысл.эксп., вып.Ю, 1932, 276 с.
100. Коломенский Н.В. Общая методика инженерно-геологических исследований. -М.:Недра, 1968, 342 с.
101. Конииков Е.Г. Химический состав, минерализация и степень метаморфизации вод донных отложений Причерноморских лиманов.-В сб.:Мат-лы научн.конф.аспирантов и молодых ученых Одесск.ун-та, сер.геол., Одесса, 1981, с.31-35.
102. Конииков Е.Г. Палеогеографические аспекты изучения геохимии поровых вод донных отложений северо-западного шельфа и Причерноморских лиманов.-В сб.:Мат-лы 2-й научн.конф.аспир.и молод.ученых Одесск.ун-та, сер.геол., Одесса, 1982, с.136-143.
103. Конииков Е.Г. Состав, строение, свойства и поровые воды голоценовых отложений СЗ шельфа Черного моря и Причерноморских лиманов.-Автореф.дисс...., канд.геол.-мин.н, Одесса, 1983, 16 с.
104. Конииков Е.Г., Симонов С.Н. Некоторые особенности состава поровых вод и физико-химические свойства прибрежно-морских илов на раннем этапе диагенеза.-В сб.:Мат-лы научн.конф.аспирантов и молодых ученых Одесск.ун-та, сер.геол., Одесса, 1981, с.24-30.
105. Коновалова Н.И. Гидрография Одесской области.-Тр.Одесск.ун-та, сер.геол.и геогр.наук.Одесса, т.152, вып.10, 1962, с.60-68.
106. Кочегура В.Р., Зубаков В.А7 Опыт межрегиональной магнитостратиграфической корреляции.-В кн.:Проблемы периодизации плейстоцена.Л., 1971, с.275-287.
107. Краковский Б.И. Ассоциации глинистых минералов и их распространение в голоценовых осадках СЗ части шельфа Черного моря.-Геологический журнал, №6, 1982, с.102-107.

108. Крамбейн У.К., Слосс Л.Л. Стратиграфия и осадкообразование.- М.:Госстройиздат, 1960, 412 с.
109. Крашенинников Г.Ф. Методика палеогеографических исследований на основе фациального анализа.-В кн.:Вопросы седиментологии.М., 1960, с.162-174.
110. Крашенинников Г.Ф. Фации, генетические типы и формации.-Изв. АН УССР, сер.геол., №8, 1962, с.3-13.
111. Крашенинников Г.Ф. О понимании термина "фа́ция" и его генетическом содержании.-Бюлл.МОИП, отд.геол., т.3, №2, 1968, с.3-15.
112. Крашенинников Г.Ф. Учение о фациях.-М.:Высшая школа, 1971, 368с.
113. Крашенинников Г.Ф. Выделение и типизация обстановок осадкообразования и породообразования.-В кн.:Обстановки осадконакопления и их эволюция.М.:Наука, 1984, с.51-60.
114. Лавинная седиментация в океане (отв.ред.чл.-корр.АН СССР, А.Н.Лисицин).-Ростов-на-Дону, изд.Ростов.ун-та, 1982, 184 с.
115. Леонов Ю.В. Роль генетического фактора в формировании состава и свойств илов СЗ части шельфа Черного моря.-В сб.: Мат-лы научн.конф.аспир.и молод.ученых Одесск.ун-та, Одесса, 1980, (деп.в ВИНТИ, 1981, №720-81).
116. Леонов Ю.В. Оценка пространственной изменчивости показателей состава и свойств современных осадков Каркинитского залива Черного моря.-В сб.:Мат-лы научн.конф.молод.учен.и аспирантов Одесск.ун-та, Одесса, 1980 (деп.в ВИНТИ, 1981, №720-81)
117. Леонов Ю.В. Характеристика состава и свойств осадков типичных обстановок осадконакопления СЗ шельфа Черного моря в связи с изменением уровня моря в голоцене.-В сб.:Изменения уровня моря.М.:Изд-во МГУ, 1982, с.238-252.
118. Леонов Ю.В., Воскобойников В.М. Два типа моделей морских и переходных фаций (на примере голоценовых отложений СЗ шель-

- фа Черного моря).-Тез.докл.5-й Всесоюзн. школы морск.геол., М., т.3, 1982, с.76-78.
119. Ломтадзе В.Д. Методы лабораторных исследований физико-механических свойств песчаных и глинистых грунтов. М.: Недра, 1972, 312 в.
120. Лонгинов В.В. Динамика береговой зоны бесприливных морей. М.: АН СССР, 1963.
121. Лонгинов В.В. Очерки литодинамики океана. М.: Наука, 1973, 244с.
122. Лонгинов В.В. Литодинамика материковой окраины.-В сб.: Лавинная седиментация в океане. Изд-во РГУ, 1982, с.129-135.
123. Лопатин Г.В. Наносы рек СССР.-М.: Географгиз, 1952, 366 с.
124. Лубченко И.Ю., Белова И.В. Миграция элементов в речных водах.- Литология и полезные ископаемые, №2, 1973, с.23-29.
125. Львович М.И. Реки СССР.-М.: Мысль, 1971, 351 с.
126. Малявко Г.И. Неоген юга Украины. К., изд-во АНУССР, 1960, 207 с.
127. Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород. Под ред. Е.М.Сергеева, С.Н.Максимова, Г.М.Березкиной. М.: Изд-во МГУ, 1968, т.1-342, с., т.2 -365.
128. Митропольский А.Ю., Ольштынский О.П. Физико-механические свойства и состав глубоководных отложений восточной части Черного моря.-В кн.: Пробл. гидрогеол. и инж. грунтов. К., : Наукова думка, 1970, с.166-177.
129. Моргунов Ю.Г., Калинин А.В., Калинин В.В. и др. Тектоника и история развития северо-западного шельфа Черного моря.-М.: Наука, 1981, 244 с.
130. Моргунов Ю.Г., Куприн Н.Н. и др. Тектоника платформенного чехла северо-западной части Черного моря.-Вестник МГУ, сер.4, геол., №3, 1976, с.129-130.
131. Мур Р. Значение фаций.-В кн.: Осадочные фации в геологиче-

- ской истории. М., 1953, с. 17-62.
132. Муратов М.В. Тектоника и история развития альпийской геосинклинальной области юга Европейской части СССР и сопредельных стран.-Тектоника СССР. М.:Изд-во АН СССР, т. II, 1949, 510 с.
133. Муратов М.В. История тектонического развития глубокой впадины Черного моря и ее возможное происхождение.-Бюлл. МОИП, отд. геол., 30, вып. 5, 1955, с. 27-50.
134. Муратов М.В. Основные черты геологического строения и истории Крыма и Черного моря.- В кн.: Геология СССР, т. 8, ч. I, 1969, с. 32-60.
135. Наливкин Д.В. Учение о фациях. Издание I, Л., М., 1932, 208 с.
136. Наливкин Д.В. Учение о фациях. Издание 3, М., т. I, 1955, 534 с.
137. Невеская Л.А. Определитель двустворчатых моллюсков морских четвертичных отложений Черноморского бассейна.-Тр. Палеонтологич. ин-та, 1963, , 46, с. 212.
138. Невеская Л.А. Позднечетвертичные двустворчатые моллюски Черного моря, их систематика и экология.-Тр. Палеонт. ин-та, М.:Наука, 1965, 391 с.
139. Невеский Е.Н. Некоторые закономерности осадкообразования в прибрежной зоне моря.-Литология и полезн. ископаемые, №4, 1965, с. 85-104.
140. Невеский Е.Н. Процессы осадкообразования в прибрежной зоне моря.- М.:Наука, 1967, 255 с.
141. Непрочнов Ю.И., Удинцев Г.Б. Измерения скорости распространения упругих волн в рыхлых отложениях.-Изв. АН СССР, сер. геофиз., №II, 1959, с. 1699-1702.
142. Николаев Н.И. Тектоника Черноморской впадины.-Изв. ВУЗов: сер. геол. и разведка, 1970, вып. II, с. 68-74.

- Г43. Новикова З.Т. Особенности литодинамики осадков северо-западного шельфа Черного моря в голоцене по терригенным компонентам в связи с вопросами россыпеобразования.-Дисс....., канд. геол.-мин.н. М., 1973. 169 с.
- Г44. Новикова З.Т. Особенности процессов россыпеобразования в голоцене на шельфе северо-запада Черного моря.-В кн.: Процессы прибрежно-морского россыпеобразования. М.: Наука, 1977, с. 112-156.
- Г45. Оздоева Л.И. Разработка методики крупномасштабного инженерно-геологического районирования городских территорий (на примере г. Грозного): Автореф. дисс....., канд. геол.-мин.н., М., 1981, 16 с.
- Г46. Островский А.Б. О морских террасах Черноморского побережья Кавказа между Анапой и устьем р. Шахе. Докл. АН СССР, т. 181, № 4, 1968.
- Г47. Островский А.Б. О проблеме и возможных масштабах позднелейстоценовых регрессий Черного моря.-В сб.: Проблемы периодизации плейстоцена. 1971, с. 306, 310.
- Г48. Островский А.Б. Опыт долгосрочного инженерно-геологического прогноза абразии террасированных морских берегов методом палеогеографических аналогий (на примере Туапсе-Сочинского побережья Черного моря).-Инженерная геология, №1, 1981, с. 76-89.
- Г49. Павлов А.П. Генетические типы материковых образований ледниковой и послеледниковой эпохи.-Изв. геол. ком.-та., т. 7, №7, 1888, с. 243-262.
- Г50. Пазюк Л.И., Рычковская Н.И. Особенности литологии пляжевых отложений Черного моря к югу от Одессы.-Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР, вып. I, 1967, с. 97-113.

151. Пазюк Л.И., Розовский Л.Б. К подготовке морских геолого-съёмочных работ в прибрежной полосе СЗ Причерноморья.-Геол. побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР, вып.3, 1969, с.160-167.
152. Петтиджон Ф.Дж. Осадочные породы.:пер.с англ.-М.Недра, 1981, 752 с.
153. Подоплелов О.Н. и др. Отчет по изучению литологического состава отложений шельфа Черного моря с целью составления геолого-литологической карты м. 1:200 000 в СЗ части Черного моря. Одесса, 1977.
154. Поляков А.С. Формирование инженерно-геологических свойств донных отложений Черного и Каспийского моря.-Автореф.дисс., канд.геол.-мин.н., М., 1973, 25 с.
155. Попов В.И. Инженерная геология СССР.-Изд.МГУ, ч.1, 1961, 178 с.
156. Правоторов И.А. Процесс развития аккумулятивной системы Джарылгач-Тендра и вопрос о ее возрасте в связи с масштабами регрессии.-Мат-лы совещ.по изуч.геол.побер.и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР.Тез.докл., 1965, с.3-5.
157. Правоторов И.А. К вопросу о трансгрессивном ходе уровня за последний тысячелетия на северном лагунном побережье СЗ части Черного моря.-В сб.:Геол.побер.и дна Черного и Азовского морей в пред.УССР, вып.1, К., Наукова думка, 1967, с.33-41.
158. Приклонский В.А. Грунтоведение.-М.:Геоліздат, ч.1, 372 с., ч.2, 410 с., 1949.
159. Приклонский В.А., Окнина Н.А. Предварительные данные об инженерно-геологическом изучении четвертичных илов СЗ части Черного моря.-Тр.лаб.гидрогеол.проблем АН СССР, 1957, т., 15, с.10-25.
160. Природа Одесской области.Ресурсы, их рациональное использо-

- и охрана (под ред. проф. Г.И.Швебса, доц. Ю.А.Амброз). Киев-Одесса: Вища школа, 1979, 154 с.
161. Разоренов В.Ф. Пенетрационные испытания грунтов.-М.:Госстройиздат, 1, 1968-186 с.
162. Ратеев М.А. Глинистые минералы в донных осадках современных водоемов.-В кн.: Образование осадков в современных водоемах. М.:Изд.АН СССР, 1954, с.154-186.
163. Рейнек Г.Э., Сингз И.Б. Обстановки терригенного осадконакопления.- М.:Недра, 1981, 439 с.
164. Ржонсницкий В.Б. Некоторые особенности ветровой деятельности у северных и восточных берегов Черного моря.-Мат-лы Всесоюзн.симпоз.по изуч.Черного и Средиземного морей, использованию и охране их ресурсов, ч.1, 1973.
165. Розовский Л.Б., Иванов Г.И., Ищенко Л.В. Геолого-литологическая и геоморфологическая карта верхней части шельфа СЗ области Черного моря.-Тез.докл.симпоз.по инж.геол.услов. шельфовой зоны Черного моря, Батуми, 1972.
166. Розовский Л.Б., Шпиков А.Б., Иванов Г.И. Инженерно-геологическое районирование СЗ побережья Черного моря.-В сб.Геол.побер.и дна Черного и Азовского морей в пред.УССР, вып.6, К., 1972.
167. Розовский Л.Б., Баландин Ю.Г., Воскобойников В.М., Иванов Г.И. Некоторые особенности морфологии, строения и свойств морских голоценовых осадков СЗ шельфа Черного моря и их палеогеографическая интерпретация.-Инф.бюлл.стран чл.СЭВ, 13, 1975, с. 106-116.
168. Романова М.А. Современные песчаные отложения Центральных Каракумов и проблема поиска пограничных структур.-Сов.геол., № 12, 1964, с. 70-89.

169. Романовский С.И. О путях решения проблемы образования флиша.- Изв.АН СССР, сер.геол., №1, 1972, с.110-120.
170. Романовский С.И. Седиментологические основы литологии.-Л.: Недра, 1977, 408 с.
171. Ротарь М.Ф. Некоторые особенности геологического строения и тектоники верхней части шельфа Черного моря на участке Дунай-Днестр.- В кн.: Региональная тектоника Украины и закономерн. размещ. полезн. ископ.-К., Наукова думка, 1971, с.204-205.
172. Ротарь М.Ф. Основные закономерности формирования инженерно-геологических условий Черноморского шельфа между дельтами рек Днепр и Днестр. Автореф. дисс..., канд. геол.-мин. н., М., 1974, 26 с.
173. Ротарь М.Ф., Воскобойников В.М., Старков Э.В., Додин А.В. Некоторые особенности инженерно-геологических условий центральной части СЗ побережья Черного моря (на примере между-речья р.Сарабай-Далиник).-Геол.побер.и дна Черного и Азовского морей в пред.УССР. К.:Вища школа, вып.7, 1974, с.54-61.
174. Самсонов А.И., Краснощек А.Я. Новые представления о тектоническом строении Придобруджья и СЗ западной части Черного моря в пределах УССР.- В кн.: Геол.побер.и дна Черного и Азовского морей в пред.УССР, вып.3, 1969.
175. Сэлли Р.К. Введение в седиментологию.-М.:Недра, 1981, 370 с.
176. Сидоркина С.П. Применение методов интерполяции случайных полей для получения закономерностей распределения геологических параметров при инженерно-геологических исследованиях. Автореф. дисс..., канд. геол.-мин. н., М., 1978, 22 с.
177. Синицин В.М. Введение в палеоклиматологию. М.:Недра, 1967, 232 с.
178. Соллогуб В.Б. Тектоника передовых прогибов альпийской гео-

синклинальной области и сопредельных районов Европейской части СССР. К., изд. АН УССР, 1960.

179. Солянкин Е.В. Адвективный теплообмен в Черном море. Сб. Гидрофизические и гидрохим. исследования в Черном море, 1968.
180. Страхов Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. М.: Госгеолтехиздат, 1963, 535 с.
181. Страхов Н.М. Осадкообразование в Черном море. - В кн.: Образование осадков в современных водоемах. - М.: Изд. АН СССР, 1954, с. 81-152.
182. Сулимов И.Н. Геология Украинского Черноморья. - К.; Одесса, Вища школа, 1984, 128 с.
183. Сулимов И.Н. и др. О возрасте и фациях палеозойских отложений о. Змеиного в Черном море. - Докл. АН СССР, 1975, т. 22, с. 692-694.
184. Сулимов И.Н., Анастасьева О.М. и др. Сводный литолого-стратиграфический разрез среднего палеозоя о. Змеиного на Черном море. - Геологич. журнал, № 39, 1979, вып. 2, с. 64-70.
185. Тагеева Н.В., Тихомирова М.И. Гидрохимия донных осадков Черного моря (северо-западная часть). - М.: Изд. АН СССР, 1962, 146 с.
186. Ткаченко Г.Г. Неотектонические особенности геологического строения дна в связи с отражением глубинной структуры нефтегазоносных площадей на примере поднятия Голицына (Черное море). - В сб.: Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР. К.: Наукова думка, вып. 7, 1974, с. 19-27.
187. Ткаченко Г.Г., Пазюк Л.И., Самсонов А.И. Геология о. Змеиный (Черное море). - В сб.: Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР, вып. 3, 1969, К., с. 3-20.
188. Трашук Н.Н. Колебания уровня моря и нестектонические движения в плейстоцене Причерноморья. - Тектоника и стратиграфия, вып. II, 1976, с. 49-57.

189. Тримонис Э.С. Современное осадкообразование в Черном море.- Автореф. дисс. . . . , канд. геол.-мин. н., М., 1972, 25 с.
190. Тримонис Э.С. Некоторые особенности современного осадконакопления в акватории Черного моря.- Океанология, 13, вып. 5, 1973, с. 821-829.
191. Федоров П.В. О колебаниях уровня Черного моря в послеледниковое время.- Докл. АН СССР, т. 124, №5, 1959, с. 1127-1129.
192. Федоров П.В. Стратиграфия четвертичных отложений Понто-Каспия.- В кн.: Хронология и климаты четвертичного периода. Изд. АН СССР, М., 1960.
193. Федоров П.В. О послеледниковой трансгрессии Черного моря.- Бюлл. МОИП, отд. геол., 1971, т.
194. Федоров П.В. Позднечетвертичная история Черного моря и развитие южных морей Европы.- В кн.: Палеогеография и отложения полейстоцена южных морей СССР.- М.: Наука, 1977, с. 25-33.
195. Федоров П.В. Плейстоцен Понто-Каспия.- М.: Изд. АН СССР, 1978; 250 с.
196. Федорченко Т.П. Причерноморская низменность (конспект лекций по физич. географии СССР).- Одесса, 1965, 43 с.
197. Филимонов С.Д. Инженерно-геологическая типизация глинистых грунтов на основе простейших показателей.- Инженерная геология, №3, 1980, с. 57-63.
198. Флоровская В.Н., Гурский Ю.Н. Особенности состава органического вещества глубоководных осадков Черного моря.- В кн.: Химические ресурсы морей и океанов. М.: Наука, 1970, с. 15-21.
199. Фролов В.Т. К вопросу о понятиях "фа́ция" и "фа́циальный анализ".- Вестник МГУ, сер. IУ геология, №3, 1933, с. 2-19.
200. Фролов В.Т. Опыт выделения и систематики генетических типов морских отложений.- Вестник МГУ, сер. геология, №6, 1968, с. 29-41.

201. Хейсканен К.И. Некоторые черты динамики осадконакопления в средне- и верхне-ятулийском бассейне Центральной Карелии.- Советская геология, №12, 1964, с.58-69.
202. Хрипунов И.А. Роль эоловой аккумуляции в донных отложениях северного Каспия.-Тр.ВНИРО, т.10, 1974.
203. Хрусталеv Ю.И., Щербаков Ф.А. Позднечетвертичные отложения Азовского моря и условия их накопления.-Ростов-на-Дону.:Изд. Ростовского ун-та, 1974, 149 с.
204. Хрусталеv Ю.И. Закономерности современного осадконакопления в Северном Каспии.Ростов-на-Дону.Изд.Рост.ун-та, 1974, с.207.
205. Хрусталеv Ю.И., Федюнин В.И. Роль эолового фактора в современном осадконакоплении Азовского моря.-ДАН СССР, т.222, №1, 1975.
206. Цысь П.М. Геоморфология УССР(на укр.яз.)-Львов,Изд.Львовского ун-та, 1962, 224 с.
207. Чапоский Е.Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов.Изд.4-е, М.,Недра,1975, 304 с.
208. Шадрин И.Ф. Течения береговой зоны бесприливногo моря.-М.: Наука,1972, 128 с.
209. Чекунов А.В. Структура земной коры и тектоника юга Европейской части СССР.-К.,Наукова думка,1972,- 164 с.
210. Шадрин И.Ф. Течения береговой зоны бесприливногo моря.-М.: Наука,1972, 128 с.
211. Шарапов И.П. Логический анализ некоторых проблем в геологии.- М.:Недра,1977, 144 с.
212. Шатский Н.С. Основные черты строения и развития Восточно-Европейской платформы. Изв.АН СССР, сер.геол., №1, 1946, с.5-62.
213. Шешуков А.А. Моделирование геологических полей в целях оптимизации объемов опробования при инженерно-геологической разведке (на примере территории Тальятинского промышленного комп-

- лекса).—Автореф. дисс. . . . , канд. геол.-мин. н., М., 1978, 18 с.
214. Шимкус К.М., Емельянов Е.М., Тримонис Э.С. Донные отложения и черты позднечетвертичной истории Черноморской впадины.— М.: Наука, 1975, с. 138-163.
215. Шишкина О.В. Методы исследования морских и океанических иловых вод.— В кн.: Поровые растворы и методы их изучения. Минск, Наука и техника, 1968, с. 167-177.
216. Шишкина О.В. Геохимия морских и океанических иловых вод.— М.: Наука, 1972, 228 с.
217. Шнитников А.В. Изменчивость общей увлажненности материков северного полушария.— Зап. геогр. об-ва СССР, Нов. сер., т. 16, 1957, 337 с.
218. Шпиков А.Б. О пределе текучести как обобщенном показателе состава грунтов и их свойств.— В кн.: Тр. Союзморнии проект, М., изд. Морской транспорт, 1959, с. 78-85.
219. Шпиков А.Б. К вопросу оценки интенсивности физико-механического диагенеза слабых глинистых грунтов.— В сб.: Строительство на слабых грунтах. Рига, 1970, с. 7-11.
220. Шпиков А.Б. Некоторые аспекты изучения и оценки инженерно-геологических свойств морских илов.— Инженерная геология, №6, 1980, с. 50-60.
221. Шпиков А.Б. Начальная влажность глинистых осадков как показатель условий осадкообразования.— В сб. Портовое гидротехн. строительство. М.: Транспорт, вып. 49, 1977, с. 119-122.
222. Шпиков А.Б., Лернер Ю.П. Инженерно-геологические особенности мезотических глин долины Сухого лимана.— В кн.: Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР, К., КГУ, вып. 7, 1974, с. 66-73.

223. Шуйский Ю.Д. Процессы и скорость абразии на украинских берегах Черного моря.-Изв.АН СССР, сер.геогр., №6, 1974, с.108-117.
224. Шуйский Ю.Д. Современные процессы абразии подводного склона Черного моря.-Докл.АН УССР, сер.Б, №12, 1976.
225. Шуйский Ю.Д. Современные эоловые процессы на песчаных пересыях лиманов Черного моря.-Докл.АН СССР, т.226, №1, 1976, с.190-193.
226. Шуйский Ю.Д. Питание материалом северо-западного и Крымского районов шельфа Черного моря.-В кн.:Исследование динамики рельефа с морских побережий.М., 1979, с.89-97.
227. Шуйский Ю.Д. Опыт изучения баланса осадочного материала в береговой зоне Черного моря.-Геологический журнал, №5, 1981, с.82-89.
228. Щербаков Ф.А., Куприн И.Н., Поляков А.С. Шельф СЗ части Черного моря в позднем плейстоцене голоцене. Четвертичный период.-К., Наукова думка, вып.16, 1976, с.141-156.
229. Щербаков Ф.А., Куприн П.Н. и др. Осадконакопление на континентальной окраине Черного моря.-М.:Наука, 1978, 212 с.
230. Яцко И.Я. Оползневые явления на Одесском побережье Черного моря.-Вестник метеорологии и гидрологии(на укр.яз.), 1938, № 3-4.
231. Яцко И.Я. Некоторые особенности развития оползневых процессов на Одесском побережье.-Тр.Одесск.ун-та, сер.геол.и геогр., т.150, 1960, вып.7, с. 43-54.
232. Almagor G. Interpretation of strength and consolidation data from some bottom cores off Tel-Aviv - Palmachim coast, Israel. - Marine Geotechnique, Urbana, Chicago, London, 1967.
233. Bishoff J. L., Grair K. E., Luistro A. O. Composition of interstitial waters of marine sedi-

- ments temperature of squeezing effect. - Science, 1970, 169, N3922.
239. Denton G.N., Karlen W. Holocene Climatic variations - their pattern and possible causes. Quatern. Res., 1973, v.3, N2, p. 155-205.
234. Emery K.O. Hülseman J. Shortening of sediment cores collected in open barrel gravity cores. - Sedimentology, 1964, N.3, p. 144-154
235. Gressly A. Observations géologiques sur le Yura Solenois. - Neue Denkschr. der allg. Schweizer. Gesell. für die gesammten Naturwiss. B. II, 1838; B. IV, 1840; B. V, 1841, Neuchâtel, 349 p.
236. Hvozský N. J. Subsurface Exploration and sampling of Soils for Civil Engineering Purposes. - Vicksburg, Mississippi, Waterways Experiment Station, 1949, 52 p.
237. Indorritzen A. L. A study of the effects of various core samples on mass physical properties in marine sediments. - J. Sediment. Petrol., 1968, 38, N2, p. 473-489.
238. Hallstadius T. Mechanical Disturbances in clay Samples Taken with Piston Swedish Geotechnical Institute Proceedings, 1958, N16, 75 p.
239. Klein G. de Vr. Diverse origins of graded bedding. - Geol. Amer. Spec. Paper, 1965, N82, p. 109.
240. Krumbein W. C. Regional and local components in facies maps. - Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 1956, v.40, N8.
241. Moore D. G. Shear strength and related properties of sediments from experimental Mohole (Guadalupe site), Journal of Geophysical Research, 1946,

- V. 69, p. 4271-4291.
242. Richards A.F. Investigations of Deep-Sea sediments cores, I: Shear strength, Bearing capacity and Consolidation. - U.S. Navy Hydrographic Office Technical Report, 63. 70 p.
243. Rosfelder A.M. Subse coring for geological and geotechnical surveys. - Proceedings of the Offshore Exploration Conference, Long Beach, California, 1966, p. 709-734.
244. Rosfelder A.M., Marshall N.F. Oriented marine cores: a description of new locking compasses and triggering mechanisms. - Journal of Marine Research, 1966, V.24, N3.
245. Ross W.A., Wegens E.T. and oth. Recent sediments of the Black Sea. - Océanus, 1970, V.15, N4, p. 2581-2582.
246. Skempton A.W. The colloidal activity of clays. - Proceedings of the Third International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Zürich, V.1, 1953.
247. Shimkus K.M., Trimonis E.S. Modern sedimentation in the Black Sea. - in W.A. Ross, Wegens E.T., eds. NaPG. Memoir. "The Black Sea - Geol., Chem. and Biol." 1974.
248. Stoffers P., Muller G. Mineralogy and lithofacies of Black Sea leg 42B deep sea drilling project. - Inter. Rep. Deep Sea Drill. Proj. Washington (D.C.), 1978, V.42 p.2, p. 373-411