

А. М. МОНЮШКО

**ИНЖЕНЕРНО-  
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ  
ОЦЕНКА  
САРМАТСКИХ  
ГЛИН**



ИЗДАТЕЛЬСТВО • НАУКА •

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ГОССТРОЙ СССР

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ПО ИНЖЕНЕРНЫМ ИЗЫСКАНИЯМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

А. М. МОНЮШКО

552.2.624.

ИНЖЕНЕРНО-  
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ  
ОЦЕНКА  
САРМАТСКИХ  
ГЛИН

874



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
МОСКВА 1974



А. М. М о н ю ш к о. Инженерно-геологическая оценка сарматских глин. Изд-во «Наука», 1973 г.

В работе впервые дается сводная инженерно-геологическая характеристика сарматских глин. Подробно рассмотрены условия их осадконакопления и формирования, а также природные геологические процессы, связанные с ними. Рассматривается природа свойств этих глин. Приводятся рекомендации по рациональному определению в лаборатории физико-механических свойств сарматских глин, а также по их использованию в строительстве. Табл. 17, илл. 24, Библ. 82 назв.

Ответственный редактор

доктор геол.-мин. наук И. В. ПОПОВ

## ВВЕДЕНИЕ

Сарматские отложения широко распространены в южной части СССР. Сводная инженерно-геологическая характеристика глинистых комплексов сарматских отложений, обладающих специфическими и наиболее изменчивыми свойствами, представляет значительный интерес.

Целью работы является изучение природы прочности сарматских глин (на примере отложений Центрального Предкавказья), процессов их формирования в ходе прогрессивного литогенеза и выветривания, получение обобщенной инженерно-геологической характеристики их и выработка рекомендаций по методике инженерно-геологического изучения породы и ее строительному использованию.

Исследования проводили в полевых условиях и лабораторными методами. На опорных скважинах изучали состав, структуру и текстуру, физико-механические и физико-химические свойства сарматских глин, формировавшихся в различных природных условиях и залегающих на различной глубине от поверхности земли. Было использовано 17 выработок глубиной от 10 до 50 м, отобрано более 170 монолитов, на которых проведены лабораторные исследования. Химические и минералогические анализы выполнены в физико-химической и минералогической лабораториях Северо-Кавказского отделения ПНИИС.

Всем товарищам, оказавшим помощь в работе, автор выражает благодарность. Особенную признательность автор выражает доктору геолого-минералогических наук профессору И. В. Попову, взявшему на себя труд по ответственному редактированию книги.

---

КРАТКИЙ ОБЗОР  
ИЗУЧЕННОСТИ САРМАТСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ  
ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Сарматские отложения широко распространены в южной части СССР и за его пределами. В СССР они прослеживаются в Закаспийской области в районе плато Усть-Урт (Колесников, 1940), в значительной части Мангышлака, Каракумов, Красноводского полуострова и северных склонов Копетдага.

К западу от Каспийского моря сарматские отложения прослеживаются полосой по Закавказью. Широкой полосой протягиваются они по Северному Кавказу на запад (Украина, Крым) вплоть до западных границ.

По данным Н. И. Андрусова (1899), впервые рассматриваемые слои были отделены от остальных третичных отложений в Венском бассейне Гернесом в 1847 г. и вначале получили название «церитовых». Н. Н. Барбот-де Марни в одном из писем к Е. Зюссу предложил заменить термин «церитовые пласты» новым — «сарматским или сарматическим ярусом». В 1866 г. Зюсс применил это название для обозначения церитовых пластов, и с тех пор оно укоренилось в литературе. Он же дал первое подробное описание сарматского яруса.

Первые сведения о неогеновых отложениях на Северном Кавказе связаны с работами Г. В. Аби́ха. Им в 1865 г. была предпринята попытка расчленения керченского сармата на четыре части: 1) нижние темные сланцеватые глины; 2) известняки и мергели; 3) светлые сланцеватые глины; 4) мшанковый известняк.

В работах Д. Л. Иванова (1886, 1887 гг.), который исследовал главным образом районы Ставрополя, произведено расчленение неогеновых отложений на два яруса: средиземноморский и сарматский. В первом он различал аналоги чокракского известняка и спаниодонтовых пластов.

В 80-х годах прошлого столетия в печати появились статьи Н. И. Андрусова, выдающегося русского геолога, внесшего огромный вклад в изучение стратиграфии, фауны и палеогеографии неогеновых отложений юга СССР. Большое внимание Н. И. Андрусов уделял изучению геологической истории Понто-Каспийского бассейна и первый дал наиболее обстоятельные описания сарматских отложений этой области (1899, 1902 гг.). В работе «Замечания о миоцене прикаспийских стран» (1899) он предложил деление сарматских отложений на три части: 1) нижний отдел — эрвилиевые слои Син-

цова и их эквиваленты в Бессарабии; 2) средний отдел — нубекуляриевые слои и их эквиваленты; 3) верхний отдел — с *Mastra caspia* Eichw. Схема Андрусова прочно укоренилась в литературе и применяется до сих пор.

Систематическое изучение территории Предкавказья связано с деятельностью Геологического комитета (1901—1917 гг.), под руководством которого начинает широко применяться площадная геологическая съемка с составлением геологических карт. К этому времени относятся исследования К. А. Прокопова (1910) в Удельной степи Ставропольской губернии. Последний различает в среднем сармате слои с криптомактрами, с фауной, приближающейся к типичной среднесарматской, и с типичной среднесарматской фауной.

Следует отметить, что весь период до 1917 г. характеризуется преимущественно общим геологическим изучением территории Предкавказья в связи с поисками и разведкой полезных ископаемых.

В более широких масштабах развернулись геологические работы в Предкавказье после установления Советской власти. Исследования, проведенные в 20-х — 30-х годах, позволили значительно уточнить и детализировать схему стратиграфического деления неогена (К. А. Прокопов, В. П. Колесников и др.). С 1923 по 1933 г. была почти закончена пятиверстная геологическая съемка Предкавказской равнины (В. П. Колесников, С. А. Гатуев, П. А. Православлев, В. А. Кузнецов).

В 1939 г. Северо-Кавказским геологическим управлением были начаты систематические геологосъемочные работы на территории Центрального Предкавказья с применением колонкового бурения.

Обстоятельные работы по сармату Предкавказья были выполнены В. П. Колесниковым и напечатаны в 1940 г. в XII т. «Стратиграфии СССР», посвященном неогену.

Новый этап в изучении неогеновых отложений Предкавказья начинается в послевоенные годы. В связи с необходимостью расширения минеральной сырьевой базы и выявления новых видов полезных ископаемых начались плановые крупномасштабные геологосъемочные работы, в первую очередь в районах, перспективных в отношении нефти, газа и твердых полезных ископаемых. На территории Центрального Предкавказья, кроме местных геологических организаций (Северо-Кавказское геологическое управление, Ставропольский филиал Грозненского НИИ, Объединение «Ставропольнефтегаз»), проводят исследования по геологическому картированию, стратиграфии, минералогии и петрографии, геофизике, геохимии, тектонике и геоморфологии Комплексная южная геологическая экспедиция АН СССР, Кавказская экспедиция МГУ, Геофизический институт АН СССР, ВНИИГаз, ВСЕГЕИ и другие организации.

Наиболее крупными работами, в которых рассматривались сарматские отложения, являются изданные в 1956—1959 гг. под редакцией К. Н. Паффенгольда геологическая карта Кавказа и Пояснительная записка к ней. Позднее (1963 г.) сводку по геологиче-

скому строению Кавказа составили Е. Е. Милановский и В. Е. Хаин. Критическому рассмотрению вопросов стратиграфии кайнозой Крымско-Кавказской области посвящены работы Б. П. Жижченко (1953, 1958).

В результате многолетних работ по описанию керна буровых скважин Н. С. Волковой (1956 г.) были получены новые данные по стратиграфии и литологии неогена Центрального Предкавказья и в частности сарматских отложений. Дальнейшей разработке вопросов стратиграфии, литологии и фауны миоценовых отложений Восточной Кубани посвящены исследования Краснодарского филиала ВНИИНефть (В. Н. Буряк, 1960 г.).

Следует отметить работы послевоенного периода, в которых рассматриваются тектоническое строение Предкавказья и история его тектонического развития (Муратов, 1955; Мирчинк и др., 1963; Дубинский, 1962; Бурштар, 1960, 1966; Якушова, 1960; Масляев, 1960, и др.).

В 1968 г. вышли из печати две книги, освещающие геологию Северного Кавказа, в свете новейших данных. Это коллективный труд «Геология СССР» (т. 9 — Северный Кавказ) и монография Е. Е. Милановского «Новейшая тектоника Кавказа».

*Инженерно-геологические исследования сарматских глин Центрального Предкавказья* в региональном аспекте не проводились, несмотря на их широкое распространение и неглубокое залегание. Однако можно назвать целый ряд работ, в которых в той или иной степени освещаются состав и свойства сарматских глин в связи с решением определенных проблем или практических задач.

Первые инженерно-геологические исследования в Центральном Предкавказье фактически начались еще во второй половине XIX в. и были связаны с изучением оползней при строительстве железной дороги Кавказская — Ставрополь (1894—1896 гг.). Качественная оценка строительных свойств грунтов, в том числе и сарматских глин, по трассе железной дороги Армавир — Ставрополь — Петровское дается в отчетах С. И. Черноцкого (1912, 1914 гг.). Характеризуя сарматские отложения, автор указывает на плотные глины, обладающие способностью довольно быстро выветриваться и распадаться на листочки, и с ними связывает возможность возникновения оползней при появлении воды.

Геологические работы, связанные с оползнями на железных дорогах Северного Кавказа, велись и в первые годы Советской власти (В. Е. Еврейсков, 1929 г.). Однако подобного рода работы носили эпизодический характер и не имели теоретического обоснования.

Крупные инженерно-геологические исследования в Центральном Предкавказье развернулись в 30-х годах и были вызваны в первую очередь проблемами ирригационного и гидротехнического строительства (организации «Терстрой», «Союзводтрест», «Гидропроект», «Ленводпроиз» и др.).

В годы Великой Отечественной войны работы велись только по восстановлению отдельных сооружений.

После войны развернулись новые инженерно-геологические исследования под ирригационное строительство, которые выполнялись в основном Пятигорским филиалом института «Южгипроводхоз». Ю. И. Шпильберг (1958 г.) при изысканиях под Ставропольским каналом были получены данные по физико-механическим свойствам сарматских глин, согласно которым они обладают достаточно высокой пластичностью, твердой консистенцией, малой сжимаемостью и находятся в переуплотненном состоянии. Глины выветрелой зоны отличаются от нижележащих меньшей плотностью и несколько большей сжимаемостью. Отмечается приуроченность к ним оползневых процессов.

В 1964 г. Э. В. Запорожченко обобщает материалы инженерно-геологических исследований под ирригационное строительство в Центральном Предкавказье. При характеристике нижнесарматских и криптомактровых глин главное внимание автор уделит их специфическим чертам, отличающим эти породы от некарбонатных майкопских глин. В частности, отмечаются в сарматских глинах более крутые склоны, чем в майкопских.

В 1959 г. С. А. Шагоянцем была составлена схематическая инженерно-геологическая карта Северного Кавказа в масштабе 1 : 2 000 000. Схематическая карта инженерно-геологического районирования Центрального и Северо-Восточного Предкавказья, составленная Э. В. Запорожченко и Ю. И. Шпильберг, опубликована в учебнике И. В. Попова «Инженерная геология СССР» (1965 г.). На этой карте выделен район преимущественного распространения глубоководных нижнесарматских и криптомактровых глин. Наиболее обстоятельное инженерно-геологическое районирование Северного Кавказа было выполнено в последние годы П. В. Царевым и А. И. Клименко (1968). Характеризуя район морских терригенных отложений Ставропольского поднятия, авторы указывают на широко развитый в районе комплекс пород, представленный нижнесарматскими и криптомактровыми глинами. Свойства этих пород охарактеризованы весьма приближенно ввиду отсутствия достаточных данных.

Для обоснования различных видов строительства на территории Центрального Предкавказья инженерно-геологические изыскания проводит целый ряд организаций: «Ставропольгипросельхозстрой», «Севкавтисиз», его Ставропольская экспедиция и Пятигорское отделение, Северо-Кавказская экспедиция «Гидропроекта», Пятигорский филиал «ВНИПИСельэлектро», Ростовское отделение «Теплоэлектропроект» и некоторые другие.

За последние годы не только в Центральном Предкавказье, но и в других районах СССР сарматские глины все чаще привлекают внимание исследователей. А. М. Монюшко и А. И. Клименко (1967) изучали состав и свойства сарматских глин, слагающих Передовые хребты Восточного Предкавказья, где с ними и другими горными породами связаны оползневые процессы; в связи с проблемой набухающих грунтов состав и деформационные свойства

сарматских глин исследовались (Абелев и др., 1966) в районе строительства Керченского металлургического завода, где они залегают под почвенным слоем на глубине 0,3—0,7 м от поверхности. Минералогия, гидрофильность и вспучиваемость при скоростном обжиге сарматских глин Западного Причерноморья изучались с целью использования их как сырья для производства керамзита (Ткаченко-Тульчинская и др., 1967, 1968); в связи с проблемой минеральных вод исследовались поровые растворы сарматских глин Закавказья (Тугуши, Дабахишвили, 1967) и т. д.

Из приведенного обзора вытекает необходимость комплексного исследования инженерно-геологических особенностей сарматских глин с целью обеспечения нужд быстро развивающегося строительства. Такое исследование было проведено нами, и результаты его излагаются в настоящей работе.

ОБЩАЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
ТЕРРИТОРИИ

*Местоположение.* Исследования проведены на обширной территории Центрального Предкавказья, где сарматские глины залегают неглубоко от поверхности земли или выходят на поверхность. Ее южная граница проходит несколько севернее г. Черкесска, северная — на севере Ставропольского края, примерно на широте с. Ипатово; западная — немного западнее г. Армавира, а восточной границей служит Калаус-Кумское междуречье.

*Рельеф.* Описываемая территория расположена в пределах Ставропольской возвышенности и частично захватывает полосу предгорий на юге. По характеру рельефа Ставропольская возвышенность представляет собой плато, сильно расчлененное глубокими речными долинами, балками и оврагами. На западе она круто обрывается к р. Кубани и полого, местами ступенями, спускается на север, к долине Маныча, и на восток — к Терско-Кумской низменности. Здесь сохранилось много высоких останцов, одни из которых приобрели форму гор (Стрижамент, 832 м; Недреманная, 662 м и др.), другие сохранили вид плато (Ставропольские, Бешпагирские высоты и др.).

Ставропольские высоты и гора Стрижамент сильно изрезаны р. Егорлык и ее притоками. Долины этих рек очень глубокие, с крутыми склонами, особенно в верховьях. Вниз по течению долины расширяются и рельеф принимает более сглаженные формы.

Восточные склоны Ставропольской возвышенности изрезаны р. Калаус и ее притоками. Формы долин аналогичны описанным. Прикалаусские высоты (700 м) являются одним из наиболее обширных по площади массивов Ставропольской возвышенности, занимающих пространство между долинами рек Калаус и Кумы. Они образуют крутой правый склон долины р. Калаус. К востоку, в сторону р. Кумы, их высота постепенно снижается. Восточный склон Прикалаусских высот изрезан обширными почти параллельными балками, разделяемыми выровненными водоразделами, что придает местности характер широковолнистой равнины.

Помимо названных форм рельефа, в пределах возвышенности выделяются обширные котловины. Среди них Сенгилеевская (200 м абс. выс.), расположенная у западного подножья Ставропольских высот, и Янкульская (300 м абс. выс.) — к востоку от горы Стрижамент.

Из сказанного видно, что рельеф территории является сложным и разнообразным. Эти особенности рельефа оказывают влияние на формирование климата.

*Климат.* Данные о климате Центрального Предкавказья можно найти в работах Н. С. Темниковой (1959), А. С. Щитова (1960) и др.

В пределах Ставропольской возвышенности выделяются районы с различными климатическими условиями (Щитов, 1960).

Юго-западный район, включающий наиболее высокую часть территории, характерен наименьшим колебанием температур воздуха в течение года, наибольшим увлажнением, не очень жарким летом. Сравнительно редко наблюдаются суховеи. Средняя температура июля — около 20—21°; января — минус 4—5°. Благодаря значительной приподнятости над уровнем моря в этом районе происходит усиление западных и восточных ветров. Так, например, в г. Ставрополе ветры могут достигать 35—40 м/сек.

Годовое количество осадков колеблется от 500 до 660 мм и почти равно величине испаряемости. Среднемесячная относительная влажность воздуха не опускается ниже 50%. Снежный покров удерживается около 85—95 дней.

На верхней части останцовых возвышенностей сравнительно широко представлена древесная растительность. На остальной территории района на предкавказских черноземах развиты разнотравные степи.

Второй район — западный, охватывающий западные склоны Ставропольской возвышенности, а также долину р. Кубани — отличается более теплой зимой со средней температурой января минус 3—4°. Средняя температура в июле колеблется от 22 до 23°.

Ветровой режим в пределах рассматриваемого района разнообразный. Самыми сильными бывают восточные ветры, скорость которых достигает 24 м/сек в Невинномысске и 40 м/сек — в Армавире. Скорость западных ветров не превышает 21 м/сек.

За год в районе выпадает 470—550 мм осадков. Годовая величина испаряемости достигает 760—850 мм. Относительная влажность воздуха сравнительно высокая и колеблется от 42 до 46%. Здесь чаще по сравнению с предыдущим районом наблюдаются суховеи. Снежный покров невелик и сохраняется 60—70 дней.

Почти на всей территории района распространены предкавказские карбонатные черноземные почвы, на которых развита разнотравно-злаковая степь.

Третий климатический район охватывает восточные и северные склоны Ставропольской возвышенности. Средняя температура января — минус 4—4,6°. Лето довольно жаркое со средней температурой в июле 23—24°.

В соответствии с наклоном поверхности происходит усиление восточных или западных ветров до скорости 21—34 м/сек.

По степени увлажнения этот район находится в худших условиях, чем предыдущие. Количество осадков за год равняется 380—450 мм, а величина испаряемости достигает 850—900 мм. Влаж-

ность воздуха в среднем составляет 42—44%. Дней с суховеями насчитывается около 45—50. Снежный покров невелик и сохраняется 75—80 дней.

На территории данного района преобладают темно-каштановые почвы и каштановые черноземы, на которых развита типчаково-ковыльная степь.

*Гидрография.* В пределах рассматриваемого района берут начало реки Калаус и Егорлык. В западной части протекает р. Кубань и ее приток Уруп.

Наиболее многоводной рекой является Кубань, которая берет начало на северо-восточных склонах Кавказа. Питание реки смешанное: дождевое, снегово-ледниковое и грунтовое. Преобладает дождевое питание. Заметную роль в жизни реки играют грунтовые воды, на долю которых в среднем течении приходится 16% от общего питания.

Уровень реки максимально повышается в июле — августе, когда происходит интенсивное таяние ледников. Далее отмечается интенсивный спад уровня, который продолжается до октября.

Река Калаус берет начало на Ставропольской возвышенности на горе Брык. Русло имеет в основном меридиональное направление, и большая часть его проходит по территории, сложенной сарматом. Калаус — типично степная река, получающая питание за счет весеннего снеготаяния и частично за счет ливневых дождей. Грунтовое питание у нее незначительное. Резкие подъемы уровня прослеживаются в марте и июле и очень небольшой поток — в конце лета и зимой. Вода в реке мутная и сильно минерализована.

Река Егорлык берет начало на восточном склоне горы Стрижмент. Типичная степная река Егорлык в настоящее время сильно изменилась. Ее русло используется для прохода вод Кубань-Егорлыкской обводнительной системы, питающейся кубанской водой через Невинномысский канал. Ответвление — Право-Егорлыкский канал — служит для обводнения и орошения обширного водораздела между р. Егорлыком и средней частью р. Калаус.

Озер на рассматриваемой территории мало, все большее распространение приобретают искусственные водохранилища (Сенгилевское, Ново-Троицкое).

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

## Стратиграфия

В соответствии с целью настоящей работы мы остановимся подробно на стратиграфическом описании миоценовых отложений, к которым относятся изучаемые породы. Стратиграфия более древних и более молодых отложений приводится кратко и в общем виде.

Комплекс пород, слагающих район, подразделяется на две группы. К первой относятся палеозойские образования. Вторая группа пород представлена отложениями мезо-кайнозойского возраста, несогласно залегающими на палеозойских образованиях.

Палеозойские отложения, участвующие в строении герцинского фундамента, представлены сильно дислоцированными метаморфизованными сланцами, филлитами и кристаллическими породами. Мезозойские отложения представлены песчано-глинистыми породами с известняками, песчаниками и гипсоангидритами. Отложения палеогеновой системы на описываемой территории представлены песчано-глинистыми породами с мергелями и песчаниками.

*Неогеновая система* представлена отложениями миоцена и плиоцена. В нижней части миоцена выделяется верхнемайкопская подсерия, представленная глинами.

В настоящее время принято подразделять среднемиоценовые отложения (снизу вверх) на тарханский, чокракский, караганский и конкский горизонты (Волкова, 1956; Жижченко и др., 1958).

*Отложения тарханского горизонта* сохранились в наиболее погруженных южных районах Центрального Предкавказья. В центральной и северной частях они отсутствуют, что объясняется размывом чокракской трансгрессии. Представлен этот горизонт сравнительно однообразными зеленовато-серыми и коричневатого-серыми карбонатными и бескарбонатными глинами, в которых отмечается маломощный прослой буровато-серого мергеля. Мощность горизонта 3—41 м.

*Отложения чокракского горизонта* широко развиты на территории Центрального Предкавказья и характеризуются значительной изменчивостью литологического состава и мощности, что тесно связано с размывами во второй половине чокракского века и в начале караганского времени. В центральной и западной частях Ставропольского свода чокракский горизонт представлен песчано-глинистыми отложениями, мощность которых обычно не превышает

10 м и лишь на юго-востоке увеличивается до 30—35 м. К северу и северо-западу мощность их не превышает 5—20 м. В южной части Центрального Предкавказья в бассейнах рек Урупа, Кубани и верховьев р. Калаус чокракские отложения сложены двумя литологически различными толщами: нижней песчаной и верхней глинистой. На Ровненской и Западно-Невинномысской площадях в низах чокракского горизонта залегают темно-зеленые, карбонатные неслоистые глины с прослоями песчаников. Мощность пачки 15 м. Выше залегают пески, песчаники и глины с прослоями ракушников общей мощностью 25 м. Верхние слои состоят из карбонатных песчаных глин с прослоями песчаников и ракушников. Мощность этих слоев 15—20 м. Аналогичный состав отложений отмечается в Темнолесском районе и у горы Стрижамент.

*Отложения караганского горизонта* подобно чокракским отличаются непостоянством литологического состава. В междуречье Уруп — Кубань этот горизонт сложен темно-серыми глинами с тонкими прослоями охристых песков, песчаников, плитчатых мергелей и конкреций «бризозевых» известняков. В основании караганского горизонта залегает пласт конгломерата, состоящего из обломков известняка, сцементированных глинистым материалом. Мощность горизонта 150—170 м.

К востоку фациальный состав меняется очень незначительно и мощности сохраняются.

На территории Центрального и Восточного Ставрополя караганские отложения представлены коричневато-серыми глинами с прослоями песка и мергеля. В верхней части разреза залегает пласт зеленовато-серого песчаника мощностью 4—15 м. Мощность караганского горизонта в этой части территории 90 м.

*Конкский горизонт* в Центральном Предкавказье почти всюду выражен в глубоководной фации и вследствие литологического сходства с караганом и нижним сарматом трудно выделяется.

Отложения конкского горизонта отмечаются на юге рассматриваемой территории по рекам Уруп, Б. Зеленчук и Невинка. В разрезе р. Б. Зеленчук в однообразной глинистой толще отмечаются редкие прослои мергеля. На водоразделе рек Невинка и Березовка отложения представлены песками, песчаниками, ракушниками, известняками и конгломератами общей мощностью 90 м.

На Невинномысских высотах, в Саблинском районе, конкский горизонт сложен карбонатными глинами и прослоями песка и алеволита. В северном направлении количество глинистого материала увеличивается. По р. Калаус преобладают песчаные породы.

По данным бурения в центральном Ставрополье установлена пачка 23—30 м серых и темно-серых глин с прослоями бурых алеволитов, которая условно относится к конкскому горизонту (Б. П. Жижченко, В. А. Сереженко, Э. В. Чурилова).

## Сарматский ярус

По общепринятой схеме сарматский ярус относится к верхнему миоцену и подразделяется на три части (табл. 1): нижний (вольтинский горизонт или подъярус), средний (бессарабский) и верхний (херсонский) сармат. Присвоенные горизонтам названия практически не употребляются.

Таблица 1

### Сарматский ярус Ставропольской возвышенности (по К. А. Прокопову)

Верхний подъярус	$N_1^3S_3$	—	
Средний подъярус	$N_1^3S_2$	Горизонт с типичной среднесарматской фауной	Холоднородниковый пласт Форштадская свита Карабинский пласт Ясеновская свита
		Криптомактровые слои	
		Мамайский горизонт	
Нижний подъярус	$N_1^3S_1$		

В пределах Центрального Предкавказья сарматские отложения, относящиеся к карбонатно-терригенной формации (Попов, 1965), весьма широко распространены. Описание их приводим в основном по Н. С. Волковой (1956), А. Е. Ткачуку, Б. М. Ереминому, Г. А. Ткачук (1962).

*Нижний сармат.* В пределах Центрального Предкавказья нижнесарматские отложения развиты почти повсеместно. Представлены они в основном темными глинами с прослоями плитчатых и хрупких мергелей и известняков.

Фаунистически нижний сармат Центрального Предкавказья почти повсеместно подразделяется на две части: нижнюю — глины с *Syndesmya reflexa* Eichw, верхнюю — глины с *Mastra eichwaldi* Lask.

Наиболее полно отложения нижнего сармата обнажаются по долинам рек Уруп, Б. Зеленчук и Кубань, на Невинномысских, Круглолесских и Темнолесских высотах, по склонам Янкульской котловины и в бассейнах рек Егорлык и Калаус.

Нижнесарматские образования характеризуются в большинстве случаев выдержанностью и однообразием литологического состава пород. На большей части Центрального Предкавказья они представлены глинами темно-серыми и буровато-серыми, слоистыми и неяснослоистыми, песчано-алевритистыми, карбонатными, трещиноватыми. Трещины в основном выполнены кристаллами гипса. Прослой

известняков мощностью до 0,4 м занимают строго определенное положение в разрезе. В южной, северо-восточной и восточной частях Центрального Предкавказья отмечается увеличение песчаности отложений. Увеличение песчаности и прослоев мергелей отмечается также вверх по разрезу. Колебания мощностей нижнесарматских отложений незначительны — от 70 м в западной части территории до 110 м — в восточной.

*Средний сармат.* Породы этого подъяруса отличаются на территории Центрального Предкавказья большим разнообразием и представлены двумя типами отложений: нижним — глинисто-мергелистым, называемым криптомактровым горизонтом, и верхним — песчано-известняковым, известным под названием горизонта с типичной среднесарматской фауной. Оба эти типа среднесарматских отложений являются не строго обособленными стратиграфическими горизонтами, а имеют чисто местное значение. Горизонт с типичной среднесарматской фауной представлен более мелководными отложениями и занимает более высокое стратиграфическое положение, залегая на относительно глубоководных отложениях криптомактрового горизонта.

*Криптомактровый горизонт* подразделяется в свою очередь на три части: нижнюю (3—20 м), представленную почти повсеместно пачкой мергелей желтовато-белого цвета с прослоями мергелеподобных глин и соответствующую мамайскому горизонту (Прокопов, 1910); среднюю (40—50 м), сложенную обычно глинами, светло- и темно-серыми, часто с зеленоватым и желтоватым оттенками, слоистыми и неяснослоистыми, участками скорлуповато-конкреционного строения, бесструктурными, карбонатными, непесчанистыми, местами песчанистыми, трещиноватыми с прослоями мергеля; верхнюю (170 м), состоящую из песчанистых глин зеленовато-серого цвета с *Tapes naviculatus* R. Noegn.

В зоне выветривания глины часто обогащаются гипсом, образующим разрушенные кристаллы, друзы, гнезда и реже прослой мощностью 0,02—0,1 м.

Между средней, более глубоководной, и верхней, менее глубоководной, фациями, Н. И. Лупаревым и Н. М. Прохоренко выделяется в Центральном Предкавказье маркирующий пласт мергеля с обильной среднесарматской фауной, названный ими «мутнянским пластом», мощностью до 3 м.

Наиболее широко распространен криптомактровый горизонт в центральной и северной частях исследуемой территории. На западе он участвует в строении правобережья р. Кубани и долины р. Уруп, постепенно погружаясь в сторону Кубанской депрессии.

В юго-восточном направлении от г. Ставрополя и в сторону Кубанской депрессии песчаность отложений постепенно возрастает.

Мощность криптомактрового горизонта колеблется от 40 м на северо-западной территории в районе Северо-Ставропольского поднятия до 270 м на р. Томузловке. На западе, по рекам Уруп и



Кубань, мощность глинистой толщи составляет 130—160 м, к северу, в сторону Изобильного, она снижается до 60—90 м, затем к востоку вновь возрастает до 120 м в обрывах Темнолесских высот. В более северных участках Центрального Предкавказья мощность горизонта не превышает 80—90 м (Ипатовский район).

*Горизонт с типичной среднесарматской фауной* слагает водораздельные пространства Ставропольской платообразной возвышенности и представлен более мелководными образованиями — песками, содержащими прослойки и линзы песчаников, известняков, изредка мергелей и глин. На Ставропольском плато в составе горизонта сверху вниз выделяются следующие свиты и пласты.

1. Холоднородниковский пласт — песчаный известняк-ракушечник и известковистый песчаник — 7 м.

2. Форштадская свита — мелко- и среднезернистые пески с прослойками глин и песчаников мощностью 30—35 м.

3. Карабинский пласт — детритусовый известняк-ракушечник мощностью 2—3 м.

4. Ясеновская свита — песчаные глины мощностью около 30 м.

Общая мощность слоев с типичной среднесарматской фауной для района г. Ставрополя составляет около 75 м.

Между г. Армавиром и станицей Каменнобродской в самых верхах толщи появляются мощные глыбы мшанковых известняков, стратиграфическое положение которых соответствует холоднородниковому пласту. Мшанковые известняки встречаются и на востоке территории, по р. Томузловке.

К югу от г. Ставрополя в районе станицы Темнолесской нижняя часть горизонтов (ясеновская свита) литологически представлена серыми, тонкослойными глинами, сильнопесчанистыми, карбонатными, плотными, с пропластками светло-серого мелкозернистого кварц-слюдистого песка. Мощность этой пачки 30—35 м. Вышележащая толща (35 м) несколько видоизменяется за счет фациального замещения карабинского и холоднородниковского пластов пачкой песчаников. По р. Калаус и восточнее в песках также преобладают прослойки известковистых песчаников.

На севере территории, севернее долины р. Малая Кугульта, по данным бурения, горизонт с типичной среднесарматской фауной размыт понтическим морем.

Мощность горизонта с типичной среднесарматской фауной в районе Ставропольского плато составляет 60—75 м. К северу, в Каменнобродском районе, увеличивается до 120 м, а к югу и востоку уменьшается. На правобережье р. Калаус она не превышает 15 м.

*Верхний сармат.* В Центральном Предкавказье верхний сармат сохранился лишь отдельными участками, преимущественно на возвышенностях.

Литологически и фаунистически верхний сармат подразделяется на две части — нижнюю и верхнюю. Нижняя часть выражена мелководными отложениями и залегает на размытой поверхности сред-

него сармата. Сложена она песчаниками и конгломератами, тонко- и мелкозернистыми песками и глинами. Верхняя часть представлена глинами с прослоями мергелей, рыхлыми песками, песчаниками известняками-ракушечниками.

В пределах Ставрополя отложения верхнесарматского подъяруса распределяются следующим образом (Жижченко, 1953, 1958 и др.). Ставропольский свод с запада и востока окаймляют две полосы галечников. Западная полоса мощностью 1—10 м состоит из галечников и конгломератов с галькой осадочных пород и линзообразными прослоями глин и относится к нижней части верхнего сармата. Восточная полоса мощностью 21 м выражена переслаиванием галечников и конгломератов с грубозернистыми песками и песчаниками. Верхнесарматские отложения в северной части Центрального Предкавказья отсутствуют.

На восток от р. Калаус верхнесарматские отложения наиболее широко развиты. Нижняя часть состоит из песков с небольшими прослоями глин и мергелей, а верхняя — представлена песками с прослоями песчаников и раковинных известняков, иногда конгломератов.

Общая мощность верхнесарматского подъяруса составляет в центральной, западной и южной частях территории 30—40 м. В восточном и юго-восточном направлениях эта мощность увеличивается.

*Меотические отложения* в Центральном Предкавказье распространены только в северо-восточной части Ставропольского свода за пределами рассматриваемой территории.

Отложения *плиоценового возраста* на изученной территории представлены преимущественно континентальными образованиями или мелководно-прибрежными фациями.

Отложения *четвертичной системы* Центрального Предкавказья представлены в общем элювиально-делювиальными образованиями (суглинки, щебень), покровными, преимущественно лёссовидными суглинками водоразделов и аллювиальными отложениями (суглинки, пески, галечники). Мощность четвертичных отложений колеблется от 0 до 20 м.

## Тектоника

С учетом новейших данных В. Е. Хаина и М. С. Бурштара (Геология СССР, 1968) тектоническое строение исследуемой территории представляется следующим.

Район располагается в пределах Скифской эпигерцинской платформы или плиты (Муратов, 1955). Центральное место в структуре последней занимает Ставропольский свод, представляющий собой самый крупный поперечный выступ палеозойского основания в Предкавказье. Наиболее приподнятая часть фундамента отмечается в пределах южной части свода (Армави́ро-Невинномысский вал), где поверхность фундамента фиксируется на отметке 763 м. На се-

вере, в пределах Северо-Ставропольского поднятия, поверхность фундамента отмечается на глубинах 1600—2000 м.

К западу и востоку от Ставропольского свода на погружениях фундамента выделяются Азово-Кубанская и Терско-Кумская впадины. Склон Ставропольского свода, обращенный в сторону Азово-Кубанской впадины, крутой. Восточный склон относительно пологий. Он осложнен небольшим Спицевским прогибом широтного простирания, раскрывающимся в относительно глубокий и обширный Чернолесский прогиб.

В пределах Ставропольского свода, особенно в его северной части, развиты локальные структуры типично платформенного строения — больших размеров с пологими крыльями и изометричной формы. Структуры же южной части свода обладают чертами, переходными от геосинклинального типа к платформенному, — узкие, вытянутые, с относительно крутыми крыльями.

От Большого Кавказа Ставропольский свод отделен относительно пологим Беломечетским прогибом, имеющим отчетливо выраженную складчатость Кавказского простирания. На востоке этот прогиб замыкается Минераловодским выступом.

В тектоническом развитии Центрального Предкавказья, как и всего Кавказа, четко выделяется (Масляев, 1960; Якушова, 1960; Сафронов, 1964; Милановский, 1968, и др.) *нашей стадия* альпийского геотектонического цикла (поздний сармат — современность). Это время характеризуется активизацией восходящих движений, сопровождающихся резким усилением погружений краевых и межгорных впадин. Анализ неотектонических движений в Предкавказье представляется нам важным для правильного понимания их влияния на формирование инженерно-геологических свойств сарматских отложений в условиях континентального режима их существования.

В пределах основных структурных элементов Скифской плиты новейшие движения проявились дифференцированно.

Центральная структура исследуемого района — Ставропольское поднятие — в течение неотектонической стадии выделяется как область абсолютного или относительного воздымания. Согласно последним данным (Милановский, 1968), с помощью геоморфологического анализа выявляется несколько фаз воздымания Ставропольского поднятия, разделенных фазами некоторого опускания и выравнивания рельефа: допонтическая фаза воздымания, понтическая стадия выравнивания и опускания, доакчагыльская фаза подъема, акчагыльская фаза выравнивания и некоторого опускания и послепакчагыльская стадия подъема.

Мы уже отмечали, что Ставропольское поднятие осложнено локальными брахиантиклинальными поднятиями. На крыльях некоторых из них установлены разломы, смещающие сарматские и более древние отложения. Развитие этих локальных поднятий в значительной мере связано с новейшими движениями, так как в их строении участвуют дислоцированные сарматские отложения. Б. Г. Сократов (1960) отмечает, что на южном крыле Невинномыс-

ского поднятия сармат оборван сбросом с амплитудой в несколько сотен метров.

В конце сармата постепенно прекратились абсолютные опускания Беломечетского прогиба, лежащего к югу от Ставропольского поднятия. Прогиб фактически причленился к платформенной зоне. В дальнейшем этот участок испытывал незначительные воздымания, однако по интенсивности он отставал от платформенной части и Большого Кавказа.

В неотектоническую стадию активно продолжалось поднятие Минераловодского выступа.

Платформенные крылья Азово-Кубанской и Терско-Каспийской впадин в новейшую стадию испытывали в целом довольно значительное опускание, но темп погружения был непостоянным. Участки, примыкающие к Ставропольскому поднятию, по мере разрастания последнего постепенно вовлекались в слабое воздымание.

Таким образом, в неотектонический этап отмечается коренная перестройка структурного плана, особенно в периферийных частях платформенных поднятий, где тенденция к погружению преодолевалась восходящими движениями. Такая перестройка, очевидно, меняла напряжение в массивах горных пород, сформировавшихся к этому времени.

Современные тектонические движения в пределах Центрального Предкавказья нередко сопровождаются сейсмическими явлениями. Рассматриваемая территория относится к сейсмической зоне с активностью 5—6 баллов, а в районе Кавказских Минеральных Вод — до 7 баллов. П. Н. Никитин (1968) указывает на наличие 15 очагов землетрясений на Ставрополье (не считая района Кавминвод, где имеется семь очагов).

## Геоморфология

Формирование современного рельефа рассматриваемой территории происходило под воздействием тектонического развития, с одной стороны, и денудационно-аккумулятивной деятельности, с другой. Наиболее новые данные по геоморфологии Центрального Предкавказья приводятся в работах И. Н. Сафронова (1959, 1968, 1969).

Согласно схеме геоморфологического районирования Предкавказья И. Н. Сафронова (1968), рассматриваемая территория располагается преимущественно в пределах геоморфологической области структурно-денудационных плато и эрозионно-аккумулятивных равнин Ставропольского поднятия и лишь частично юго-западной частью захватывает предгорные наклонные аллювиальные террасированные равнины и низкогорный рельеф области новейшей складчатости, которые относятся И. Н. Сафроновым к геоморфологической провинции Большого Кавказа.

В южной, наиболее приподнятой части Ставропольского поднятия широко развиты глубоко расчлененные высокие равнины и депрессии с обращенными формами рельефа. Здесь проходит зона Невинномысского вала, состоящего из отдельных антиклинальных структур, Янкульского купола и Сенгилеевской антиклинали. Зона Невинномысского вала представляет собой обширное понижение в рельефе, в пределах которого разработаны широтные долины рек Кубани, Барсуков, Суркуля.

На месте Янкульского купола и Сенгилеевского поднятия образовались котловины, расчлененные балочной сетью. На склонах, сложенных олигоцен-миоценовыми глинами, широко развиты оползни, оплывины и грязевые потоки.

Для южной и центральной части Ставрополя характерны останцевые структурно-денудационные плато абразионных возвышенностей. Образование этих форм рельефа связано с выходом на поверхность устойчивых против выветривания пород сармата и чокрака. Наиболее обширные возвышенности сохранились в центральной части Ставрополя и на правом берегу р. Калаус. Возвышенности расчленены широкими плоскодонными ложбинами. На пологих склонах возвышенностей, сложенных породами различной устойчивости, развит ступенчатый рельеф, осложненный оползнями и явлениями отседания склонов.

В центральной части Ставрополя широко распространены пластовые структурно-эрозионные высокие равнины, связанные с выходом на поверхность криптоактрового горизонта среднего сармата. Равнины эти образуют гипсометрически более низкий по сравнению с останцевыми возвышенностями ярус рельефа и расчленены пологими долинами. В местах перехода равнин в останцевые возвышенности И. Н. Сафронов отмечает наличие отчетливо выраженного оползневого мелкобугристого рельефа, связанного с криптоактровыми глинами среднего сармата.

Ставропольское поднятие с запада, востока и севера окаймляют эрозионно-аккумулятивные равнины, сложенные с поверхности лессовидными суглинками. Равнины расчленены долинами рек, балочной и овражной сетью.

В области Кубанской наклонной равнины отмечаются широко разработанные долины, которые несут на своих склонах эрозионно-аккумулятивные террасы. Кроме внутриваловых террас, на больших пространствах прослеживаются междуречные террасовые поверхности.

Низкогорный рельеф области новейшей складчатости охватывает зону развития моноклинальных и складчатых структур палеогеновых и неогеновых отложений предгорий. В рельефе ей соответствуют низкие горные гряды и возвышенности, которые местами приобретают характер плато.

*Водоносность сарматских отложений.* Сведения о водоносных комплексах отложений сарматского яруса Центрального Предкавказья можно найти в сводных работах С. А. Шагоянца (1959), Г. М. Сухарева и М. В. Мирошникова (1963), Н. С. Погорельского (1968) и ряде других работ.

Водоносность сарматских отложений рассматриваемой территории отчетливо проявляется в многочисленных источниках. Источники с максимальными дебитами приурочены к верхнесарматским отложениям и к горизонту «с типичной фауной», а с минимальными — к отложениям нижнесарматского подъяруса. Водоносные породы представлены песками, песчаниками, мергелями и известняками-ракушечниками. Воды источников разнообразны по химическому составу, но преимущественно относятся к гидрокарбонатным и сульфатным с минерализацией до 1 г/л.

Водоносные верхнесарматские отложения залегают вблизи поверхности земли. В основном это мелкозернистые пески, песчаники и известняки, содержащие безнапорный горизонт грунтовых вод. Распространены эти отложения на запад от долины р. Калаус до р. Большая Кугульта и на восток от р. Калаус, где они перекрываются более молодыми отложениями. Минерализация грунтовых вод верхнесарматской песчано-известняковой толщи небольшая, сухие остатки составляют 0,3—1 г/л. По химическому составу они относятся преимущественно к гидрокарбонатно-кальциевым, и лишь небольшая часть их содержит несколько повышенное количество сульфатов натрия. Грунтовые воды этого горизонта пригодны для питья. Верхнесарматский водоносный горизонт подстилается водоносными горизонтами среднесарматской песчаной толщи, образуя единый водоносный горизонт.

Подземные воды среднесарматских отложений приурочены в основном к песчано-известняковому горизонту «с типичной фауной», частично криптоактровым и мамайским отложениям. Безнапорные грунтовые воды среднесарматских отложений распространены на большой площади центральной части Ставропольской возвышенности. К востоку от р. Калауса среднесарматские отложения перекрыты водоносными песками верхнего сармата, с которыми образуют общий водоносный горизонт. Грунтовые воды горизонта «с типичной фауной» вместе с водами верхнесарматских отложений служат источниками водоснабжения многих населенных пунктов. Минерализация их невысокая (0,3—0,8 г/л), по химическому составу воды преимущественно сульфатно-гидрокарбонатно-кальциево-натриевые, гидрокарбонатно-сульфатно-натриево-кальциевые и реже гидрокарбонатно-кальциевые. В местах, где среднесарматские воды выщелачивают засоленные глинистые отложения, минерализация их повышается до 1,0—2,5 г/л.

Водоносность криптоактрового горизонта отмечается на правом берегу р. Калаус, где он представлен в песчаной фации, и в цент-

ральной части описываемой территории, где водоносны мергелистые прослои в криптомактровых глинах.

Напорные воды в отложениях среднего сармата вскрыты в западной части описываемой территории (станции Каменнобродская, Ново-Троицкая), а также в районе г. Ставрополя. Воды эти имеют повышенную минерализацию, и в составе их преобладают сульфаты.

Грунтовые воды отложений нижнего сармата, развитые в южной части Ставропольского поднятия, характеризуются, по данным Н. С. Погорельского, повышенной минерализацией (1—3 г/л) и используются в основном для хозяйственных целей. Напорные воды в отложениях нижнего сармата содержатся в песчаных и мергелистых прослоях и вскрыты в зоне погружения этих отложений в районе сел Софиевка, Труновское и др. Минерализация вод превышает в основном 1,4 г/л, и по составу они преимущественно сульфатно-хлоридно-натриевые и гидрокарбонатно-натриевые.

*Водоносность четвертичных отложений.* Воды в четвертичных отложениях распространены почти повсеместно. Отличаются они весьма разнообразным химическим составом и пестрой минерализацией, изучены очень слабо. Среди рассматриваемых отложений на территории приповерхностного залегания сарматских толщ могут быть выделены водоносные горизонты в делювиальных отложениях (С. А. Шагоянц). Грунтовые воды делювиальных песчано-глинистых отложений имеют чрезвычайно пестрый состав и различную степень минерализации. Преобладают воды с минерализацией более 1 г/л.

В бассейне р. Калаус выделяется значительная площадь, сложенная сарматскими глинами. Делювий здесь преимущественно глинистый и реже песчано-глинистый. Почти повсеместно на глубине 3—10 м от поверхности в делювии встречаются грунтовые воды высокой минерализации (обычно более 3 г/л). На отдельных равнинных участках минерализация этих вод превышает 20 г/л. Удовлетворительного качества воды встречаются в песчано-глинистом делювии по склонам речных долин и балок, прорезывающих платообразные возвышенности. Качество вод обычно ухудшается по направлению от верхней к нижней части склонов, сухой остаток изменяется от 1 до 3 г/л.

Водоносные горизонты встречены в песчано-глинистом аллювии по долинам степных рек (Егорлыка, Калауса и др.) и их многочисленных притоков — речек и балок. Для этих вод характерны повышенная минерализация и пестрый химический состав. Содержание сухого остатка преимущественно 1—3 г/л, иногда доходит до 10 г/л. Воды с минерализацией до 1 г/л встречаются обычно только в верховьях рек и балок или на тех участках, где коренные породы содержат пресную воду. По химическому составу воды с минерализацией до 1 г/л относятся к сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевым и реже к гидрокарбонатно-кальциевым; с минерализацией от 1 до 3 г/л — сульфатно-гидрокарбонатно-кальциево-магниевым (натрие-

вым) и сульфатно-хлоридно-натриево-кальциевым; с минерализацией более 3 г/л — к сульфатно-натриево-магниевым, сульфатно-хлоридно-кальциево-натриевым, хлоридно-сульфатно-кальциево-натриевым и реже к хлоридно-натриевым. С. А. Шагоянц отмечает, что в тех частях долин, где река прорезает сарматские глины, качество вод заметно ухудшается. Русло реки оказывает дренажное влияние на этот водоносный горизонт.

Грунтовые воды делювия и аллювия в случае контакта с сарматскими отложениями естественно сообщаются с водоносными горизонтами последних, изменяют зачастую их минерализацию, химический состав и взаимодействуют с породами. Последнее может привести к изменению свойств сарматских отложений.

## УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ

Природа инженерно-геологических свойств сарматских глин тесно связана с геологической историей и режимом морского бассейна, в котором происходило накопление осадков в сарматский век, а также с последующими условиями существования сформировавшейся породы. Историко-геологический анализ помогает судить о причинах некоторых физико-геологических и инженерно-геологических явлений, происходящих в области распространения изучаемых пород.

Описание физических и биомических условий сарматского моря мы находим в классических работах академика Н. И. Андрусова (1899). Сарматское море, по Н. И. Андрусову, занимало площадь, близкую к площади Средиземного моря, и покрывало огромные пространства от Венского бассейна до пустыни Каракум. Это был сложный замкнутый бассейн, представляющий собой фактически систему внутренних морей, соединенных друг с другом проливами. В силу замкнутости моря приливы и отливы в нем были мало заметны и абсолютная величина волн уступала океаническим. Сила переноса таких волн с глубиной должна была быстро угасать, что отражалось в накоплении однообразных глинистых осадков в незначительном расстоянии от берега и на небольшой глубине. Вместе с тем выдержанные на большой площади равномерные толщи сарматских глин встречаются сравнительно редко, что приводит к выводу о существовании в сарматском море обширных отмелей. В переходной зоне от глинистой глубоководной фации к мелководным отложениям образовались некоторые мергели и известняки.

Изучение сарматской фауны показало, что сарматский бассейн представлял собой в общем несколько опресненное внутреннее море, близкое по солености, как полагает Н. И. Андрусов, к водам Черного моря. Эта соленость менялась как в горизонтальном направлении, так и во времени. В замкнутых или полузамкнутых участках моря она повышалась по сравнению с соленостью вод основного водоема, и там отлагался гипс или гипсосодержащие глины. Как указывает В. П. Колесников (1940), сарматское море изобиловало крупными островами и заливами, что, естественно, отразилось на характере его отложений и фауны. В силу этого в области распространения сармата выделяется ряд районов, обладающих своеобразными чертами. Одним из таких районов сарматского моря в пре-

делах современного Предкавказья является район Ставропольского пролива, Терского и Кубанского заливов.

По В. П. Колесникову, в начале сармата в этой обширной области располагались Кубанский и Терский заливы, слабо вдающиеся в кавказскую сушу, и глубокий довольно широкий Ставропольский пролив. У берега кавказского острова в узкой прибрежно-мелководной зоне накапливались довольно пестрые по составу отложения. К северу морские глубины быстро увеличивались и прибрежно-мелководные отложения сменялись глубоководными образованиями, представленными весьма однообразными глинами. Такая обстановка сохранялась и в первой половине среднесарматского века.

Середина среднесарматского века характеризуется общим умеренным подъемом области с наибольшей интенсивностью в зоне Ставропольского свода. В силу этого меняется расположение береговой линии, и она отступает. Начинается некоторое сокращение и обмеление бассейна; мелководные фации перемещаются к северу, перекрывая отложившиеся ранее здесь более глубоководные осадки. Обнажившиеся из-под поверхности моря прибрежно-мелководные отложения нижнего и частично среднего сармата начинают интенсивно разрушаться.

Формирующаяся возвышенность обуславливает появление в Ставропольском проливе весьма широкой мелководной зоны. На фоне общего подъема испытывали прогибание отдельные участки, примыкающие с запада и востока к Ставропольскому своду. Здесь продолжалось в это время накопление преимущественно глинистых осадков большой мощности.

В конце среднего сармата область Ставропольского свода была выведена из-под уровня моря, и в верхнесарматскую эпоху ставропольское мелководье превращается в сушу, разделяющую Кубанский и Терский заливы. Верхнесарматский бассейн заметно сократился, обмелел и опреснился. В меотический век Ставрополье окончательно освобождается от моря.

Накопление осадков рассматриваемого района в сарматский век происходило, как мы видим, в условиях опресняющегося бассейна; при этом общий уровень его повышался, обуславливая трансгрессию. На фоне общего изменения уровня вод во всем бассейне в разные моменты сарматского времени отмечаются (Ренгартен, 1947) трансгрессии и регрессии, обусловленные местными колебательными движениями земной коры.

Поступление аллотигенного материала происходило (Гроссгейм, 1961) как с севера за счет разрушения платформенной суши, так и с юга за счет поднятий Кавказской геосинклинали.

Эффузивные вулканические проявления на Северном Кавказе в миоценовое время пока не отмечаются, однако с предмеотическими фазами складкообразования связывается внедрение многих кислых и основных интрузий в Главном хребте (Ренгартен, 1947).

В дальнейшем формирование свойств сарматских отложений на рассматриваемой территории протекало в континентальных усло-

виях с различной климатической обстановкой (Верещагин, 1959) Конец миоцена характеризуется расширением площади суши и изменением климата в сторону похолодания, однако в начале плиоцена он оставался довольно теплым. Начиная со среднего понта, наступает новое потепление климата, и в киммерийском веке он становится близким к тропическому. Климатические смены, не носящие катастрофического характера, предполагаются на протяжении акчагыла и апшерона.

Уже с середины плейстоценовой эпохи климат, как и флора, был близок к современному. Климатические ритмы в Европейской части СССР, связанные с ледниковыми эпохами, проявлялись на Северном Кавказе в трансгрессии Каспийского и отчасти Черного морей (Краснов, Хаин, 1964).

После выхода сарматских отложений из-под уровня моря начались процессы выветривания верхней зоны, продолжающиеся и в наши дни.

## ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

На территории Центрального Предкавказья в зоне неглубокого залегания сарматских глин преимущественно распространены криптомактровые глины среднего сармата, вскрытые большинством скважин. Только на участке одной из скважин (19) над криптомактровыми слоями залежали среднесарматские глины ясеновской свиты. Менее распространены нижнесарматские отложения. Глины верхнего сармата на интересующих нас глубинах практически отсутствуют.

Сарматский возраст изученных отложений, а также принадлежность их к определенному подъярису были подтверждены данными анализа микрофауны, выполненного в лаборатории стратиграфии Краснодарского филиала ВНИИНефть под руководством старшего научного сотрудника А. К. Богдановича.

## Макроскопическая характеристика

В невыветрелом состоянии сарматские глины характеризуются преимущественно темно-серым, иногда до черного, реже светло-серым цветом с голубоватым, оливковым или желтоватым оттенком.

Сложение породы плотное, местами с увеличением глубины залегания аргиллитоподобное, визуальное однородное, неяснослоистое и слоистое. В глинах содержатся тонкие (до 1 мм) прослойки алевролита серого цвета с блестками слюды, мелко- и тонкозернистого песка серого или темно-серого цвета мощностью 2—3 мм, часто содержащего разрушенные раковины моллюсков; прослойки гипса мелкокристаллического толщиной от 3 мм до 1—4 см. Некоторые горизонты (особенно глины ясеновской свиты) обогащены прослоями песка светло-серого цвета, мелкозернистого, кварцево-слюдистого. Сарматские глины карбонатны, как правило вскипают от воздействия 10%-ного раствора соляной кислоты. Нередко в них встречаются прослойки мергеля, буровато-серого и серого цвета толщиной 2 см и более, залегающие параллельно плоскостям наслоения.

Часто глины расщеплены отдельными вертикальными трещинами толщиной до 1—5 мм. Трещины прослеживаются по керну на глубину 35 м и более от поверхности земли; встречаются наклонные сглаженные плоскости под углом 60—70° к плоскости первичного напластования, возникшие, очевидно, в результате деформаций

породы под влиянием неотектонических воздействий (вторичный кливаж).

Цвет выветрелых сарматских глин часто изменяется до желтовато-серого, зеленовато-бурого и бурого, что обусловлено присутствием гидроокислов железа, связанного с окислением пирита, сидерита и других железосодержащих минералов. В выветрелой зоне порода часто более пластична, отмечаются слоечки и комочки с первичной слоистой текстурой, наблюдается обогащение глин кристаллическим гипсом, образующим друзы, гнезда и реже прослой мощностью 1—10 см, а также охристыми налетами железистых соединений. Мощность выветрелой зоны колеблется от 1,5 до 10 м.

В обнажениях сарматские глины имеют рыхляковистый вид, расслоены на пластинки и плитки различной толщины от долей сантиметра до нескольких сантиметров и часто рассечены системой вертикальных трещин шириной до 5—7 см.

### Микроскопическая характеристика

Микроскопическое изучение сарматских глин проводилось при увеличении 40 в шлифах, приготовленных в направлении, перпендикулярном плоскости наслоения.

Под микроскопом сарматские глины представляются в виде пелитовой массы желтовато-коричневых оттенков, содержащей небольшое количество алевритового и тонкопесчанистого материала. Местами происходит обогащение мелкообломочным материалом в виде линз, гнезд и прослоев, представленным кварцем, полевым шпатом, мусковитом, серицитом, глауконитом и рудными минералами (пирит и др.). Присутствуют зерна карбонатов, гидроокислов железа и включения органики.

Текстура преимущественно микрослоистая, оптически ориентированная: при скрещенных николях все поле зрения или отдельные прослой угасают как один кристалл. Слоистость обусловлена чередованием алевритового и глинистого материала (рис. 1, а), расположением части горизонтально вытянутых компонентов породы (рис. 1, б) и очень часто чередованием темных полос пелитовой массы с более светлыми. Ширина светлых полос измеряется десятками и сотыми долями миллиметра. Представлены они главным образом серицитом и криптокристаллическим карбонатом, на фоне которых встречаются мелкие обломочки мусковита и других минералов. Преимущественно по осветленным серицитизированным полосам развиваются трещинки, вытянутые параллельно слоистости (рис. 1, в). Ширина трещин 0,02—0,04 мм.

Кроме микрослоистой текстуры, отмечается беспорядочная, хлопьевидная текстура (рис. 1, г). Такая порода не действует или почти не действует на поляризованный свет. Беспорядочная текстура наиболее характерна для элювиальных и делювиальных образований, развитых на сарматских глинах (рис. 1, д).

В свете изложенных данных находит объяснение важный для теоретического грунтоведения и практического строительства вопрос о причине раскалывания визуально однородных коренных сарматских глин в зоне выветривания на плитки, пластинки, листочки и чешуйки (Монюшко, 1970). Причина этого явления, как видно, — в микрослоистом строении сарматских глин. Обусловлено оно ходом осадкообразования с закономерной сменой периодических природных явлений, в частности тектонических и сезонно-климатических, а также диагенетическими и постдиагенетическими изменениями. Как известно (Логвиненко, 1968), в щелочной среде такие обломочные компоненты, как плагиоклазы и некоторые другие, при определенных условиях довольно часто преобразуются в агрегаты серицита. При этом обычно образуются и вторичные карбонаты. Такие карбонато-серицитовые прослойки наблюдаются под микроскопом в изученных глинах. В зоне выветривания связь между частицами наиболее легко теряется в этих серицитовых прослойках, где ослаблено сцепление между отдельными упругими кристаллами по сравнению с таковым глинистых минералов. Поэтому к серицитовым прослойкам приурочены наблюдаемые под микроскопом трещины, обуславливающие распад при поверхностном выветривании внешне однородной породы на отдельные.

### Гранулометрический состав

Глинистые горные породы представляют собой дисперсные системы, состоящие из минеральных частиц различных размеров. Степень дисперсности глинистых отложений, характеризуемая гранулометрическим составом, является одной из важнейших их характеристик, обуславливающей наряду с химико-минералогическим составом основные физико-механические свойства пород. Кроме того, она отражает условия накопления и существования глинистых отложений. Известно, что отложившиеся на дне моря элементарные тонкодисперсные частицы под влиянием внутримолекулярных сил и последующей цементации образуют водопрочные агрегаты. В результате этого сформировавшиеся глинистые породы состоят из первичных элементарных частиц и возникших при их группировке микроагрегатов.

Для выявления предельной дисперсности сарматских глин был выполнен гранулометрический анализ пипеточным методом с применением 5%-ного раствора пирофосфата натрия в качестве диспергатора.

Как показывают исследования (Лютин, 1947; Мельников, 1956, 1963; Горькова, 1965, 1966), применение пирофосфорнокислого натрия дает наибольший эффект дезагрегации глинистых пород. Такое действие этого реагента обуславливается рядом причин: заменой на натрий поглощенных катионов грунта, созданием щелочной реакции среды, связыванием в комплексы свободных ионов кальция и

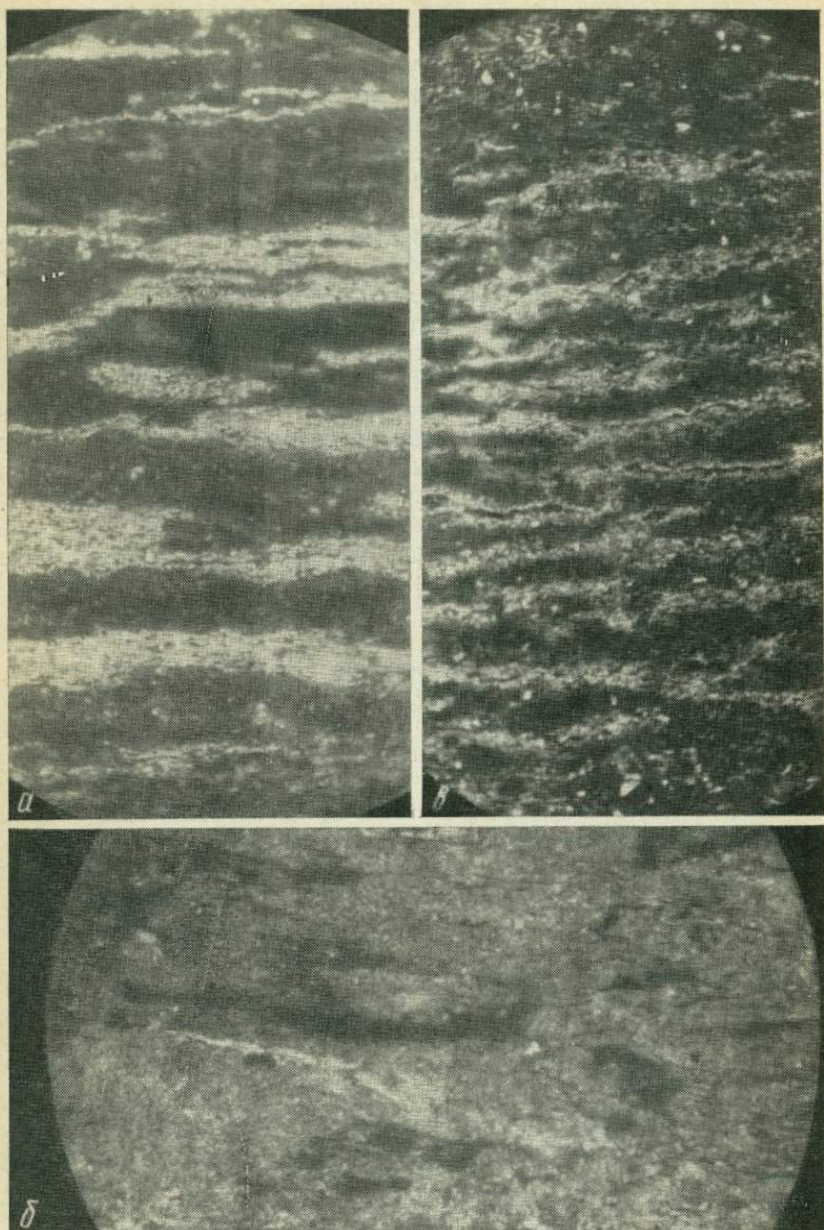


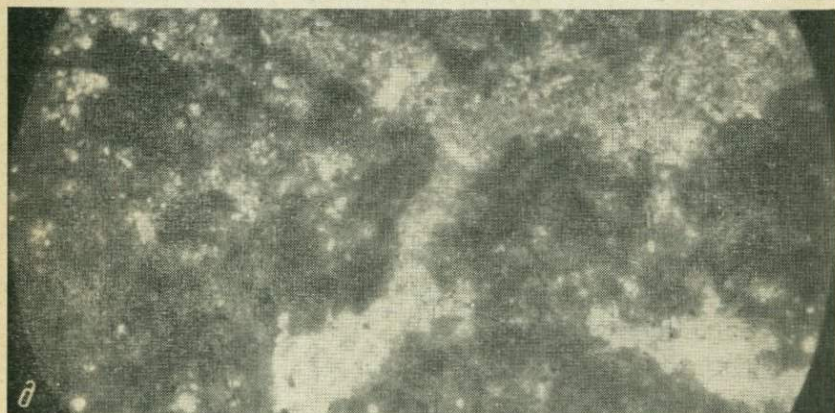
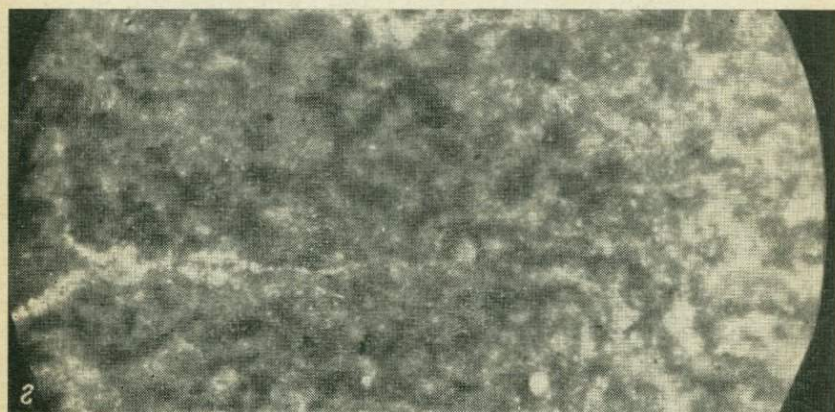
Рис. 1. Микротекстура сарматских глин, николи  $\times$ , увел. 40

*Микрослоистая, оптически ориентированная:*

*a* — слоистость, обусловлена чередованием алевритового и глинистого материала, скв. 12, глубина 14,6 м; *b* — горизонтальная слоистость, подчеркивается расположением части

железа. Все это в итоге приводит к повышению порога коагуляции глинистых частиц.

Навеска породы в состоянии густого теста растиралась в течение 20 мин с добавлением пирофосфорнокислого натрия. Использование 25 мл этого реагента для большинства образцов не давало ожидаемой степени пептизации компонентов, и максимальная дезинтеграция их была достигнута при добавлении 35—50 мл 5% раствора пирофосфата натрия на 1000 мл суспензии (табл. 2). Номенклатуру пород, исходя из способа подготовки их к анализу, мы принимали по трехчленной гранулометрической классификации В. В. Охотина (1933) в зависимости от содержания глинистой ( $< 0,005$  мм), пылевой (0,005—0,05 мм) и песчаной ( $> 0,05$  мм) фракций.



вытянутых компонентов породы, скв. 13, глубина 13,1 м; *в* — слоистость обусловлена чередованием темных полос пелитовой массы со светлыми карбонатно-серцеитовыми, по светлым полосам видны трещины, скв. 3, глубина 13,2 м.

*Беспорядочная текстура:* *г* — элювиальных образований сарматских глин, скв. 16, глубина 2,7 м; *д* — делювиальных образований на сарматских глинах, скв. 5, глубина 7,3 м

Таблица 2  
Гранулометрический состав сарматских глин

№ скв.	Глубина, м	Геологический индекс	Содержание фракций, %			Размеры частиц, мм			Отложения
			>0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	<0,005	
3	6,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	0,5	22,6	8,7	17,8	50,4	68,2	Глина тяжелая
3	7,1	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	—	15,6	9,2	20,8	54,4	75,2	То же
3	8,4	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	—	8,2	3,3	24,9	63,6	88,5	" "
3	10,1	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	1,1	20,6	9,0	24,8	44,5	69,3	" "
3	11,8	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	1,3	11,7	7,7	22,7	56,6	79,3	" "
3	13,2	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	—	6,1	34,1	13,3	46,5	59,8	" "
3	14,7	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	—	4,2	13,5	21,3	61,0	82,3	" "
3	18,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	—	8,6	8,3	26,1	57,0	83,1	" "
3	19,1	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	—	6,7	10,4	22,4	60,5	82,9	" "
3	20,6	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	—	8,2	10,8	22,7	58,3	81,0	" "
3	22,1	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	—	5,9	18,3	16,7	59,1	75,8	" "
3	23,6	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	—	4,1	9,0	26,9	60,0	86,9	" "
3	25,1	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	—	1,6	7,4	52,9	38,1	91,0	" "
3	26,6	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	—	3,2	25,3	1,0	70,5	71,5	" "
3	28,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	—	9,3	7,6	14,4	68,7	85,1	" "
3	29,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	—	11,7	12,3	25,8	50,2	76,0	" "
3	31,2	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	—	17,9	0,0	18,8	63,3	82,1	" "
3	34,1	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	2,8	7,8	30,5	0,7	58,2	58,9	Глина
3	35,6	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	—	10,0	17,5	12,4	60,1	72,5	Глина тяжелая
3	37,2	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	—	8,6	24,1	1,5	65,8	67,3	То же
4	11,9	eIQ <sub>4</sub>	—	15,0	11,6	16,5	56,9	73,4	" "
4	13,4	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	20,1	33,6	10,9	10,6	24,8	35,4	Глина пылеватая
4	15,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	16,4	37,2	4,7	1,7	41,7	40,0	То же
4	16,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	3,9	22,2	4,6	15,5	53,8	69,3	Глина тяжелая
4	17,8	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	12,1	5,0	20,1	3,9	58,9	62,8	То же
4	19,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	—	28,5	9,6	15,9	46,0	59,9	" "
4	20,8	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	2,8	10,9	9,3	14,6	62,4	77,0	" "
4	22,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	36,0	8,6	8,2	13,6	33,6	47,2	Глина

Таблица 2 (продолжение)

№ скв.	Глубина, м	Геологический индекс	Содержание фракций, %			Размеры частиц, мм			Отложения
			>0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	<0,005	
4	24,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	0,2	18,5	16,5	15,4	49,4	64,8	Глина тяжелая
4	24,9	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	2,0	18,0	19,0	13,5	61,0	47,5	Глина
4	26,2	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	16,2	29,0	9,1	8,7	37,0	44,7	" "
5	3,0	d=eIQ <sub>4</sub>	7,0	19,6	7,9	16,3	49,2	65,5	Глина тяжелая
5	4,1	d=eIQ <sub>4</sub>	6,8	22,6	16,8	9,0	44,8	53,8	Глина
5	7,5	d=eIQ <sub>4</sub>	14,3	20,9	8,4	12,8	43,6	56,4	" "
7	5,3	eIQ <sub>4</sub>	2,6	3,0	11,0	13,8	69,6	83,4	Глина тяжелая
7	5,5	eIQ <sub>4</sub>	8,6	11,4	12,2	19,2	48,3	67,5	То же
7	7,0	eIQ <sub>4</sub>	12,8	8,3	4,6	20,1	54,2	74,3	" "
7	9,0	eIQ <sub>4</sub>	15,9	15,8	7,6	17,1	43,6	60,7	" "
7	10,1	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	—	15,8	6,3	16,9	61,0	77,9	" "
8	8,6	eIQ <sub>4</sub>	34,1	31,2	3,9	11,4	19,4	30,0	Глина пылеватая
8	9,0	eIQ <sub>4</sub>	43,6	19,4	8,4	15,2	13,4	28,6	Глина слабоспеченная
8	10,5	S <sub>2</sub>	47,8	17,1	11,8	6,8	16,5	23,3	То же
8	13,0	S <sub>2</sub>	28,3	21,7	5,3	16,3	28,4	44,7	Глина
8	14,0	S <sub>2</sub>	22,5	17,0	4,9	15,6	40,0	55,6	" "
9	2,9	eIQ <sub>4</sub>	5,2	15,9	10,4	12,8	55,7	68,5	Глина тяжелая
9	4,5	eIQ <sub>4</sub>	8,8	17,2	6,5	26,2	41,3	67,5	То же
9	6,0	eIQ <sub>4</sub>	3,9	11,9	9,7	14,3	61,2	75,5	" "
9	7,5	eIQ <sub>4</sub>	0,8	10,3	12,5	18,5	57,9	76,4	" "
9	8,5	eIQ <sub>4</sub>	9,6	9,7	9,7	19,3	51,7	71,0	" "
9	10,5	eIQ <sub>4</sub>	2,8	10,7	13,4	18,9	54,2	73,1	" "
9	12,0	eIQ <sub>4</sub>	—	12,3	11,4	24,6	51,7	76,3	" "
9	13,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	0,4	10,0	21,4	14,3	53,9	68,2	" "
9	15,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	2,1	8,4	11,6	22,4	55,5	77,9	" "
12	3,2	eIQ <sub>4</sub>	2,9	14,5	7,1	17,3	58,2	75,5	" "
12	4,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	7,9	6,7	13,5	14,5	57,4	71,9	" "
12	6,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	—	8,8	1,5	24,9	64,8	89,7	" "
12	7,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	—	15,9	10,2	18,4	55,5	73,9	" "
12	9,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	—	17,7	1,1	22,8	58,4	81,2	" "
12	10,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	—	12,0	4,1	21,6	62,3	83,9	" "
12	11,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	—	10,6	27,3	25,1	37,0	62,1	" "
12	13,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	6,7	5,7	8,3	18,5	60,8	79,3	" "

Таблица 2 (продолжение)

№ скв.	Глубина, м	Геологический индекс	Содержание фракций, %			Размеры частиц, мм			Отложения
			>0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	<0,005	
13	14,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	5,5	1,4	4,7	26,3	62,1	88,4	Глина тяжелая
13	4,3	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	2,9	16,5	12,2	8,8	59,6	68,4	То же
13	5,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	8,5	24,7	8,7	19,3	38,8	58,1	Глина
13	6,9	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	19,5	23,2	4,8	14,1	38,4	52,5	"
13	8,7	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	1,4	26,4	7,6	25,2	39,4	64,6	Глина тяжелая
13	13,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	2,3	8,8	18,0	21,1	49,8	70,9	То же
13	14,8	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	8,1	12,1	11,2	23,6	45,0	68,6	" "
13	16,1	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	9,8	20,9	17,0	23,2	29,1	52,3	Глина
15	4,1	eIQ <sub>4</sub>	2,9	17,1	15,6	22,9	41,5	64,4	Глина тяжелая
15	5,7	eIQ <sub>4</sub>	6,0	36,9	11,5	18,4	27,2	45,6	Глина пылеватая
15	7,4	N <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	20,8	25,7	12,5	17,3	23,7	41,0	Глина
15	8,7	N <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	9,8	38,9	10,5	16,7	24,1	40,8	Глина пылеватая
15	10,4	N <sub>1</sub> <sup>3</sup>	16,5	33,0	6,8	23,2	20,5	43,7	Глина
16	2,7	eIQ <sub>4</sub>	2,2	1,7	11,2	17,7	65,5	83,2	Глина тяжелая
16	4,5	eIQ <sub>4</sub>	3,9	17,8	1,5	18,3	60,2	78,5	Глина "
16	6,0	eIQ <sub>4</sub>	7,3	12,1	10,0	19,4	51,2	70,6	То же
16	7,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	1,2	9,0	8,1	20,5	61,2	81,7	" "
16	9,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	—	11,8	3,0	17,2	68,0	85,2	" "
16	10,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	—	3,9	7,8	21,4	66,9	88,3	" "
16	13,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	—	8,5	10,7	22,9	57,9	80,8	" "
16	12,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	—	8,5	10,5	24,5	56,5	81,0	" "
16	15,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	—	7,6	1,3	30,8	60,3	91,1	" "
16	17,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	0,9	10,7	8,0	18,7	61,7	80,4	" "
16	19,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	9,9	11,6	10,9	31,0	36,6	67,6	" "
16	22,1	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	14,5	8,8	5,7	22,2	48,8	71,0	" "
17	2,7	eIQ <sub>4</sub>	7,1	2,8	14,0	55,9	20,2	76,1	" "
17	4,5	eIQ <sub>4</sub>	1,9	6,6	13,5	20,0	58,0	78,0	" "
17	5,6	eIQ <sub>4</sub>	2,6	8,1	12,0	46,7	30,6	78,3	" "
17	7,5	eIQ <sub>4</sub>	2,6	8,7	11,0	25,0	51,7	76,7	" "
17	8,5	eIQ <sub>4</sub>	0,5	4,6	13,6	16,2	65,1	81,3	" "
17	10,3	eIQ <sub>4</sub>	1,0	6,1	21,4	15,8	55,7	71,5	" "

Таблица 2 (продолжение)

№ скв.	Глубина, м	Геологический индекс	Содержание фракций, %			Размеры частиц, мм			Отложения
			>0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	<0,005	
17	12,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	0,9	1,5	10,1	21,1	66,4	87,5	Глина тяжелая
17	13,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	14,5	7,3	10,7	18,2	49,3	67,5	То же
17	15,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	0,6	8,9	10,5	29,4	50,6	80,0	" "
17	18,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	0,8	3,3	11,6	26,8	57,5	84,3	" "
17	21,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	5,9	5,1	2,2	22,8	64,0	86,8	" "
17	22,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	9,5	11,1	9,5	22,3	47,6	69,9	" "
17	24,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	7,6	5,0	29,4	0,4	57,6	58,0	Глина
18	4,5	eIQ <sub>4</sub>	6,2	23,6	5,9	23,1	41,2	64,3	Глина тяжелая
18	6,0	eIQ <sub>4</sub>	7,0	6,6	8,4	22,4	55,6	78,0	То же
18	7,5	eIQ <sub>4</sub>	4,1	22,3	4,1	22,3	47,2	69,5	" "
18	8,2	eIQ <sub>4</sub>	9,9	7,4	9,5	16,2	57,0	73,2	" "
18	10,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	—	13,1	3,8	27,3	55,8	83,1	" "
18	11,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	11,6	7,9	12,1	18,1	50,3	68,4	" "
18	12,8	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	—	14,2	7,5	25,7	52,6	78,3	" "
18	18,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	—	6,0	10,9	21,2	61,9	83,1	" "
18	14,6	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	8,6	9,4	7,8	21,7	52,5	74,2	" "
18	19,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	2,1	8,8	6,5	26,4	56,2	82,6	" "
19	1,5	d—eIQ <sub>4</sub>	8,4	22,8	11,7	10,0	47,1	57,1	Глина
19	3,5	d—eIQ <sub>4</sub>	9,6	12,4	7,9	17,7	52,4	70,1	Глина тяжелая
19	4,5	d—eIQ <sub>4</sub>	10,2	7,0	10,8	20,4	51,6	72,0	То же
19	5,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	7,6	19,0	41,2	5,7	26,5	32,2	Глина пылеватая
19	6,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	16,1	36,8	8,5	10,7	27,9	38,6	То же
19	8,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	11,6	23,2	6,8	18,7	39,7	58,4	Глина
19	9,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	7,2	18,6	45,3	5,1	23,8	28,9	Глина слабосесчаная пылеватая
19	10,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	9,1	37,1	21,1	8,9	23,8	32,7	Глина пылеватая
19	15,0	N <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	28,8	41,6	6,1	4,2	19,3	23,5	Глина слабосесчаная пылеватая
19	17,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	24,4	16,0	6,4	0,6	52,9	53,5	Глина
19	19,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	15,1	14,6	41,1	2,6	26,0	29,2	Глина слабосесчаная пылеватая
19	21,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	3,3	23,0	3,7	13,7	56,3	70,0	Глина тяжелая
19	23,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	3,3	33,7	16,7	17,2	29,1	46,3	" пылеватая

Таблица 2 (продолжение)

№ скв.	Глубина, м	Геологический индекс	Содержание фракций, %			Размеры частиц, м			Отложения
			>0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	<0,005	
19	25,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	2,3	33,9	3,1	17,0	43,7	60,7	Глина тяжелая
19	27,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	4,3	14,1	9,8	15,2	56,6	71,8	То же
19	33,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	5,7	19,5	12,6	13,5	48,7	62,2	" "
19	35,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	2,8	54,7	6,1	9,2	27,2	36,4	Глина пылеватая
19	37,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	1,4	56,8	3,9	10,6	27,3	37,9	То же
19	41,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	4,3	10,1	34,4	11,3	39,9	51,2	Глина
19	47,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	8,6	6,9	33,7	16,2	34,6	50,8	"
19	50,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	9,8	9,3	13,0	12,6	55,3	67,9	Глина тяжелая
19	52,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	9,2	4,4	8,4	19,7	58,3	78,0	То же
23	13,5	elQ <sub>4</sub>	12,1	8,7	7,2	21,5	50,5	72,0	" "
23	18,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	9,5	17,3	0,7	20,7	51,8	72,5	" "
23	23,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	7,4	18,4	14,3	15,1	44,8	69,9	" "
23	31,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	4,4	20,5	3,6	20,9	50,6	71,5	" "
24	1,5	elQ <sub>4</sub>	10,4	15,0	11,1	16,5	47,0	63,5	" "
24	3,0	elQ <sub>4</sub>	6,6	9,6	10,9	21,1	51,8	72,9	" "
24	4,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	8,6	12,0	68,6	3,4	7,4	10,8	Глина сильнопесчаная пылеватая
24	6,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	12,0	13,5	11,2	13,8	49,5	63,3	Глина тяжелая
24	7,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	12,4	13,0	4,3	11,7	58,6	70,3	То же
24	9,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	20,1	11,0	9,8	13,7	45,4	59,1	Глина
24	10,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	2,6	18,8	11,2	14,9	52,6	67,5	Глина тяжелая
24	12,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	4,2	14,0	5,9	18,7	57,2	75,9	То же
24	13,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	17,3	9,5	6,6	19,5	47,1	66,6	" "
24	15,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	9,0	2,2	6,5	28,7	53,6	82,3	" "
24	16,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	6,6	72,2	1,2	1,7	18,3	20,0	Глина слабопесчаная пылеватая
24	18,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	14,2	24,1	1,9	15,2	44,6	59,8	Глина
24	19,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	27,7	7,9	5,3	11,9	47,2	76,3	Глина тяжелая
24	21,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	6,9	11,9	13,3	17,0	50,9	67,9	То же

Таблица 2 (окончание)

№ скв.	Глубина, м	Геологический индекс	Содержаний фракций, %			Размеры частиц, мм			Отложение
			>0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	<0,005	
28	1,0	eIQ <sub>4</sub>	19,1	9,4	30,6	15,4	25,5	40,9	Глина
28	6,0	eIQ <sub>4</sub>	15,1	39,5	4,9	10,2	24,3	34,5	Глина пылеватая
28	13,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	21,7	36,4	79,0	9,7	24,3	34,0	То же
Щурф 2	0,6	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	0,4	5,2	9,0	24,1	61,3	85,4	Глина тяжелая
	1,4	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	1,7	6,9	9,5	21,4	60,5	81,9	То же
	2,1	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	3,2	4,6	2,7	30,4	59,1	89,5	„ „
	2,8	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	5,4	5,8	1,8	24,2	62,8	87,0	„ „

Еще в 1934 г. И. В. Попов и З. А. Макеев предложили схемы номенклатур песчано-глинистых пород отдельно для четвертичных отложений и отдельно для дочетвертичных (коренных). Мы согласны с мнением З. А. Макеева (1963), что такое разделение номенклатур больше отвечает требованиям генетического грунтоведения. Различие между номенклатурами заключается в упразднении для коренных пород наименований «суглинок» и «супесь». Как справедливо отмечает З. А. Макеев, принадлежность породы к суглинку или супеси определяется не столько содержанием определенного количества глинистого материала, сколько условиями его формирования, состоянием и свойствами. Учитывая приведенные соображения, мы внесли некоторые изменения в наименования пород по принятой номенклатуре, заключающиеся в том, что суглинки из коренных отложений получили наименование глин различной песчаности: «суглинок тяжелый» — «глина слабопесчаная», «суглинок средний» — «глина песчаная», «суглинок легкий» — «глина сильнопесчаная».

Среди изученных образцов пород 96% составляют собственно глины, из которых 74% образцов представлены глиной тяжелой, 14% — глиной и 8% — глиной пылевой. На долю песчаных глин приходится 4% образцов.

Анализ полученных данных показывает, что содержание глинистой фракции (< 0,005 мм) достигает 91,1%, а среднее арифметическое значение — 64,0%. В глинистой фракции преобладают в основном частицы размером менее 0,001 мм. Максимальное содержание частиц размером менее 0,001 мм достигает 70,5%, а его среднеарифметическое значение — 46,5%. На пылеватую фракцию приходится от 6,1 до 80,6% частиц (среднее арифметическое 26,5%). Максимальное количество пылеватых частиц (80,6%) отмечается

лишь в одном образце из скв. 24, что обусловлено обилием песчано-алевритовых прослоев в глине. Следует заметить, что появление повышенного содержания песчаных зерен в некоторых образцах (0,2—47,8%) также объясняется прослоями и гнездами грубодисперсного материала в глинах. Изученные породы, таким образом, высокодисперсные, за исключением прослоев, содержащих мелкообломочный материал.

Заметной направленности в смене дисперсности глин по площади не отмечается. Для глин различных стратиграфических горизонтов сармата различие в дисперсности отмечается на участке скв. 19, где этой скважиной вскрыты разные стратиграфические горизонты. С глубины 5,5 м под делювиально-элювиальными отложениями здесь залегают глины ясеновской свиты, подстилаемые с глубины 22 м криптомактровыми глинами. Отложения делювиально-элювиальной зоны содержат глинистой фракции от 57 до 72% (среднее арифметическое 66,4%). Глины ясеновской свиты содержат 23,5—58,4% глинистых частиц (среднее арифметическое 37,1%). Содержание глинистых частиц в криптомактровых слоях составляет 36,4—78,0% (при значении среднеарифметического 58,3%). Таким образом, для отложений выветрелой зоны отмечается наибольшее содержание глинистых частиц; в глинах ясеновской свиты заметную долю составляют грубодисперсные компоненты и вновь дисперсность отложений повышается в криптомактровых слоях. Изменение гранулометрического состава среднесарматских глин при переходе от одного стратиграфического горизонта к другому, очевидно, вызвано изменением на этом участке фациальных условий осадконакопления в криптомактровом бассейне.

Таким образом, на гранулометрический состав сарматских глин наложили отпечаток условия седиментации и последующие изменения состава и состояния породы. Большой интерес представляет палеогеографическое истолкование той локализации фаций, которая была установлена пробуренными скважинами.

О путях, по которым происходило поступление твердого взвешенного материала в сарматское море, говорилось в предыдущих разделах. Поступивший материал претерпевал дифференцированную седиментацию. Более крупные частицы осаждались на мелководье, а более тонкий глинистый материал переносился при волновом движении воды в более удаленную от берега и более глубоководную часть водоема. Судя по литологии отложений и истории развития района в сарматское время можно предположить, что накопление осадков на протяжении всего периода происходило в углубленных частях неглубокого моря или в переходной зоне от глубоководной части бассейна к мелководью с чередованием трансгрессий и регрессий, вызываемых колебательными движениями земной коры. Это обусловило в свою очередь наличие в глинистом разрезе песчано-алевритовых прослоев.

Отложившиеся глинистые осадки претерпевали изменения в процессе литогенеза. На процесс коагуляции, начавшийся еще

Таблица 3

## Микроагрегатный состав сарматских глин

№ скв.	Глубина, м	Геологический индекс	Содержание фракций, %				Размеры частиц, мм		Коэффициент агрегированности (Ka) для частиц	
			>0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	<0,005	<0,005 мм	<0,001 мм
3	6,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	29,3	36,4	9,3	18,1	6,9	25,0	2,7	7,3
3	7,1	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	11,5	46,8	16,8	16,8	8,1	24,9	3,0	6,7
3	8,4	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	13,2	18,5	8,5	10,4	49,4	59,8	1,5	1,3
3	10,1	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	7,9	41,7	8,0	20,6	21,8	42,4	1,6	2,0
3	11,8	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	6,7	37,1	50,6	3,9	1,7	5,6	14,1	33,3
3	13,2	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	6,1	21,7	17,1	35,5	19,6	55,1	1,1	2,4
3	14,7	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	—	17,4	4,5	17,9	60,2	78,1	1,0	1,1
3	18,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	2,1	18,4	5,2	27,5	46,8	74,3	1,1	1,2
3	19,1	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	0,4	9,3	8,7	21,7	59,9	81,6	1,0	1,0
3	20,6	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	7,9	26,2	6,8	41,2	17,9	59,1	1,4	3,2
3	22,1	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	10,9	24,5	13,3	32,1	19,2	51,3	1,5	3,1
3	23,6	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	20,5	31,3	0,5	31,0	16,7	47,7	1,8	3,6
3	25,1	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	7,4	17,8	8,7	38,2	27,9	66,1	1,4	1,4
3	28,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	8,3	6,0	8,0	32,1	45,6	77,7	1,1	1,5
3	29,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	1,2	1,9	21,6	35,3	40,0	75,3	1,0	1,2
3	31,2	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	13,6	19,4	13,1	25,5	28,4	53,9	1,5	2,2
3	33,2	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	5,0	7,1	3,4	45,7	38,8	84,5	—	—
3	34,1	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	0,3	11,5	29,8	12,3	46,1	58,4	1,0	1,3
3	35,6	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	4,7	11,0	20,4	14,5	49,4	63,9	1,1	1,2
3	37,2	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	7,8	8,0	17,4	45,5	21,3	66,8	1,0	3,1
4	11,6	e1Q <sub>4</sub>	14,6	47,7	35,8	1,7	0,2	1,9	—	—
4	11,9	e1Q <sub>4</sub>	34,5	38,9	10,2	16,0	0,4	16,4	4,5	142,2
4	13,4	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	46,7	40,7	11,8	0,4	0,4	0,8	44,0	62,0
4	15,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	14,5	68,0	15,5	1,2	0,8	2,0	20,0	52,1
4	16,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	27,6	54,1	15,2	1,2	1,9	3,1	22,3	28,3
4	17,8	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	33,7	31,8	8,1	21,8	4,6	26,4	2,4	12,8
4	19,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	45,1	40,9	4,1	9,0	0,9	9,9	6,0	51,1
4	20,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	41,9	42,6	1,0	12,0	2,5	14,5	5,8	25,0

Таблица 3 (продолжение)

№ скв.	Глубина, м	Геологический индекс	Содержание фракций, %				Размеры частиц, мм		Коэффициент агрегированности (Ka) для частиц	
			>0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	<0,005	<0,005 мм	<0,001 мм
4	22,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	24,0	1,9	62,0	11,9	0,2	12,1	3,9	168,0
4	24,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	20,5	31,3	0,5	31,0	16,7	47,7	1,4	2,9
4	24,9	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	35,8	28,7	26,0	6,9	2,6	9,5	5,0	23,5
4	26,2	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	19,7	40,9	12,3	18,8	8,3	27,1	1,6	4,5
7	5,5	eIQ <sub>4</sub>	31,6	64,5	1,2	0,4	2,3	2,7	25,0	21,0
7	10,1	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	21,0	61,3	10,5	3,4	3,8	7,2	10,8	16,0
8	9,0	eIQ <sub>4</sub>	22,2	22,9	34,2	19,8	0,9	20,7	1,4	14,9
8	14,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	43,8	46,6	4,4	1,2	4,0	5,2	10,7	10,0
9	2,9	eIQ <sub>4</sub>	24,8	66,9	3,2	0,0	5,1	5,1	13,4	10,9
9	15,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	14,3	32,4	48,0	2,6	2,7	5,3	14,7	20,6
12	4,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	15,2	10,1	4,8	36,3	33,6	69,9	1,0	1,7
12	14,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	29,1	52,2	9,1	8,7	0,9	9,6	9,2	69,0
13	4,3	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	30,1	39,2	26,5	4,1	0,9	21,8	3,1	66,2
13	16,1	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	30,6	46,5	1,1	20,9	0,9	21,8	2,4	32,3
15	4,1	eIQ <sub>4</sub>	19,5	58,0	18,2	1,8	2,5	4,3	5,0	16,6
15	10,4	N <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	23,5	57,2	18,5	0,6	0,2	0,8	54,6	102,5
16	2,7	eIQ <sub>4</sub>	10,4	81,2	5,5	1,4	1,5	2,9	28,7	43,7
16	22,1	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	21,4	5,7	47,4	23,8	1,7	25,5	2,8	28,7
17	2,7	eIQ <sub>4</sub>	11,1	43,7	8,2	17,5	19,5	37,0	3,0	1,0
17	4,5	eIQ <sub>4</sub>	10,8	9,6	7,3	18,3	54,0	72,3	1,1	1,1
17	5,6	eIQ <sub>4</sub>	16,8	33,1	5,1	16,4	28,5	44,9	1,7	1,1
17	15,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	18,1	31,5	23,0	4,0	23,4	27,4	2,9	2,2
17	22,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	0,7	22,9	9,1	22,3	45,0	67,3	1,0	1,1
18	4,5	eIQ <sub>4</sub>	10,9	66,5	20,0	2,4	0,2	2,6	24,7	206,0
18	19,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	29,8	49,2	8,4	7,8	4,8	12,6	6,6	11,7
19	1,5	d—eIQ <sub>4</sub>	49,1	30,0	8,6	4,6	7,7	12,3	4,6	6,1
19	3,5	d—eIQ <sub>4</sub>	20,7	52,7	8,2	10,0	8,4	18,4	3,8	6,2

Таблица 3 (продолжение)

№ скв.	Глубина, м	Геологический индекс	Содержание фракций, %				Размеры частиц, мм		Коэффициент агрегированности (Ka) для частиц	
			>0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	<0,005	<0,005 мм	<0,001 мм
19	4,5	d—eIQ <sub>4</sub>	11,4	46,1	35,2	5,6	1,7	7,3	9,8	30,4
19	5,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	34,0	61,0	0,0	4,7	0,3	5,0	6,4	88,3
19	6,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	17,0	50,0	26,3	1,7	5,0	6,7	5,8	5,6
19	8,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	65,1	10,0	24,2	0,1	0,6	0,7	83,4	66,2
19	9,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	28,1	57,3	6,1	7,6	0,9	8,5	3,4	26,4
19	10,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	13,6	64,8	13,7	6,7	1,2	7,9	4,0	19,8
19	12,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	31,6	58,0	7,7	2,5	0,2	2,7	—	—
19	15,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	35,8	32,9	22,5	6,5	2,3	8,8	2,7	8,4
19	17,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	46,6	49,0	2,1	1,7	0,6	2,3	23,3	88,2
19	21,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	15,6	33,8	41,7	7,0	1,9	8,9	7,9	29,6
19	23,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	58,8	6,8	31,8	1,9	0,7	2,6	17,8	41,6
19	25,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	17,5	43,4	38,2	0,6	0,3	0,9	67,4	145,7
19	27,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	16,3	31,2	47,1	2,7	2,7	5,4	13,3	21,0
19	31,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	11,7	29,4	24,0	25,1	9,8	34,9	—	—
19	33,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	14,6	80,1	4,1	0,8	0,4	1,2	51,8	121,7
19	35,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	23,8	31,6	36,2	3,6	4,8	8,4	4,3	5,7
19	19,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	23,1	71,4	1,0	3,0	1,5	4,5	6,5	17,3
19	37,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	24,1	26,9	27,1	19,8	2,1	21,9	1,7	13,0
19	41,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	24,1	23,3	10,4	22,6	19,6	42,2	1,2	2,0
19	47,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	37,2	2,9	45,5	4,8	9,6	14,4	3,5	3,6
19	50,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	16,7	41,0	4,2	36,2	1,9	48,1	1,4	29,1
23	13,5	eIQ <sub>4</sub>	34,3	44,1	15,2	0,2	6,2	6,4	11,2	8,1
23	18,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	13,9	30,2	13,4	36,8	5,7	42,5	1,7	9,1
23	31,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	17,3	37,8	12,3	7,0	25,6	32,6	2,2	2,0
24	1,5	eIQ <sub>4</sub>	19,5	56,9	16,6	0,0	7,0	7,0	9,1	6,7
24	3,0	eIQ <sub>4</sub>	10,5	47,1	18,3	5,0	19,1	24,1	3,0	2,7
24	4,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	24,1	69,7	0,7	4,6	0,9	5,5	2,0	8,2
24	6,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	10,7	5,8	82,4	0,4	0,7	1,1	57,5	70,7

Таблица 3 (окончание)

№ скв.	Глубина, м	Геологический индекс	Содержание фракций, %				Размеры частиц, мм		Коэффициент агрегированности (Ka) для частиц	
			>0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	<0,005	<0,005 мм	<0,001 мм
24	7,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	11,4	80,0	1,9	1,8	5,0	6,8	10,3	11,7
24	9,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	10,3	84,1	1,5	1,9	1,1	3,0	19,7	41,3
24	10,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	9,5	82,1	1,9	0,4	6,1	6,5	10,1	8,6
24	12,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	12,7	46,4	18,0	7,6	15,3	22,9	3,3	3,7
24	13,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	37,4	13,6	45,6	3,0	0,4	3,4	19,6	117,7
24	15,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	18,2	40,4	40,7	0,6	1,1	1,7	48,4	48,7
24	16,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	12,6	27,7	48,7	11,9	5,1	17,0	1,2	3,6
24	18,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	21,3	38,9	34,7	2,8	2,3	5,1	11,7	19,4
24	19,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	14,6	33,2	23,1	8,6	20,5	29,1	1,0	2,3
24	21,0	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	14,1	36,0	19,4	25,4	5,1	30,5	2,2	10,0
28	1,0	eI <sub>Q</sub> <sub>4</sub>	34,1	44,1	15,2	0,2	6,2	6,4	6,4	4,1
28	6,0	eI <sub>Q</sub> <sub>4</sub>	41,8	43,8	12,5	0,8	1,1	1,9	18,2	22,1
28	13,5	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	45,8	36,6	14,8	1,3	1,5	2,8	12,1	16,2
Шурф 2	0,6	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	33,6	58,2	4,4	1,8	2,0	3,8	22,5	30,6
То же	2,8	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	23,0	37,2	31,8	5,6	2,0	8,0	10,9	28,5

в бассейне седиментации, накладывается укрупнение агрегатов в ходе литификации отложений. Возможен и процесс диспергации их в силу тех или иных причин (пресная вода в песчаных прослоях и др.), особенно в зоне гипергенеза.

Для выявления природной дисперсности сарматских глин и выяснения степени агрегирования глинистых частиц был проведен микроагрегатный анализ породы по методу Н. А. Качинского (1958) (табл. 3).

Выход глинистых частиц при микроагрегатном анализе в основном заметно уменьшился, что свидетельствует о том, что в естественном залегании глинистые частицы находятся в агрегированном состоянии. Коэффициент агрегированности (Ka), представляющий собой отношение содержания глинистых фракций по результатам гранулометрического и микроагрегатного анализов, для частиц менее 5 мк изменяется от 1,1 до 57,5, а для частиц менее 1 мк — от 1,1 до 206. Это позволяет отнести их к типам пород со стабилиза-

ционными, пластифицированно-коагуляционными, коагуляционно-цементационными и цементационными структурными связями (Горькова, 1971). Укрупнение глинистых частиц в процессе литогенеза происходило, как видно, в большей степени за счет фракции менее 1 мк. На графиках изменения агрегированности сарматских глин с глубиной (рис. 2) наблюдается тенденция к уменьшению значений коэффициента агрегированности с увеличением глубины залегания породы. Породы в верхних зонах как бы активнее агрегируют по сравнению с отложениями более глубоких горизонтов. Такое явление может быть обусловлено влиянием различных факторов, в том числе засоленности отложений, что мы обсудим после рассмотрения химических особенностей породы.

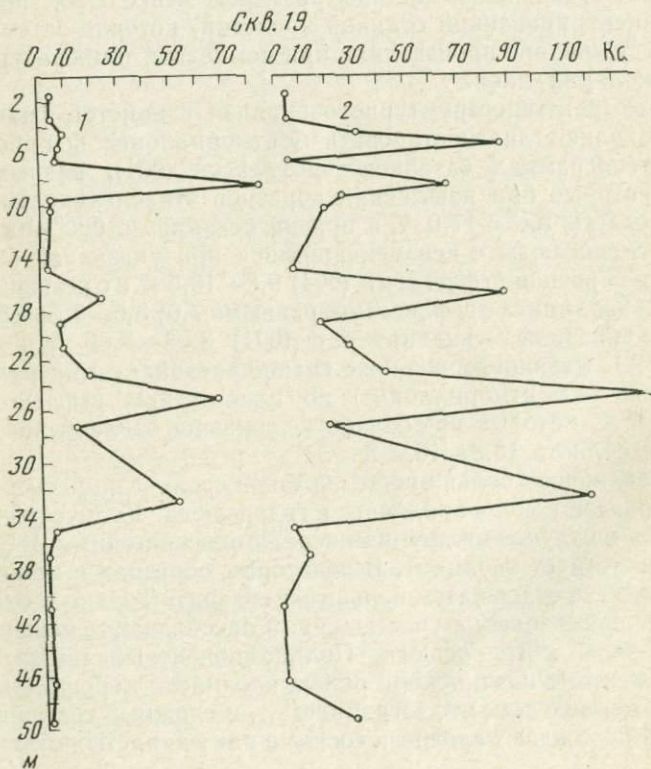
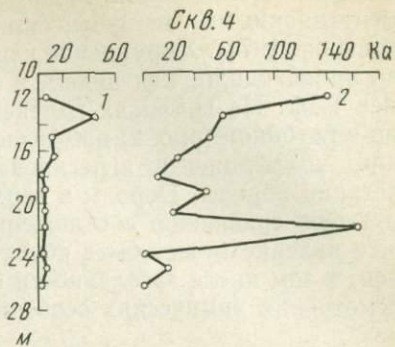
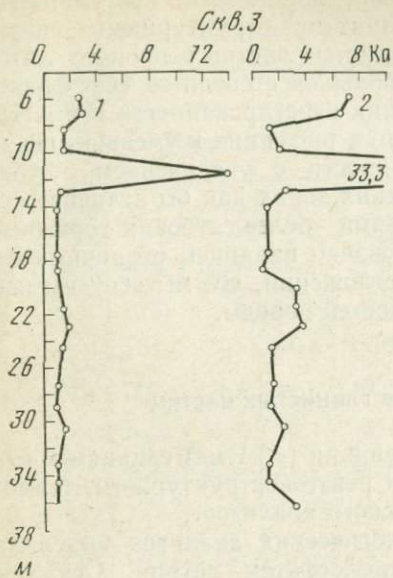
### Минеральный состав глинистых частиц

Минеральный состав тонкой фракции ( $< 1$  мк) глинистых отложений сармата изучался методами рентгеноструктурного, термического и электронно-микроскопического анализов.

Тонкая фракция для минералогических анализов выделялась при стабилизации суспензии пирофосфатом натрия. Осаждение суспензии, содержащей частицы размером менее 1 мк, производилось концентрированной соляной кислотой, которая затем отмывалась. Высушивание производили при комнатной температуре в течение нескольких дней.

Данные рентгеноструктурного анализа глинистой фракции породы позволяют диагностировать монтмориллонит по присутствию на рентгенограммах базальных рефлексов (001), равных 12,8—15,6 Å, которые при насыщении образцов этиленгликолем сдвигались в область 16,3—17,0 Å, а при нагревании до 600° — в область 10,0 Å; гидрослюда с неизменявшимися при указанной обработке исходных образцов рефлексами (001) 9,8—10,5 Å и с незначительной примесью каолинита с рефлексами, равными 7,0; 3,5—7,5; 3,5 Å; в некоторых образцах — кальцит с  $d$  (001) 3,03—3,06 Å и сидерит ( $d = 2,8$  Å). Установлены также смешаннослойные минералы (типа гидрослюда — монтмориллонит) по присутствию рефлексов (001) 10,5—12,6 Å, которые при обработке образцов этиленгликолем сдвигались в область 15,8—16,0 Å.

В подавляющем большинстве образцов среди глинистых минералов преобладают монтмориллонит и гидрослюда. Количественные соотношения между этими двумя минералами непостоянны. В виде примеси присутствует каолинит. В некоторых образцах в незначительном количестве содержатся кальцит и сидерит. Только в отложениях элювиальной зоны на участке скв. 9 преобладают смешаннослойные минералы и гидрослюда. Поликомпонентный состав изученных отложений с подчиненной ролью каолинита хорошо иллюстрирует положение о том, что «огромность... и сложный состав водосборов морей порождают сложный состав в них глинистых отложений и



наличие каолинита лишь в виде более или менее сильной примеси к гидрослюдам и монтмориллониту» (Страхов, 1960, стр. 101).

Согласно данным Уивера (Weaver, 1958) и Д. Д. Котельникова (1963), природа разбухающего компонента в осадочных породах может быть двойкой: туфогенного происхождения либо за счет выщелачивания — «деградации» гидрослюдов, когда в результате выноса ионов калия, скрепляющих пакеты кристаллической решетки этого минерала, некоторые межпакетные промежутки гидрослюды приобретают способность расширяться при внедрении органических молекул. Уивер установил, что деградированные гидрослюды способны вновь поглощать ионы калия и восстанавливаться в неразбухающие разновидности. Что касается монтмориллонита туфогенного происхождения, то он способен только частично фиксировать ионы калия, образуя при этом смешаннослойные минералы.

Для установления природы разбухающего компонента (монтмориллонита) нами исследовались шесть образцов путем обработки 1*N* раствором КОН с кипячением в течение 10 мин. После обработки на рентгенограммах наблюдалось сокращение всех пакетов до 10,3 Å. Затем образцы насыщались глицерином, в результате чего на рентгенограммах образцов из скв. 16 глубиной 9,0 м, скв. 19 глубиной 55,0 м и шурфа 2 глубиной 2,9 м появился рефлекс со значениями 14,6—15,2 Å, соответствующий смешаннослойному образованию. Это указывает на присутствие в этих образцах монтмориллонита туфогенного происхождения.

На рентгенограммах образцов из скв. 19 глубиной 8,5 м, скв. 15 глубиной 10,5 и 15,4 м после насыщения глицерином изменения рефлекса 10,3 Å не наблюдалось, что говорит о генетической связи разбухающего компонента с деградацией гидрослюдов.

Деградированные гидрослюды сносились, по-видимому, преимущественно с Русской платформы, в то время как монтмориллонит туфогенного происхождения поступал с Кавказа.

Исследованные образцы сарматских глин показали в основном довольно однотипный характер дифференциальных термических кривых (рис. 3). Вместе с тем по термограммам установлены некоторые минеральные примеси, не выявленные рентгеном. Кривые нагревания позволили установить присутствие гидрослюды по трем эндотермическим эффектам: при 100—170, 500—650 и 840—900°; монтмориллонита — по эндо-

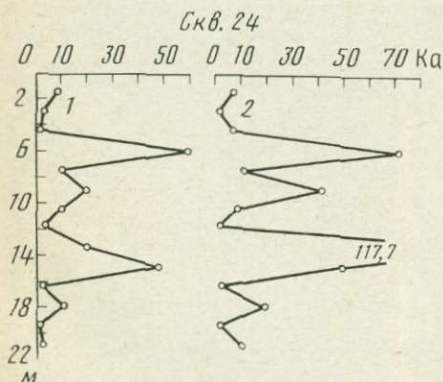


Рис. 2. Изменение агрегированности сарматских глин с глубиной

*Ka* — коэффициент агрегированности для частиц; 1 — < 5 мк; 2 — < 1 мк

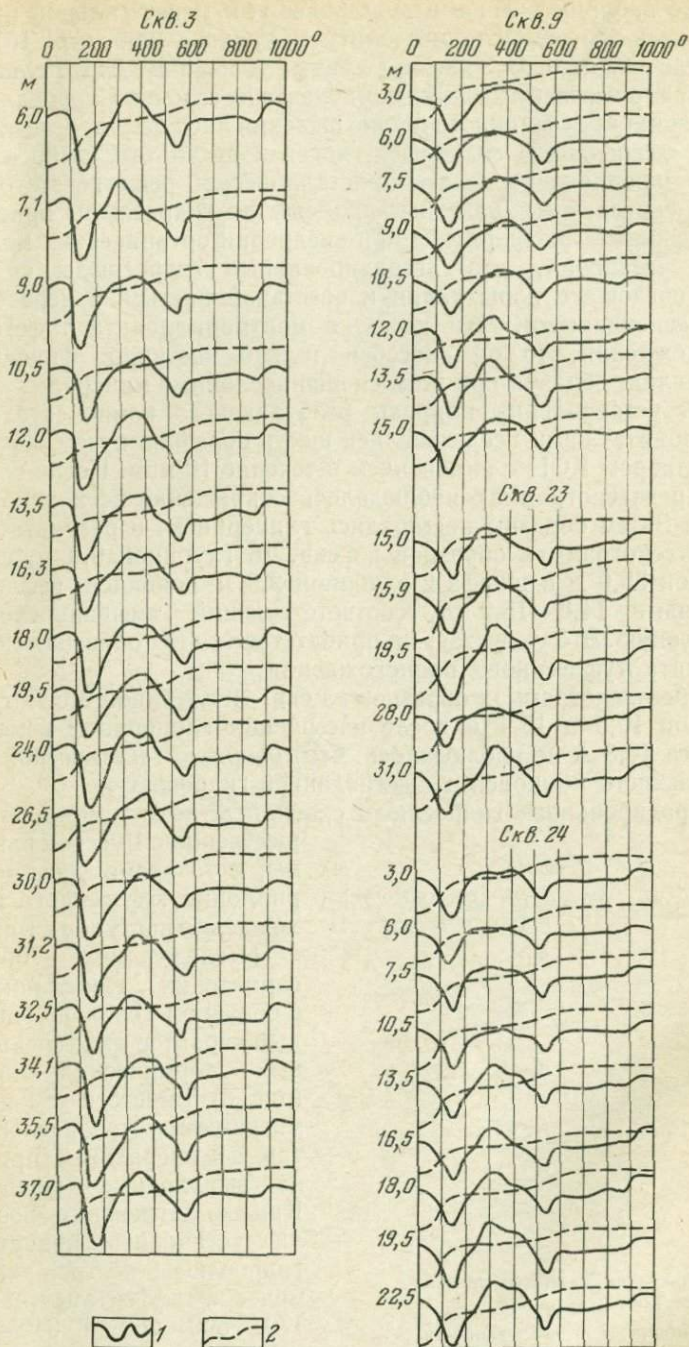


Рис. 3. Кривые нагревания (1) и потери веса (2) сарматских глин  
 Одно деление потери веса — 2%

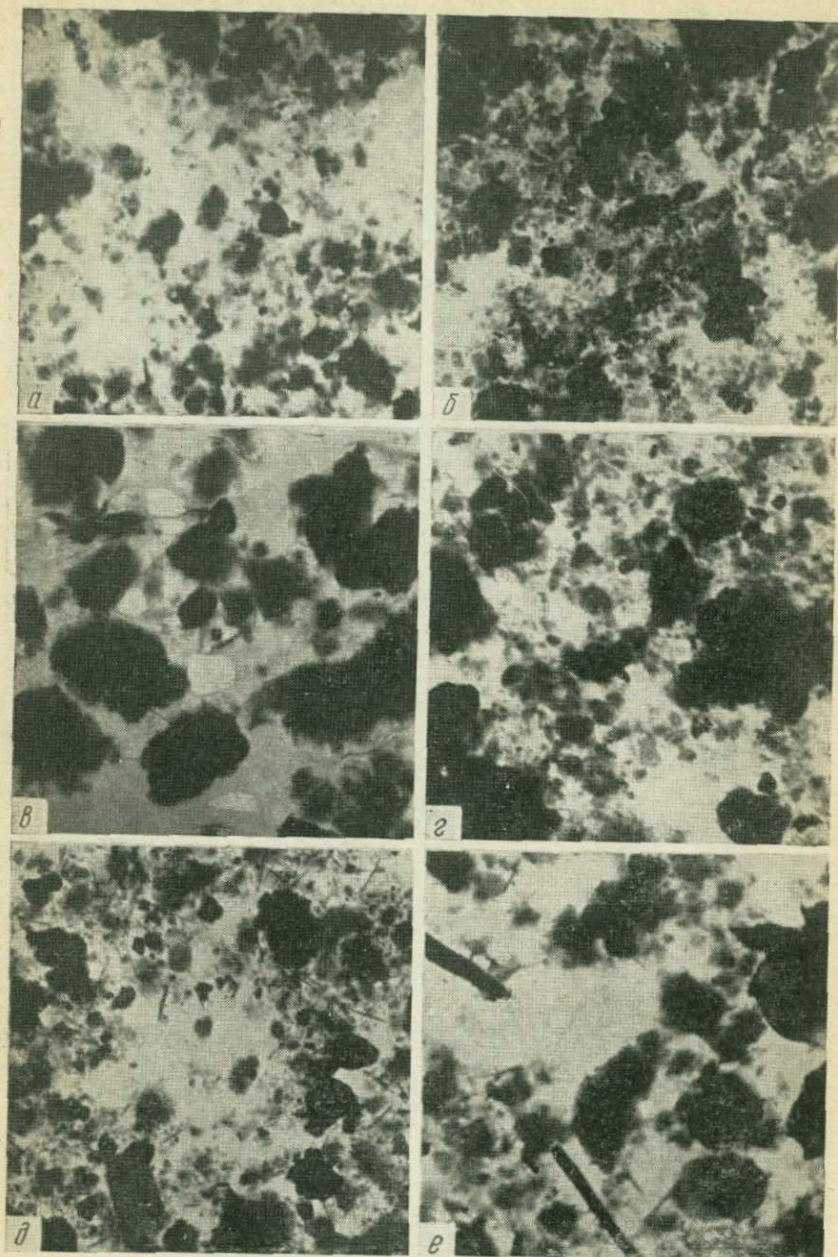
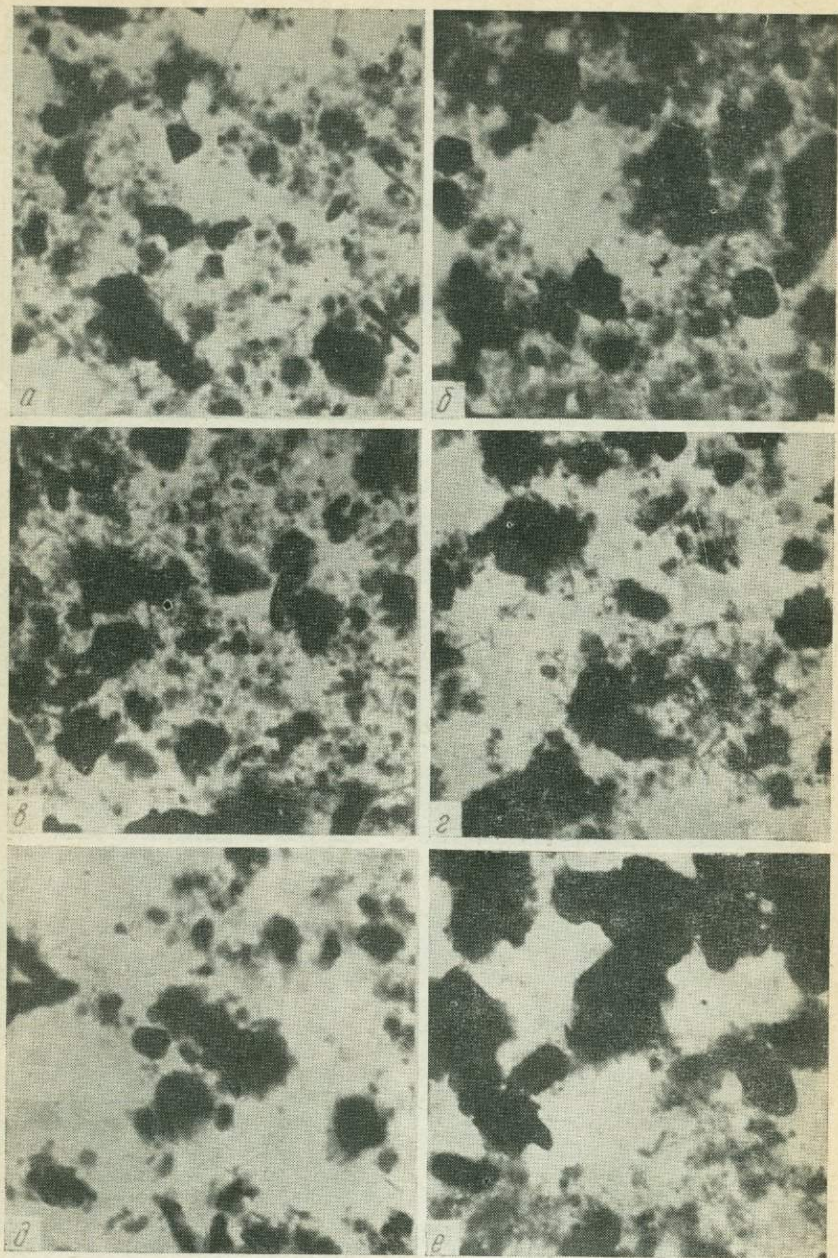


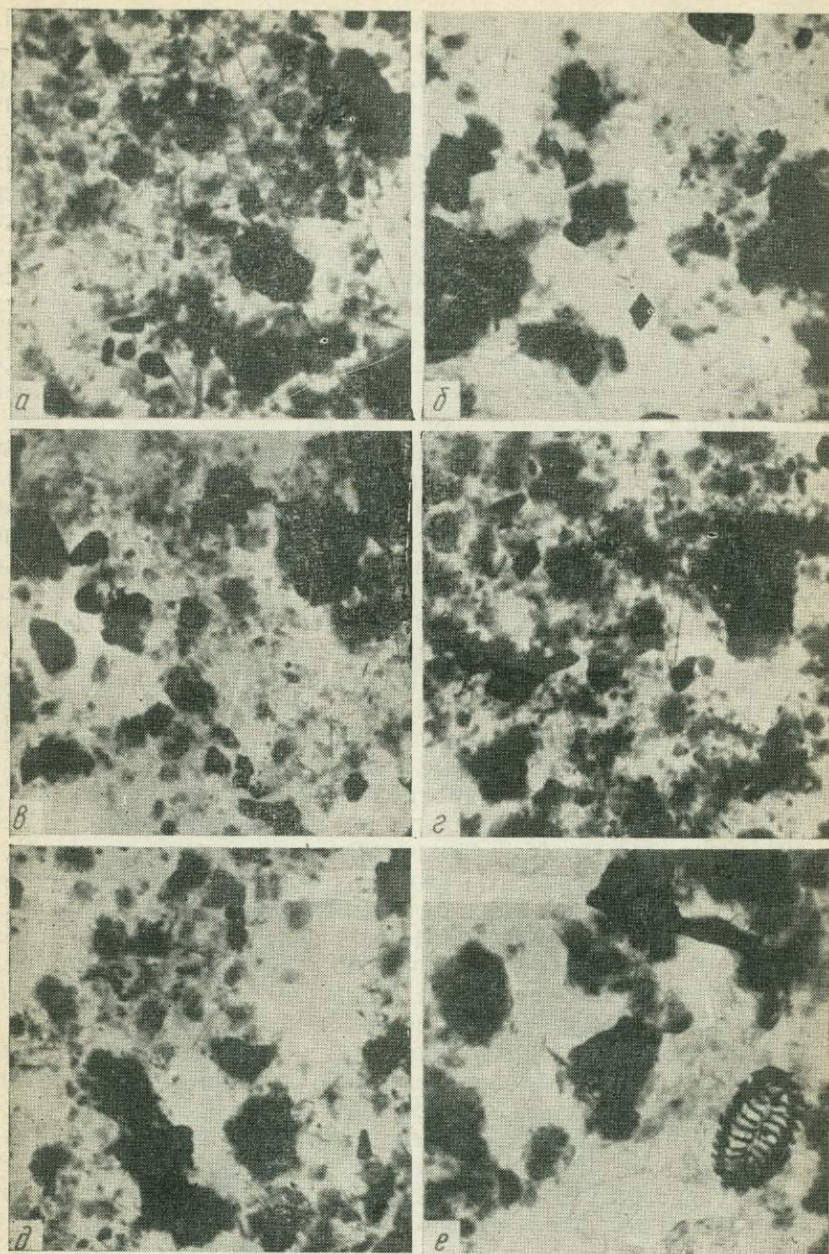
Рис. 4. Электронно-микроскопические снимки сарматских глин, фракция  $< 1 \text{ мк}$ ; увел. 9500  
 I — монтмориллонит высокодисперсный: а — скв. 3, глубина 32,6 м; б — скв. 5, глубина 4,2; монтмориллонит в виде крупных агрегатов: в — скв. 15, глубина 7,1 м; гидрослюда изометричнопластинчатая с угловатыми и сглаженными контурами: г — скв. 5, глубина 4,2 м; гидрослюда удлиненнопластинчатая: д — скв. 19, глубина 23 м; галлаузит в форме трубчатых палочек: е — скв. 28, глубина 1,0 м



II

Рис. 4 (продолжение)

II — *a* — скв. 19, глубина 8,5 м; каолинит, хорошо окристаллизованный с псевдогексагональной формой частиц; *б* — скв. 28, глубина 13,5 м; *в* — скв. 19, глубина 35 м; каолинит, плохо окристаллизованный; *г* — скв. 3, глубина 9,0 м; *д* — скв. 24, глубина 6,6 м; палыгорскит в форме коротких иголок; *е* — скв. 17, глубина 2,7 м;



III

Рис. 4 (окончание)

III — *a* — скв. 19, глубина 8,5 м; кальцит в форме ромбоздров; *б* — скв. 3, глубина 26,6 м; *в* — скв. 3, глубина 37,2 м; гидроокислы железа, гидрогетит в виде мелких непрозрачных с четкими изрезанными контурами частиц; *г* — скв. 18, глубина 7,1 м; *д* — скв. 17, глубина 2,7 м; кокколит в сарматских глинах; *е* — скв. 16, глубина 22,1 м

термическим реакциям с максимумами при 115—160, 550—650 и 800—900°, которые сменяются экзотермическим эффектом при 900—940°. Кроме названных основных минералов, дающих наиболее интенсивные реакции, в ряде образцов установлен глауконит по эндотермическим эффектам при 50—100 и 440—510°; каолинит — по слабому экзотермическому эффекту при 925—1000°; гетит — по эндотермическому эффекту при 350—375° и сидерит — по экзотермическому эффекту при 600°. Во многих образцах значительно содержание органики (экзотермический эффект при 300—400°).

Выявленный при помощи дифференциального термического анализа комплекс эндо- и экзотермических реакций подтверждает, таким образом, преимущественно гидрослюдисто-монтмориллонитовый состав тонкой фракции исследованных глин и указывает на содержание в виде примесей таких минералов, как глауконит, каолинит, сидерит, гетит.

Электронно-микроскопический анализ позволил установить по морфологическим особенностям присутствия следующих глинистых минералов: монтмориллонит высокодисперсный (рис. 4, I, а, б) или в виде крупных агрегатов (рис. 4, I, в); гидрослуду изометрично-пластинчатую с угловатыми и сглаженными контурами (рис. 4, I, г, д) и удлиненопластинчатую (рис. 4, I, /д); галлуазит в форме трубчатых палочек (рис. 4, I, е; 4, II, а); каолинит, хорошо окристаллизованный с псевдогексагональной формой частиц, обломочный (рис. 4, II, б, в); каолинит плохо окристаллизованный (рис. 4, II, г, д); палыгорскит в форме коротких, тонких, отдельно лежащих игольчатых частиц (рис. 4, II, е, 4, III, а). Установлены высокодисперсные вторичные неглинистые минералы: кальцит в форме ромбоэдров (рис. 4, III, б, в), гидроокислы железа, гидрогетит в виде мелких непрозрачных с четкими изрезанными контурами частиц, иногда звездчатой формы (рис. 4, III, г, д).

В образце из скв. 16 глубиной 22,1 м обнаружен кокколит — известковый элемент оболочки кокколитофорид (рис. 4, III, е). На территории СССР в неогеновых отложениях кокколиты обнаружены только в акчагыле Прикаспия (Прошляков, Гальянова, 1967; Шуменко, 1969). Следует полагать, что кокколит был принесен в сарматский бассейн вместе с высокодисперсными минералами, являющимися продуктом выветривания донеогеновых отложений.

Таким образом, данные комплексных минералогических исследований показывают, что тонкодисперсная фракция сарматских глин складывается преимущественно из минералов монтмориллонит-гидрослюдистой группы с примесью каолинита, галлуазита, глауконита, палыгорскита, а также кальцита, сидерита, гидроокислов железа, гетита, гидрогетита. Снос материала происходил, по-видимому, в основном с Русской платформы и частично с Кавказа. Накопление осадков в условиях опресняющегося бассейна способствовало сохранению преимущественно гидрослюдисто-монтмориллонитовых образований с небольшой примесью минералов каолинистовой группы.

Таблица 4

## Обобщенные результаты анализа водных вытяжек сарматских глин

№ скв.	Геологический индекс	pH	Сухой остаток, г/100 г породы	Состав компонентов, г/100 г породы						Гипотетический состав солей, мг-экв/100 г породы						Число анализов	
				K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NaCl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaHCO <sub>3</sub>	MgSO <sub>4</sub>	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub>		Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
3	N <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	7,6—9,2	0,38—0,84	0,12—0,30	0,002—0,01	0,001—0,03	0,015—0,044	0,06—0,36	0,02—0,37	0,423—1,245	1,251—7,093	0,296—5,408	—	0,196—0,785	—	0,029—0,785	22
		8,3	0,67	0,20	0,005	0,01	0,026	0,21	0,30	0,732	4,0	4,1	—	0,40	—	0,476	
4	elQ <sub>4</sub>	7,9	0,55	0,14	0,017	0,022	0,011	0,20	0,068	3,214	2,928	—	1,338	0,036	—	1,080	1
		7,9	0,55	0,14	0,017	0,022	0,01	0,20	0,068	3,214	2,928	—	1,338	0,036	—	1,080	
4	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	6,8—8,4	0,36—1,15	0,060—0,350	0,001—0,03	0,010—0,017	0,007—0,173	0,020—0,546	0,04—0,07	—	—	—	—	—	—	—	10
		7,9	0,50	0,12	0,012	0,014	0,05	0,20	0,06	1,403	3,896	—	0,7	0,335	—	0,607	
5	d-elQ <sub>4</sub>	7,3—7,6	0,26—0,43	0,06—0,117	0,005—0,01	0,007—0,016	0,004—0,038	0,086—0,21	0,05—0,05	0,777—1,078	1,789—4,028	0,051	0,342—0,784	0,051—0,444	—	0,344—0,785	3
		7,5	0,36	0,089	0,008	0,011	0,023	0,161	0,05	0,880	3,0	0,051	0,563	0,312	—	0,508	
7	elQ <sub>4</sub>	7,6—7,8	1,04—2,28	0,220—0,348	0,062—0,160	0,027—0,139	0,094—0,275	0,061—0,848	0,017—0,045	2,662—6,076	6,942—9,388	—	5,106—13,158	—	0,418—6,693	0,279—0,744	3
		7,7	1,65	0,294	0,107	0,061	0,154	0,349	0,030	4,350	8,473	—	8,804	—	2,581	0,496	
7	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	7,1	2,68	0,341	0,153	0,216	0,215	1,530	0,017	6,079	8,769	—	12,569	—	10,523	0,279	1
		7,1	2,68	0,341	0,153	0,216	0,215	1,530	0,017	6,079	8,769	—	12,569	—	10,523	0,279	
8	elQ <sub>4</sub>	8,1	0,146	0,05	0,004	0,014	0,021	0,075	0,072	0,598	1,557	0,041	—	0,295	—	0,687	1
		8,1	0,146	0,05	0,004	0,014	0,021	0,075	0,072	0,598	1,577	0,041	—	0,295	—	0,687	
8	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	7,9—8,0	0,12—0,34	0,021—0,042	0,005—0,022	0,007—0,037	0,01—0,027	0,037—0,189	0,034—0,045	0,283—0,764	0,623—1,105	—	0,04—1,865	0,060—0,400	0,92—1,307	0,343—0,651	4
		7,9	0,29	0,032	0,013	0,022	0,021	0,111	0,039	0,592	0,808	—	0,964	0,23	1,113	0,535	
9	elQ <sub>4</sub>	7,0—7,8	1,15—2,66	0,323—0,489	0,005—0,068	0,012—0,232	0,106—0,189	0,570—1,599	0,028—0,057	3,011—5,331	11,280—16,204	—	0,635—5,597	0,248—0,341	0,134—11,030	0,465—0,744	7
		7,4	1,77	0,409	0,037	0,098	0,152	0,996	0,042	4,313	13,469	—	2,965	0,294	6,035	0,60	
9	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	7,5—7,8	1,24—1,28	0,381—0,398	0,006—0,015	0,012—0,014	0,163—0,167	0,568—0,660	0,056—0,068	4,607—4,704	11,829—12,716	0,036	1,033	0,243—0,491	—	0,589—0,687	2
		7,6	1,26	0,389	0,010	0,013	0,165	0,614	0,062	4,655	12,272	0,036	1,033	0,367	—	0,638	
12	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	7,5—8,4	1,38—2,90	0,121—0,710	0,011—0,087	0,008—0,236	0,226—0,311	0,561—1,160	0,051—0,284	6,384—8,744	10,347—22,735	0,142—3,177	0,552—4,124	0,248—1,325	3,386—10,669	0,393—1,115	7
		8,0	1,72	0,463	0,031	0,054	0,277	0,382	0,103	7,772	14,361	1,659	2,807	0,777	7,027	0,671	
13	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	7,9—8,6	0,16—0,56	0,020—0,067	0,002—0,037	0,027—0,096	0,003—0,015	0,100—0,319	0,045—0,057	0,101—0,418	0,768—2,484	—	0,196—2,946	—	0,537—4,067	0,744—0,930	9
		8,2	0,36	0,037	0,017	0,053	0,007	0,219	0,050	0,208	1,446	—	1,278	—	1,835	0,827	
15	elQ <sub>4</sub>	7,7—8,2	1,53—1,57	0,077—0,082	0,083—0,118	0,205—0,222	0,020—0,024	0,107—0,969	0,034—0,034	0,577—0,667	2,770—2,908	—	6,874—9,721	—	9,654—10,538	0,558—0,558	2
		7,9	1,55	0,079	0,100	0,213	0,022	0,538	0,034	0,622	2,839	—	8,297	—	10,096	0,558	
15	N <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	7,9—8,2	0,41—0,57	0,043—0,087	0,045—0,062	0,026—0,027	0,016—0,023	0,259—0,327	0,039—0,045	0,441—0,656	1,375—3,185	—	3,731—5,106	—	0,238—0,723	0,651—0,744	3
		8,0	0,49	0,058	0,053	0,023	0,019	0,296	0,041	0,561	1,998	—	4,353	—	0,496	0,683	
16	elQ <sub>4</sub>	7,3—8,0	1,42—2,32	0,346—0,436	0,063—0,128	0,020—0,112	0,173—0,352	0,638—1,241	0,025—0,042	4,901—9,926	7,743—10,159	—	5,204—10,507	—	0,331—5,179	0,697—0,418	3
		7,5	1,9	0,380	0,095	0,068	0,268	0,943	0,035	7,583	8,978	—	7,855	—	2,815	0,588	
16	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	6,9—8,0	1,03—1,99	0,236—0,414	0,012—0,106	0,014—0,082	0,244—0,370	0,400—0,978	0,034—0,085	6,882—10,448	2,198—11,019	—	0,982—8,739	0,511—0,522	0,424—3,566	0,558—0,884	10
		7,7	1,47	0,355	0,060	0,037	0,301	0,638	0,043	8,499	6,948	—	5,175	0,516	1,447	0,678	

Таблица 4 (окончание)

№ скв.	Геологический разрез	pH	Сухой остаток, %/100 г породы	Состав компонентов, г/100 г породы						Гидратированной смеси солей, мг-экв/100 г породы						Число анализов	
				K <sup>+</sup> -Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub>	NaCl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaHCO <sub>3</sub>	MgSO <sub>4</sub>	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub>		Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
17	elQ <sub>4</sub>	6,9—7,5 7,2	0,98—2,57 1,78	0,219—0,352 0,277	0,039—0,135 0,088	0,024—0,269 0,138	0,101—0,243 0,179	0,431—1,491 0,988	0,022—0,045 0,032	2,853—6,860 5,049	4,629—8,497 6,986	—	3,240—11,096 6,602	—	0,434—13,081 6,361	0,372—0,744 0,527	6
17	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	7,4—8,5 7,8	0,25—1,00 0,70	0,099—0,184 0,138	0,005—0,067 0,033	0,010—0,053 0,028	0,057—0,126 0,091	0,109—0,438 0,319	0,045—0,091 0,061	1,607—3,565 2,566	2,272—4,440 3,437	—	1,461—5,452 3,027	0,047—0,532 0,340	0,062—1,809 1,056	0,491—1,116 0,813	7
18	elQ <sub>4</sub>	6,9—7,5 7,2	0,88—1,98 1,29	0,169—0,201 0,184	0,036—0,095 0,062	0,036—0,246 0,106	0,027—0,041 0,037	0,520—1,306 0,834	0,040—0,051 0,044	0,778—1,176 1,059	6,176—7,721 6,659	—	2,944—7,856 5,105	—	1,716—11,624 5,318	0,651—0,837 0,721	4
18	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	7,5—8,1 7,7	0,44—0,51 0,48	0,119—0,129 0,124	0,001—0,018 0,010	0,008—0,018 0,014	0,003—0,053 0,037	0,163—0,264 0,221	0,062—0,102 0,086	0,970—1,488 1,196	3,408—4,457 4,136	0,316	0,154—1,334 0,592	0,139—0,790 0,569	—	0,392—0,884 0,679	64
19	d-elQ <sub>4</sub>	7,9—8,1 8,1	0,08—0,13 0,10	0,05—0,029 0,017	0,001—0,004 0,003	0,008—0,019 0,013	0,002—0,007 0,005	0,01—0,051 0,025	0,042—0,056 0,051	0,056—0,182 0,141	0,2—1,07 0,527	0,03—0,017 0,038	0,023—0,186 0,104	0,10—0,250 0,165	—	0,400—0,800 0,650	4
19	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	7,8—8,0 8,3	0,15—0,80 0,32	0,014—0,245 0,074	0,001—0,017 0,007	0,006—0,064 0,016	0,001—0,225 0,007	0,044—0,219 0,120	0,028—0,227 0,095	0,132—0,374 0,231	0,381—4,327 1,965	0,09—3,170 1,260	0,182—1,460 0,749	0,08—0,628 0,354	0,042—2,242 0,967	0,300—0,958 0,528	26
23	elQ <sub>4</sub>	7,9 7,9	1,39 1,39	0,403 0,403	0,030 0,030	0,028 0,028	0,246 0,246	0,658 0,658	0,044 0,044	6,938 6,938	10,581 10,581	—	2,470 2,470	—	0,665 0,665	0,725 0,725	1
23	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	9,0—8,2 8,1	0,75—1,30 0,95	0,232—0,518 0,310	0,01—0,03 0,016	0,012—0,024 0,016	0,170—0,287 0,239	0,226—0,547 0,335	0,049—0,065 0,058	4,791—8,095 6,751	4,364—15,778 5,951	—	0,327—1,980 0,999	—	0,590—1,070 0,797	12	
24	elQ <sub>4</sub>	7,3—7,5 7,4	2,36—2,40 2,38	0,258—0,328 0,293	0,164—0,181 0,171	0,202—0,238 0,220	0,240—0,357 0,298	1,389—1,416 1,402	0,015—0,023 0,019	6,773—10,077 8,425	4,182—4,462 4,322	—	13,500—14,880 14,190	—	9,869—11,513 10,691	0,251—0,381 0,316	2
24	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	7,4—8,3 7,9	0,48—2,09 0,89	0,123—0,224 0,170	0,006—0,152 0,050	0,010—0,208 0,044	0,047—0,211 0,122	0,187—1,265 0,455	0,018—0,071 0,048	1,322—5,947 3,442	1,809—5,064 3,450	—	0,783—12,500 4,396	0,130—0,540 0,323	0,095—12,137 0,775	0,288—0,967 0,687	12
28	elQ <sub>4</sub>	7,8—8,0 7,9	0,20—0,53 0,27	0,017—0,023 0,019	0,012—0,034 0,016	0,011—0,036 0,024	0,068—0,024 0,013	0,120—0,333 0,167	0,031—0,046 0,040	0,240—0,670 0,363	0,133—0,781 0,565	—	0,960—2,780 1,365	—	0,657—4,849 1,496	0,512—0,688 0,651	7
28	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	8,0—8,1 8,0	0,16—0,30 0,23	0,015—0,018 0,016	0,013—0,019 0,015	0,029—0,046 0,037	0,012—0,022 0,015	0,104—0,166 0,124	0,010—0,045 0,04	0,330—0,613 0,440	0,186—0,376 0,299	—	1,040—1,580 1,270	—	0,676—1,564 1,023	0,660—0,744 0,711	4
Шурф 2	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	7,6—8,1 7,8	0,29—0,93 0,59	0,036—0,065 0,049	0,021—0,004 0,041	0,033—0,130 0,076	0,003—0,028 0,010	0,196—0,619 0,389	0,040—0,045 0,044	0,084—0,798 0,294	1,384—2,148 1,839	—	1,767—5,008 3,191	—	0,925—5,737 3,084	0,651—0,744 0,721	4
Общие	elQ <sub>4</sub>	7,7—8,2 7,9	1,53—1,57 1,55	0,077—0,082 0,079	0,083—0,118 0,10	0,205—0,222 0,213	0,020—0,024 0,022	0,107—0,969 0,538	0,034—0,034 0,034	0,577—0,667 0,622	2,770—2,908 2,839	—	6,874—9,721 8,297	—	9,654—10,538 10,096	0,558—0,558 0,558	2
	N <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	7,6—8,2 8,2	0,38—0,84 0,58	0,043—0,30 0,129	0,002—0,062 0,029	0,001—0,03 0,016	0,015—0,044 0,022	0,06—0,360 0,253	0,02—0,37 0,170	0,433—1,245 0,647	1,251—7,093 2,999	4,10	3,791—5,106 4,353	0,195—0,785 0,40	0,238—0,723 0,496	0,29—0,785 0,579	25
	elQ <sub>4</sub>	6,9—8,0 7,6	0,20—2,66 1,31	0,017—0,489 0,245	0,05—0,181 0,053	0,011—0,269 0,078	0,08—0,357 0,148	0,061—1,416 0,661	0,015—0,057 0,043	0,240—10,077 4,189	0,133—16,204 6,476	—	0,635—14,880 5,632	0,248—0,341 0,208	0,134—13,081 4,490	0,251—0,837 0,639	35
	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	6,8—8,6 7,9	0,12—2,90 0,89	0,014—0,710 0,187	0,01—0,152 0,033	0,006—0,236 0,016	0,001—0,370 0,097	0,020—1,265 0,440	0,018—0,284 0,058	0,101—10,446 3,152	0,186—22,735 5,585	0,142—3,177 0,817	0,040—12,500 2,768	0,047—1,325 0,409	0,042—12,137 2,885	0,288—1,116 0,662	114
	d-elQ <sub>4</sub>	7,3—8,1 7,8	0,08—0,43 0,23	0,05—0,117 0,053	0,001—0,010 0,005	0,007—0,016 0,012	0,002—0,038 0,014	0,010—0,210 0,93	0,042—0,056 0,05	0,056—1,078 0,510	0,200—4,028 1,763	0,030—0,047 0,044	0,023—0,784 0,333	0,051—0,44 0,238	—	0,344—0,800 0,579	7

В числителе — пределы содержания компонентов, в знаменителе — средние арифметические значения.

## ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

**Состав и содержание воднорастворимых минералов,  
карбонатных солей и органических веществ**

Определение состава и содержания воднорастворимых солей сарматских глин проводили при помощи водных (соотношение породы и воды 1 : 5) и солянокислых вытяжек (1 : 50), а карбонатов — кальциметрическим методом. Содержание органического вещества определяли по методике Тюрина.

Анализ водных вытяжек показывает (табл. 4), что засоленность глин колеблется от слабой до сильной, неодинакова в разных горизонтах сармата и в пределах каждого из них. В неветрелых слоях нижнесарматских отложений содержится 0,4—0,8% солей; элювий этого горизонта характеризуется значительно большей засоленностью, составляющей 1,55%. Аналогичное распределение воднорастворимых соединений при общем увеличении их содержания в элювиальной зоне отмечается и для отложений среднего сармата. Если засоленность глин неветрелых горизонтов составляет в среднем 0,89%, то в элювии содержание солей возрастает до 1,31%. Меньше всего воднорастворимых солей содержится в делювиально-элювиальных отложениях — в среднем 0,23%, что можно объяснить вымыванием из них солей в процессе переотложения минеральных частиц.

На основании полученных данных выявляется общая тенденция к накоплению в природных условиях воднорастворимых солей, в первую очередь, сульфатов (см. солевые профили на рис. 5), в элювиальных образованиях сарматских глин. Учитывая присутствие в сарматских глинах таких минералов, как пирит и сидерит, можно полагать, что накопление солей в верхних горизонтах изучаемых отложений обусловлено в значительной мере химическим выветриванием этих и других легко окисляющихся минералов.

Для выяснения влияния окислительных процессов на формирование воднорастворимого солевого комплекса сарматских глин рассмотрим результаты опытов по взаимодействию породы с водой, насыщенной кислородом, поставленных С. И. Пахомовым на исследуемых нами образцах. Приведенные в табл. 5 данные показывают, что по мере взаимодействия породы со средой, обогащенной кислородом, происходит увеличение общей минерализации воднорастворимого

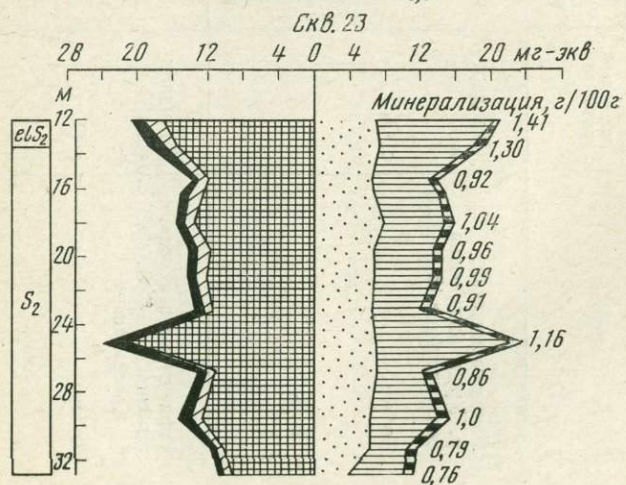
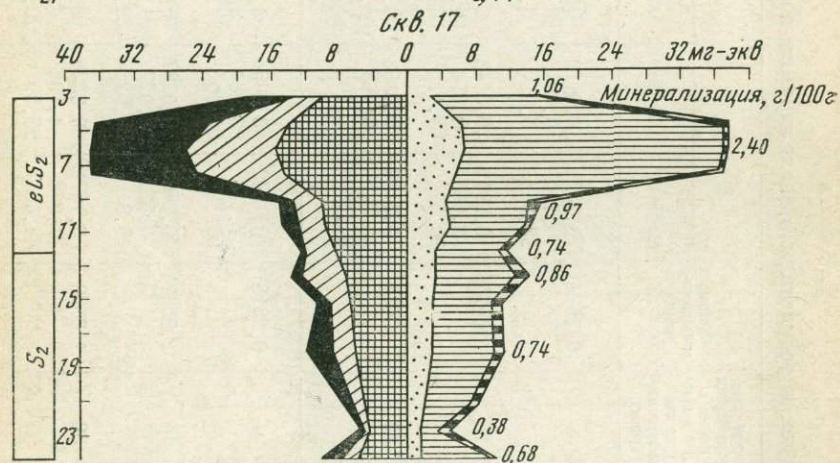
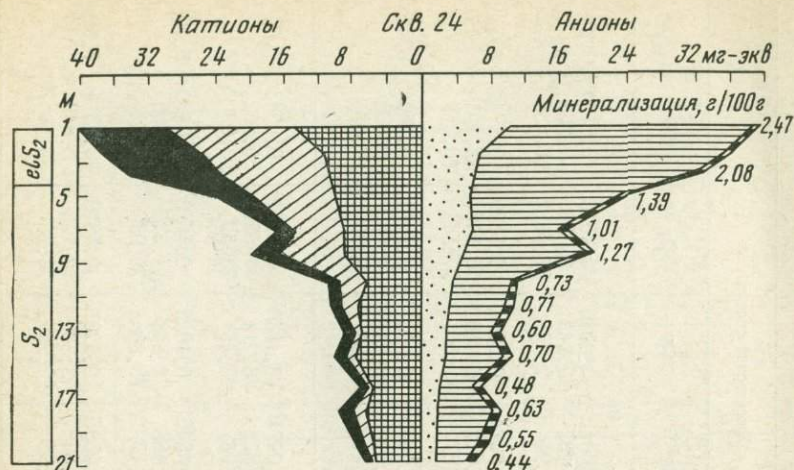
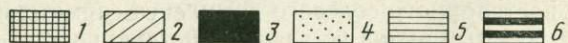
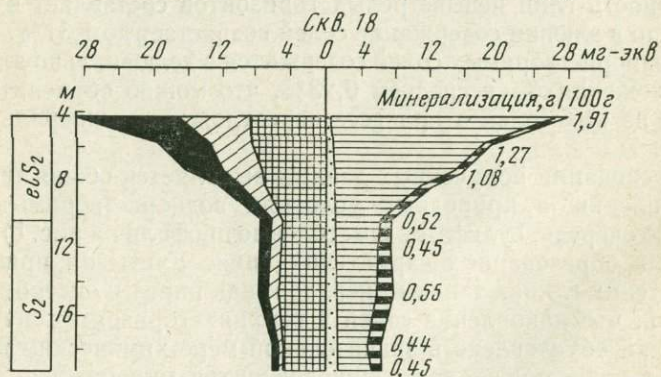
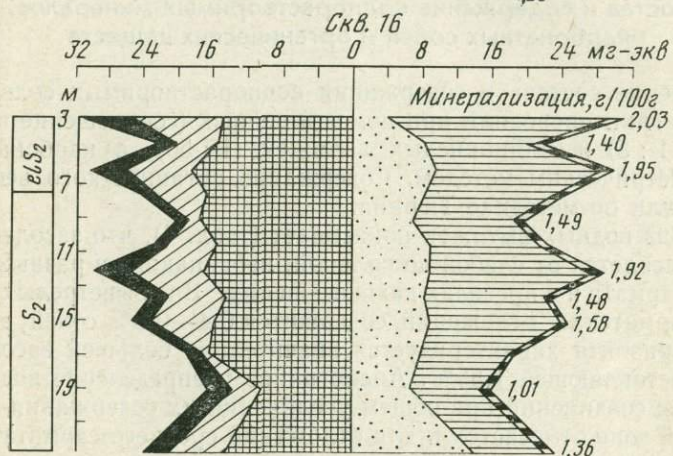
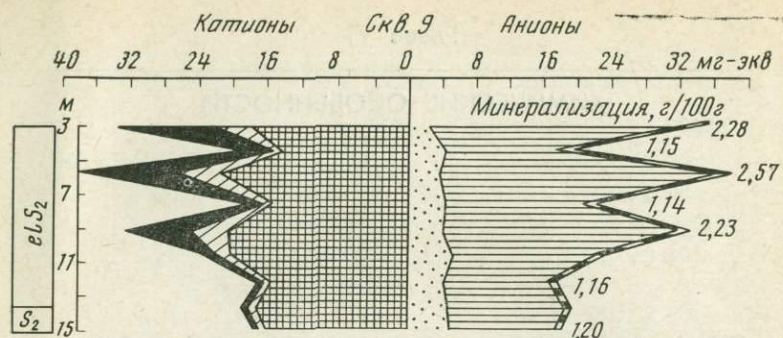


Рис. 5. Солевые профили сарматских глин

1 — Na<sup>+</sup>; 2 — Mg<sup>2+</sup>; 3 — Ca<sup>2+</sup>; 4 — Cl<sup>-</sup>; 5 — SO<sub>4</sub><sup>-</sup>; 6 — HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Таблица 5

## Химические анализы водных вытяжек и результаты выщелачивания пород водой, насыщенной кислородом

Порода	Вид водной вытяжки	Время взаимодействия породы с водой в присутствии кислорода (суток)	Общая минерализация	Химический состав						
				Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH
Глина сарматская, р. Уруп, близ устья, скв. 3, глубина 13,2—13,5	Стандартная	—	0,7874	0,2324	0,0112	0,0012	0,0086	0,4016	0,1324	7,85
				10,110	0,561	0,102	0,243	8,361	2,169	
				93,85	5,21	0,94	2,26	77,61	20,13	
То же	с O <sub>2</sub>	15	1,0175	0,2911	0,0143	0,0074	0,0074	0,5209	0,1740	8,5
				12,660	0,714	0,612	0,210	10,845	2,851	
				90,52	5,11	4,37	1,50	77,54	20,38	
» »	»	30	1,0681	0,3114	0,0153	0,0062	0,0087	0,5613	0,1544	8,45
				13,546	0,765	0,510	0,244	11,686	2,530	
				91,40	5,16	3,44	1,65	78,85	17,07	
Глина сарматская, скв. 4, глубина 12,6—13,0 м, с. Крестьянское	Стандартная	—	0,9318	0,1649	0,0654	0,0471	0,1140	0,5061	0,0343	7,66
				7,173	3,264	3,876	3,214	10,537	0,562	
				50,12	22,80	27,08	22,45	73,62	3,93	
То же	с O <sub>2</sub>	15	1,0067	0,1603	0,0787	0,0546	0,1028	0,5613	0,0490	8,10
				6,972	3,927	4,488	2,898	11,686	0,803	
				45,31	25,52	29,17	18,83	75,95	5,22	
» »	»	30	1,0638	0,1671	0,0838	0,0595	0,1201	0,5819	0,0514	7,92
				7,266	4,182	4,896	3,386	12,115	0,843	
				44,46	25,59	29,95	20,72	74,12	5,16	

Таблица 5 (продолжение)

Порода	Вид водной вытяжки	Время взаимодействия породы с водой в присутствии кислорода (суток)	Общая минерализация	Химический состав						
				Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH
Глина сарматская, скв. 8, глубина 13,1—13,3 м, южнее с. Гофицкого	Стандартная	—	0,2255	0,0489	0,0164	0,0050	0,0370	0,0839	0,0343	7,65
				2,128	0,816	0,408	1,043	1,747	0,562	
				63,48	24,34	12,18	31,12	52,12	16,76	
То же	с O <sub>2</sub>	15	0,2223	0,0450	0,0174	0,0056	0,0303	0,0897	0,0343	8,20
				1,958	0,867	0,459	0,854	1,868	0,562	
				59,62	26,40	13,98	26,01	56,88	17,11	
» »	»	30	0,3538	0,0807	0,0204	0,0068	0,0350	0,1374	0,0711	8,10
				3,512	1,020	0,561	0,987	2,861	1,165	
				68,96	20,03	11,01	19,38	56,17	22,87	
Глина сарматская, скв. 9, глубина 13,0—13,15 м, с. Сергеевка	Стандартная	—	1,2206	0,3783	0,0112	0,0124	0,1798	0,5629	0,0760	8,10
				16,455	0,561	1,020	5,071	11,720	1,245	
				91,23	3,11	5,66	28,12	64,98	6,90	
То же	с O <sub>2</sub>	15	1,4296	0,4179	0,0184	0,0217	0,1574	0,6856	0,1250	8,50
				18,177	0,918	1,785	4,438	14,274	2,048	
				87,06	4,40	8,54	21,25	68,36	9,81	
» »	»	30	1,4855	0,4316	0,0194	0,0254	0,1707	0,7209	0,1127	8,20
				18,771	0,969	2,091	4,814	15,009	1,847	
				85,98	4,44	9,58	22,05	68,75	8,46	

Таблица 5 (продолжение)

Порода	Вид водной вытяжки	Время взаимодействия породы с водой в присутствии кислорода (суток)	Общая минерализация	Химический состав						
				Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH
Глина сарматская, скв. 12, глубина 11,7—12,0 м, с. Спицевка	Стандартная	—	1,6679	0,5081 22,099 87,84	0,0164 0,816 3,24	0,0273 2,244 8,92	0,3044 8,585 34,12	0,7382 15,362 61,09	0,0735 1,205 4,79	7,85
То же	с O <sub>2</sub>	15	1,8008	0,5230 22,748 84,31	0,0215 1,071 3,97	0,0384 3,162 11,72	0,2820 7,952 29,47	0,8098 16,860 62,49	0,1201 1,968 7,29	8,35
» »	»	30	1,9701	0,5696 24,775 83,93	0,0245 1,224 4,15	0,0428 3,519 11,92	0,3115 8,785 29,76	0,8724 18,163 61,53	0,1421 2,329 7,89	8,30
Глина сарматская, скв. 15, глубина 7,1—7,4 м, г. Раздольный	Стандартная	—	0,9639	0,0603 2,622 17,46	0,0828 4,131 27,51	0,1005 8,261 55,03	0,0218 0,614 4,09	0,6666 13,879 92,43	0,0319 0,522 3,48	7,45
То же	с O <sub>2</sub>	15	1,1470	0,0611 2,656 14,96	0,1145 5,712 32,18	0,1141 9,384 51,86	0,0174 0,490 2,76	0,8032 16,660 93,85	0,0367 0,602 3,39	8,02
» »	»	30	1,2810	0,0629 2,735 13,75	0,1390 6,936 34,90	0,1240 10,200 51,34	0,0188 0,529 2,66	0,9020 18,780 94,51	0,0343 0,562 2,83	7,68

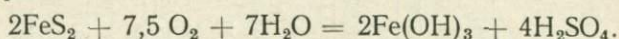
Таблица 5 (продолжение)

Порода	Вид водной вытяжки	Время взаимодействия породы с водой в присутствии кислорода (суток)	Общая минерализация	Химический состав						
				Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH
Глина сарматская, скв. 17, глубина 11,6—12,0 м, г. Беяев Изобильненского р-на	Стандартная	—	1,2339	0,2229 9,695 51,09	0,0644 3,213 16,93	0,0738 6,069 31,98	0,1373 3,871 20,40	0,6889 14,343 75,59	0,0466 0,763 4,01	7,60
То же	с O <sub>2</sub>	15	1,3049	0,2140 30,306 46,49	0,0746 3,723 18,60	0,0850 6,987 34,91	0,1186 3,346 16,72	0,7563 15,746 78,67	0,0564 0,924 4,61	8,45
» »	»	30	1,4109	0,2316 10,074 46,42	0,0828 4,131 19,04	0,0912 7,497 34,54	0,1382 3,899 17,97	0,8107 16,879 77,78	0,0564 0,924 7,25	7,92
Глина сарматская, скв. 19, глубина 39,0 м, г. Ставрополь	Стандартная	—	0,2628	0,0634 2,758 80,62	0,0092 0,459 13,42	0,0025 0,204 5,96	0,0076 0,214 6,26	0,0576 1,199 35,05	0,1225 2,008 58,69	8,25
То же	с O <sub>2</sub>	15	0,4389	0,1113 4,840 81,18	0,0123 0,162 10,26	0,0062 0,510 8,56	0,0040 0,112 1,88	0,1778 3,702 62,09	0,1237 2,028 34,02	8,55
» »	»	30	0,4837	0,1237 5,380 80,23	0,0153 0,765 11,41	0,0068 0,561 8,36	0,0056 0,157 2,34	0,2239 4,662 69,52	0,1078 1,767 26,35	8,22

Таблица 5 (окончание)

Порода	Вид водной вытяжки	Время взаимодействия породы с водой в присутствии кислорода (суток)	Общая минерализация	Химический состав						
				Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH
Глина сарматская, скв. 23, глубина 27,5—27,8 м, с. Александрия	Стандартная	—	0,9511	0,2940 12,788 87,14	0,0164 0,816 5,56	0,0130 1,071 7,30	0,2507 7,071 48,18	0,3218 6,700 45,66	0,0552 0,904 6,16	7,70
	То же	с O <sub>2</sub>	1,0843	0,3104 13,503 81,78	0,0235 1,173 7,10	0,0223 1,836 11,12	0,2333 6,580 39,85	0,4115 8,567 51,88	0,0833 1,365 8,27	8,48
	» »	"	1,1668	0,3328 14,477 81,13	0,0296 1,479 8,29	0,0229 1,887 10,58	0,2588 7,300 40,91	0,4370 9,098 50,99	0,0833 1,365 7,65	8,10
Глина сарматская, скв. 24, глубина 17,6—17,9 м, с. Константиновское	Стандартная	—	0,4794	0,1370 5,958 83,55	0,0123 0,612 8,58	0,0068 0,561 7,87	0,0967 2,728 38,26	0,1555 3,238 45,41	0,0711 1,165 16,33	7,8
	То же	с O <sub>2</sub>	0,6793	0,1628 7,081 70,89	0,0235 1,173 11,74	0,0211 1,734 17,37	0,0809 2,289 22,85	0,2930 6,100 61,07	0,0980 1,606 16,08	8,22
	» »	"	0,7969	0,1856 8,071 68,14	0,0317 1,581 13,35	0,0267 2,193 18,51	0,0927 2,614 22,07	0,3720 7,745 65,39	0,0858 1,406 11,87	8,08

комплекса. Наиболее интенсивно возрастает содержание сульфатных солей натрия, а также кальция и магния. Образование сульфатов можно отнести за счет окисления содержащегося в сарматских глинах пирита:



Наряду с выветриванием сульфидов выветриваются и другие, в первую очередь, легко окисляющиеся вещества (сидерит, органическое вещество). Следует также учесть возможность засоления элювиальных горизонтов и иными путями, в частности подтягиванием растворенных солей к поверхности из более глубоких горизонтов.

Высказанное нами в главе V предположение о повышенной агрегированности приповерхностных отложений по сравнению с глубокими в связи с увеличенной засоленностью более выветрелых горизонтов, как видно из материалов настоящей главы, подтверждается.

Таким образом, сарматские глины представляют собой, как правило, слабо засоленные породы. Из 16 скважин, пробуренных в различных районах Центрального Предкавказья, только четырем вскрыты породы с содержанием воднорастворимых солей более 1%. В элювиальной зоне рассматриваемые породы в основном засолены и содержат более 1% воднорастворимых солей.

При анализе состава солевого комплекса по результатам водных вытяжек следует иметь в виду, что если в породе часть воднорастворимых минералов содержится в твердом виде, в частности карбонаты и сульфаты кальция, при одновременном присутствии в поглощенном комплексе натрия, в водной вытяжке за счет обменных реакций окажется повышенным содержание натрия и пониженным — кальция. Поэтому полученный в результате пересчета гипотетический состав солей может более или менее расходиться с действительностью.

Из обобщенных результатов анализа водных вытяжек (см. табл. 4) видно, что в невыветрелых глинах нижнего сармата преобладающим катионом является натрий, содержание которого в породе колеблется от 0,04 до 0,3% (среднее 0,13%). Значительно меньше содержится двухвалентных катионов — магния от 0,002 до 0,06% (среднее 0,03%), кальция 0,001—0,03% (среднее 0,02%). Преобладающий среди анионов сульфат-ион содержится в количестве 0,06—0,36% (среднее 0,25%); немного меньше гидрокарбонатных ионов — 0,02—0,37% (среднее 0,17%) и незначительное содержание хлоридов — от 0,015 до 0,044% (среднее 0,02%). Как видно из гипотетического состава солей, в глинах нижнего сармата преобладают сульфаты натрия и магния и совсем мало сульфатов кальция. Вместе с тем, как показывают анализ солянокислых вытяжек (табл. 6) и натурные наблюдения, глины нижнего сармата содержат значительные количества сульфатов кальция. Несоответствие гипотетического состава солей их действительному составу, как мы уже говорили, объясняется обменными реакциями в процессе приготовления вытяжек и невысокой растворимой способностью гипса.

Таблица 6

## Обобщенные результаты анализа солянокислых вытяжек сарматских глин

№ скв.	Геологический индекс	г/100 г воздушно-сухой породы*						CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O мг/экв	Число анализов
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		
3	N <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	0,721—1,526	0,358—0,676	0,053—0,806	0,545—1,472	1,174—2,185	0,171—0,683	1,107—28,720	22
		1,015	0,520	0,191	0,904	1,771	0,294	3,394	
4	eI <sub>4</sub>	1,602	0,694	0,532	0,748	1,719	0,370	3,441	1
4	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	0,721—1,534	0,370—0,796	0,064—0,356	0,354—0,840	1,136—2,608	0,198—0,962	0,920—17,058	10
		1,217	0,563	0,189	0,609	1,689	0,409	5,218	
5	d-eI <sub>4</sub>	1,246—2,033	0,517—0,676	1,041—1,283	0,075—0,108	2,100—2,547	0,185—0,432	2,064—4,972	3
		1,705	0,670	1,133	0,883	2,386	0,318	3,209	
7	eI <sub>4</sub>	0,708—5,247	0,555—2,029	0,192—1,750	0,030—0,787	1,204—1,964	0,848—2,896	18,505—31,060	4
		2,012	0,938	1,128	0,345	1,622	1,743	24,782	
7	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	2,361	0,429	1,610	0,390	1,408	5,868	90,311	1
8	eI <sub>4</sub>	4,604	0,358	0,203	0,847	0,898	0,131	1,185	1
8	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	1,286—2,663	0,278—0,668	0,051—0,711	0,222—0,449	1,031—2,528	0,105—0,346	1,426—5,272	4
		1,745	0,375	0,325	0,337	1,729	0,216	2,740	
9	eI <sub>4</sub>	0,457—5,036	0,343—1,018	0,620—6,000	0,370—1,280	1,260—2,073	0,572—4,888	5,156—81,915	8
		2,765	0,571	1,758	0,730	1,604	2,398	35,210	
9	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	2,243—5,494	0,278—0,716	0,280—0,616	0,984—1,220	1,361—1,553	0,789—1,341	2,697—16,101	2
		3,868	0,497	0,448	1,102	1,457	1,065	9,399	
12	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	0,196—2,863	0,519—0,891	0,050—0,769	0,047—1,825	0,519—2,874	0,561—4,131	2,776—56,163	8
		1,241	0,631	0,465	1,214	1,633	1,301	17,199	
13	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	2,863—7,714	0,437—1,393	0,049—0,944	0,134—1,355	1,535—2,025	0,205—0,548	2,431—9,636	9
		4,432	0,876	0,175	0,636	1,797	0,360	4,680	

Таблица 6 (продолжение)

№ скв.	Геологический индекс	г/100 г воздушно-сухой породы*						CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O мг/экв	Число анализов
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>		
15	eI <sub>4</sub>	2,846—2,938	0,835—1,058	0,967—0,991	0,817—0,869	1,990—2,388	2,167—2,505	35,489—39,527	2
		2,892	0,946	0,979	0,843	2,189	2,336	37,508	
15	N <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	3,030—3,306	0,835—1,003	0,055—0,062	0,986—1,227	1,749—2,338	0,346—0,472	1,538—3,028	3
		3,183	0,928	0,057	1,088	2,004	0,410	2,206	
16	eI <sub>4</sub>	3,148—1,526	0,995—1,512	0,974—2,150	0,083—0,208	1,308—2,878	0,809—2,163	1,814—24,386	3
		2,060	1,173	1,535	0,145	2,102	1,290	9,979	
16	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	0,852—9,642	0,740—1,560	0,055—1,180	0,240—1,470	1,480—2,978	0,603—3,126	1,667—52,038	9
		3,360	1,072	0,522	0,876	2,000	1,166	12,133	
17	eI <sub>4</sub>	1,639—4,273	0,756—1,432	0,508—1,420	0,100—0,658	1,667—1,833	0,191—5,611	0,857—87,827	6
		2,526	0,941	0,896	0,248	1,751	1,913	31,681	
17	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	1,115—2,899	0,557—1,003	0,096—0,764	0,536—1,200	1,590—2,046	0,274—1,045	1,066—17,251	7
		2,038	0,831	0,289	0,753	1,857	0,515	4,748	
18	eI <sub>4</sub>	1,377—3,778	0,501—0,835	0,875—1,900	0,058—0,584	1,710—3,533	0,761—7,867	6,593—148,230	4
		2,263	0,618	1,328	0,370	2,369	2,820	46,650	
18	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	1,534—3,188	0,573—0,859	0,093—1,320	0,630—1,630	1,742—2,694	0,246—0,345	0,219—2,246	6
		2,313	0,726	0,425	1,078	2,065	0,287	1,187	
19	d-eI <sub>4</sub>	0,962—4,452	0,162—0,389	0,359—1,013	0,030—0,265	0,691—2,734	0,055—0,527	0,779—10,410	4
		2,669	0,279	0,751	0,156	1,723	0,212	3,883	
19	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	0,015—2,806	0,324—0,863	0,040—0,258	0,291—1,149	0,578—3,279	0,103—0,392	0,479—6,238	26
		1,750	0,622	0,150	0,762	1,497	0,228	2,442	
23	eI <sub>4</sub>	0,641	0,778	0,107	0,727	1,260	0,659	—	1
23	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	1,176—6,734	0,681—1,475	0,063—0,158	0,653—1,092	1,165—1,498	0,313—0,802	1,086—7,197	12
		3,210	1,068	0,111	0,887	1,346	0,529	4,536	

Таблица 6 (окончание)

№ скв.	Геологический индекс	г/100 г воздушно-сухой породы*						CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O мг/экв	Число анализов
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		
24	eIQ <sub>4</sub>	1,069—1,389	0,584—0,778	1,533—1,566	0,033—0,200	1,158—1,626	2,661—3,155	35,08—46,623	2
		1,229	0,681	1,544	0,116	1,392	2,908	40,851	
24	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	0,534—2,123	0,454—0,981	0,113—3,100	0,033—1,671	1,265—1,889	0,336—2,376	1,468—35,153	12
		1,442	0,747	0,732	0,902	1,524	0,663	6,726	
28	eIQ <sub>4</sub>	1,336—2,271	0,386—1,216	0,053—0,125	0,604—1,426	0,505—0,807	0,117—0,432	0,901—6,503	7
		1,856	0,564	0,073	0,861	0,606	0,224	2,791	
28	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	1,470—1,603	0,243—0,324	0,053—0,127	0,523—0,606	0,423—0,574	0,130—0,370	1,197—5,822	4
		1,510	0,278	0,077	0,551	0,482	0,231	3,150	
Шурф 2	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	1,115—2,663	0,597—0,724	0,210—1,500	0,208—0,584	2,306—2,758	0,144—1,195	5,414—17,717	4
		1,797	0,649	1,059	0,384	2,460	0,597	10,940	
Общее	eIQ <sub>4</sub>	2,846—2,938	0,835—1,058	0,967—0,991	0,817—0,869	1,990—2,388	2,167—2,505	35,489—39,527	2
		2,892	0,946	0,979	0,843	2,189	2,336	37,508	
	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	0,721—3,306	0,358—1,003	0,053—0,806	0,545—1,472	1,174—2,338	0,171—0,683	1,107—28,72	25
		2,099	0,724	0,124	0,886	1,887	0,352	2,800	
	eIQ <sub>4</sub>	0,457—5,247	0,343—2,029	0,053—6,000	0,030—1,426	0,505—3,533	0,117—5,611	0,857—148,230	37
		2,156	0,732	0,910	0,514	0,153	1,446	21,841	
	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	0,015—9,642	0,243—1,560	0,040—3,100	0,033—1,825	0,423—3,279	0,103—4,131	0,219—56,163	114
		2,306	0,669	0,468	0,748	1,638	0,960	10,704	
	d-eIQ <sub>4</sub>	0,962—7,452	0,162—0,676	0,359—1,283	0,030—0,265	0,691—2,734	0,055—0,527	0,779—10,410	7
		1,887	0,428	0,942	0,518	2,054	0,265	3,546	

\* В числителе — пределы содержания компонентов, в знаменателе — среднее арифметическое значение.

В глинах среднего сармата, по данным анализа водных вытяжек, среди катионов преобладает натрий, содержание которого колеблется от 0,014 до 0,71% (среднее арифметическое из 114 определений составляет 0,19%). Два других катиона содержатся приблизительно в равных количествах — магния 0,03% и кальция 0,04% (среднее арифметическое из 114 определений). Среди анионов, как и в нижнесарматских глинах, преобладают сульфат-ионы, содержание которых изменяется от 0,02 до 1,26% (среднее значение 0,44%). Хлоридов и гидрокарбонатов немного — первых 0,001—0,37% (среднее 0,1%), вторых 0,018—0,28% (среднее 0,06%). Судя по гипотетическому составу, среди солей, как и в нижнесарматских глинах, преобладают сульфаты натрия, магния и кальция. Кроме того, содержится заметное количество NaCl (среднее 3,15 мг·экв/100 г породы).

Таким образом, состав воднорастворимых солей в нижнесарматских и среднесарматских глинах, по данным водных вытяжек, преимущественно сульфатно-натриевый, сульфатно-магниевый и сульфатно-кальциевый. Подчиненное значение имеют хлоридно-натриевые соли. Содержание хлор-иона в среднесарматских глинах значительно выше (до 0,37%), чем в нижнесарматских (до 0,04%), как и общая минерализация сухого остатка.

По данным солянокислых вытяжек, в сарматских глинах содержится значительное количество закисного железа (0,5—0,8%), нахождение которого связывается с присутствием в породе сидерита и некоторых других закисных форм железа. Попадая в зону активная выветривания, двухвалентное железо окисляется, обуславливая бурые оттенки сарматских глин в зоне выветривания. Во всех исследованных образцах глинистых пород в солянокислых вытяжках отмечается сравнительно высокое содержание кальция (в среднем более 2%), что обусловлено присутствием в породе карбонатов и гипса. Судя по результатам кальциметрических определений (табл. 7), можно считать, что сарматские глины имеют различную степень карбонатизации. Для нижнесарматских отложений она колеблется от 3 до 17% (в пересчете на  $\text{CaCO}_3$ ), а для среднесарматских — от 0,4 до 43%. Среднеарифметическое значение содержания карбонатов для нижне- и среднесарматских глин составляет около 11% (среднее из 139 определений). По данным солянокислых вытяжек, в элювиальной зоне резко возрастает содержание гипса по сравнению с его содержанием в невыветрелых слоях: для нижнесарматских отложений содержание гипса в элювии возрастает почти в 15 раз, а для среднесарматских отложений — почти в 2 раза по сравнению с более глубокими горизонтами глин.

Изученные нами отложения сравнительно бедны органическим веществом, среднее содержание которого в глинах нижнего и среднего сармата составляет 1,3—1,5%  $\text{C}_{\text{орг}}$ . Такое количество органического углерода содержится в морских илах (П. Траск, 1953). Небезынтересно отметить, что А. Д. Архангельский считал (1927): нефтематеринские породы должны содержать не менее 2%  $\text{C}_{\text{орг}}$ ; Н. Б. Вассоевич определял эту квоту, равной 0,5—1% (1958).

Таблица 7

Обобщенные результаты содержания карбонатов и органического углерода сарматских глин

(в % на воздушно-сухую навеску)

№ скв.	Геологический индекс	CaCO <sub>3</sub>	C <sub>орг</sub>	Число определенных	№ скв.	Геологический индекс	CaCO <sub>3</sub>	C <sub>орг</sub>	Число определенных	
99	3	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	$\frac{2,8-11,1}{6,12}$	$\frac{1,61-3,25}{2,41}$	22	9	elQ <sub>4</sub>	$\frac{0,9-23,8}{8,8}$	$\frac{0,27-2,73}{1,53}$	8
	4	elQ <sub>4</sub>	9,2	1,15	1	9	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	$\frac{14,3-25,4}{19,8}$	$\frac{1,95-2,46}{2,20}$	2
	4	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	$\frac{1,9-9,4}{5,92}$	$\frac{1,58-2,76}{2,18}$	10	12	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	$\frac{0,4-13,5}{9,6}$	$\frac{0,14-3,05}{1,51}$	8
	5	d-elQ <sub>4</sub>	$\frac{6,1-9,6}{8,3}$	$\frac{0,32-0,39}{0,36}$	3	13	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	$\frac{14,1-42,3}{24,0}$	$\frac{0,01-2,30}{1,62}$	9
	7	elQ <sub>4</sub>	$\frac{0,7-1,4}{1,1}$	$\frac{0,25-0,63}{0,36}$	4	15	elQ <sub>4</sub>	$\frac{9,8-10,9}{10,3}$	$\frac{0,18-0,29}{0,24}$	2
	7	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	—	0,34	1	15	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	$\frac{15,9-16,6}{16,2}$	$\frac{1,25-1,36}{1,31}$	3
	8	elQ <sub>4</sub>	1,1	0,40	1	16	elQ <sub>4</sub>	$\frac{4,3-9,4}{6,9}$	$\frac{0,81-2,22}{1,36}$	3
	8	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	$\frac{4,6-14,3}{7,8}$	$\frac{0,06-0,69}{0,34}$	4					

Таблица 7 (окончание)

№ скв.	Геологический индекс	CaCO <sub>3</sub>	C <sub>орг</sub>	Число определенных	№ скв.	Геологический индекс	CaCO <sub>3</sub>	C <sub>орг</sub>	Число определенных	
19	16	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	$\frac{3,7-43,3}{12,1}$	$\frac{0,19-3,34}{1,71}$	9	24	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	$\frac{2,6-10,8}{6,8}$	$\frac{0,42-2,48}{1,58}$	12
	17	elQ <sub>4</sub>	$\frac{7,8-63,8}{20,2}$	$\frac{0,44-1,55}{0,94}$	6	28	elQ <sub>4</sub>	$\frac{7,4-11,9}{9,8}$	$\frac{0,55-0,90}{0,73}$	7
	17	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	$\frac{5,1-15,6}{7,6}$	$\frac{1,11-2,48}{1,58}$	7	28	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	$\frac{7,0-8,8}{8,0}$	$\frac{0,46-1,86}{0,90}$	4
	18	elQ <sub>4</sub>	$\frac{5,1-7,4}{6,1}$	$\frac{0,33-1,52}{0,71}$	4	Шурф 2	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	$\frac{6,1-15,9}{9,8}$	$\frac{1,74-0,34}{0,96}$	4
	18	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	$\frac{7,4-19,1}{13,7}$	$\frac{1,29-2,50}{1,85}$	6	Общее	elQ <sub>4</sub>	$\frac{9,8-10,9}{10,3}$	$\frac{0,18-0,29}{0,24}$	2
	19	d-elQ <sub>4</sub>	$\frac{3,6-23,5}{10,7}$	$\frac{0,16-2,89}{1,35}$	5		N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	$\frac{2,8-16,7}{11,16}$	$\frac{1,25-3,25}{1,36}$	25
	19	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	$\frac{5,0-15,9}{9,5}$	$\frac{0,41-3,25}{1,52}$	26		elQ <sub>4</sub>	$\frac{0,7-63,8}{6,76}$	$\frac{0,25-2,73}{0,95}$	37
	23	elQ <sub>4</sub>	1,9	1,77	1		N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	$\frac{0,4-43,3}{11,7}$	$\frac{0,01-3,34}{1,45}$	114
	23	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	$\frac{3,5-42,5}{18,1}$	$\frac{1,71-2,74}{2,01}$	12		d-elQ <sub>4</sub>	$\frac{3,6-23,5}{9,1}$	$\frac{0,16-2,89}{0,85}$	8
	24	elQ <sub>4</sub>	2,5	$\frac{0,45-0,65}{0,52}$	2					

Для выяснения соответствия соотношения ионов в водных вытяжках природному соотношению было дополнительно проведено исследование химического состава поровых растворов, отжатых из сарматских глин под давлением 500—2000  $\text{кг/см}^2$ . Обобщенные результаты анализа показывают (табл. 8), что в жидкой фазе нижне-сарматских глин среди катионов преобладают натрий и магний, кальция содержится незначительное количество. Среди анионов по содержанию резко выделяются сульфаты, на втором месте стоит хлор. В глинах среднего сармата преобладающим катионом поровых растворов является натрий, на втором месте по его содержанию стоит магний. Среди анионов также преобладают сульфаты, однако содержится значительно больше ионов хлора по сравнению с их количеством в жидкой фазе нижнесарматских глин. Отмечается также повышение минерализации растворов в образцах из элювиальной зоны. Таким образом, результаты анализа поровых растворов подтверждают преимущественно сульфатно-натриевый состав воднорастворимых минералов сарматских глин. В отдельных образцах преобладают хлориды.

#### Емкость поглощения и состав поглощенных катионов

Емкость поглощения и состав поглощенных катионов исследовались с помощью метода Пфеффера, проверенного и используемого для определения емкости поглощения в карбонатных гипсосодержащих грунтах (Беляева, 1967). Метод Пфеффера основан на реакции замещения поглощенных катионов ионом аммония. В реактиве Пфеффера не растворяются гипс, карбонаты Ca и Mg, практически не растворим сульфат Na. Растворимы хлориды и карбонаты щелочных катионов.

Результаты исследования показывают, что сарматские глины в общем характеризуются довольно высокой емкостью обмена катионов, составляющей в среднем 18—32  $\text{мг} \cdot \text{экв}$  на 100 г абсолютно сухого грунта. Такие величины емкости поглощения хорошо согласуются с выявленным монтмориллонит-гидрослюдистым составом сарматских глин. Заметного различия между емкостью поглощения глин нижнего и среднего сармата не отмечается. Для отложений нижнего сармата эта величина колеблется от 14 до 42  $\text{мг} \cdot \text{экв}$ , а для среднесарматских глин она изменяется от 11 до 44  $\text{мг} \cdot \text{экв}$ . Следует отметить, что наиболее низкие значения емкости поглощения присущи образцам из двух скважин: скв. 8 (11,10—18,31  $\text{мг} \cdot \text{экв}$ ) и скв. 28 (11,96—17,84  $\text{мг} \cdot \text{экв}$ ).

В поглощенном комплексе сарматских глин присутствуют двухвалентные ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) и одновалентные катионы ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ). Какого-либо однозначного преобладания среди обменных катионов нижнесарматских отложений не отмечается. В скв. 3, вскрывшей глины нижнего сармата, заметно преобладает обменный натрий, содержание которого колеблется от 8,04 до 32,61  $\text{мг} \cdot \text{экв}$ , что соответственно

Таблица 8

## Обобщенные результаты химического состава поровых растворов сарматских глин

№ скв.	Геологический индекс	Общая минерализация, г/кг раствора	Состав компонентов, г/кг раствора					Число определений	
			Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
3	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	2,67—20,67	0,623—5,467	0,015—0,517	0,038—0,512	0,164—2,138	0,224—12,043	0,457—1,670	21
		6,54	1,75	0,122	0,161	0,716	2,947	0,904	
4	elQ <sub>4</sub>	9,17	1,635	0,571	0,672	3,384	2,739	0,172	1
4	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	3,72—10,14	0,738—1,768	0,106—0,930	0,175—0,876	0,978—2,773	1,046—5,162	0,081—0,298	10
		6,73	0,399	0,400	0,439	1,852	2,696	0,182	
5	d-elQ <sub>4</sub>	7,88—17,1	1,022—2,768	0,505—1,409	0,571—0,785	1,944—5,811	3,542—6,593	0,298—0,348	2
		12,79	1,994	0,957	0,678	3,877	5,067	0,323	
7	elQ <sub>4</sub>	17,38—34,46	2,305—4,755	1,559—3,769	0,528—0,613	2,660—6,263	9,838—19,192	0,231—0,427	4
		25,415	3,366	2,668	0,567	4,353	14,109	0,355	
8	elQ <sub>4</sub>	7,67	1,321	0,459	0,661	1,608	3,761	0,158	1
8	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	5,39—6,26	0,451—0,781	0,274—0,290	0,527—0,829	1,196—1,270	2,539—3,419	0,066—0,094	3
		5,903	0,653	0,281	0,694	1,232	3,058	0,080	
9	elQ <sub>4</sub>	24,67—36,19	4,320—7,611	1,200—2,072	0,526—0,696	4,867—7,233	12,828—18,323	0,155—0,573	7
		29,318	5,859	1,604	0,636	5,824	15,062	0,368	
9	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	35,73—38,80	7,792—8,600	1,834—2,047	0,575—0,609	7,367—7,810	17,789—18,857	0,336—0,908	2
		37,27	8,296	1,940	0,592	7,588	18,323	0,622	
13	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	3,49—9,87	0,303—1,071	0,127—0,874	0,230—1,319	0,244—1,492	1,615—5,310	0,074—0,884	9
		6,585	0,456	0,428	0,923	0,910	3,669	0,256	

Таблица 8 (продолжение)

№ скв.	Геологический индекс	Общая минерализация, г/кг раствора	Состав компонентов, г/кг раствора					Число определений	
			Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
15	elQ <sub>4</sub>	13,76—19,36	1,148—1,376	1,721—2,802	0,453—0,625	1,157—1,231	8,892—13,131	0,140—0,444	2
		16,56	1,264	2,261	0,539	1,184	11,011	0,292	
15	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	15,55—22,32	1,133—1,673	1,999—3,059	0,709—0,821	2,135—2,949	8,910—13,803	0,127—0,404	3
		18,660	1,377	2,492	0,782	2,246	11,306	0,246	
16	elQ <sub>4</sub>	32,45—42,24	5,621—6,686	3,165—4,530	0,534—0,649	8,388—10,552	14,355—19,827	0,383—0,454	3
		37,853	6,109	3,775	0,586	9,140	16,963	0,418	
16	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	23,68—48,53	0,606—8,012	2,888—4,732	0,547—1,231	2,585—14,011	11,518—20,030	0,117—0,587	8
		36,687	5,668	3,801	0,877	10,806	15,273	0,351	
17	elQ <sub>4</sub>	20,78—26,99	2,697—4,887	1,958—2,563	0,596—0,936	4,599—6,656	9,046—13,005	0,155—0,467	6
		23,602	3,901	2,382	0,761	5,614	10,912	0,349	
17	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	8,49—26,28	1,294—4,726	0,685—2,327	0,594—1,068	2,438—5,565	3,294—14,370	0,104—0,185	6
		17,182	2,604	1,388	0,937	4,009	8,186	0,153	
18	elQ <sub>4</sub>	13,22—17,10	2,057—3,189	0,764—1,541	0,545—0,821	1,206—3,154	7,651—10,987	0,190—0,368	4
		15,483	2,412	1,172	0,655	1,826	9,147	0,291	
18	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	11,79—16,12	1,479—2,521	0,782—1,249	0,643—0,966	1,428—2,549	7,056—8,892	0,080—0,535	5
		13,978	1,948	1,083	0,806	1,896	8,050	0,195	
19	d-elQ <sub>4</sub>	6,07	0,470	0,425	0,700	0,561	3,618	0,273	1
19	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	2,43—9,78	0,583—1,158	0,033—0,804	0,054—0,754	0,287—1,856	0,730—5,221	0,499—0,698	5
		4,842	0,891	0,251	0,245	0,676	2,275	0,605	
23	elQ <sub>4</sub>	23,58	5,188	1,477	0,767	7,545	8,179	0,427	1

Таблица 8 (окончание)

№ скв.	Геологический индекс	Общая минерализация, г/кг раствора	Состав компонентов, г/кг раствора					Число определений	
			Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
23	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	19,07—28,13	4,219—6,764	0,107—1,590	0,731—0,985	7,006—11,960	5,196—7,141	0,188—0,705	7
		22,311	4,917	1,330	0,907	8,497	6,258	0,404	
24	elQ <sub>4</sub>	37,02	5,660	4,395	0,696	11,540	15,086	0,147	1
24	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	4,52—34,14	0,955—5,187	0,226—3,672	0,224—1,518	1,588—7,761	1,144—16,495	0,263—0,559	6
		17,128	2,487	1,648	0,856	4,591	7,220	0,386	
28	elQ <sub>4</sub>	2,80—10,72	0,292—0,955	0,051—0,509	0,084—1,622	0,491—2,554	1,238—4,116	0,132—0,960	4
		5,500	0,515	0,187	0,657	1,085	2,603	0,469	
28	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	1,97—3,02	0,182—0,213	0,111—0,146	0,283—0,483	0,426—0,633	0,655—1,101	0,317—0,408	2
		2,49	0,196	0,128	0,383	0,529	0,878	0,362	
Шурф 2	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	4,63—6,68	0,320—0,681	0,368—0,527	0,477—0,650	0,084—1,051	2,913—3,950	0,098—0,429	4
		5,672	0,426	0,443	0,576	0,371	3,564	0,291	
Общее	elQ <sub>4</sub>	13,76—19,36	1,148—1,376	1,721—2,802	0,453—0,625	1,157—1,231	8,892—13,131	0,140—0,444	2
		16,56	1,264	2,261	0,539	1,184	11,011	0,292	
	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>1</sub>	2,67—22,32	0,623—5,467	0,015—3,059	0,038—0,821	0,164—2,949	0,224—13,803	0,127—1,670	24
		12,60	1,276	1,307	0,471	1,481	7,126	0,507	
	elQ <sub>4</sub>	2,80—42,24	0,292—7,611	0,051—4,530	0,084—1,622	0,491—10,552	1,238—19,827	0,132—0,960	32
		21,37	3,600	1,869	0,666	5,192	9,856	0,315	
	N <sub>1</sub> <sup>3</sup> S <sub>2</sub>	1,97—48,53	0,182—8,600	0,033—4,732	0,054—1,518	0,084—14,011	0,655—20,030	0,066—0,908	67
		14,73	2,412	1,010	0,863	3,580	6,208	0,324	
	d-elQ <sub>4</sub>	6,07—17,1	0,470—2,768	0,425—1,409	0,571—0,785	0,561—5,811	3,542—6,593	0,273—0,348	3
		9,43	1,232	0,691	0,689	2,219	4,342	0,298	

составляет 30,64—81,13% от емкости поглощения (среднее значение 68,96%). В то же время в образцах нижнесарматских глин из скв. 15 резко преобладает над остальными катионами магний, содержание которого изменяется от 13,26 до 15,22 *мг·экв*, что составляет 75,09—76,01% (в среднем 75,5%) от емкости поглощения.

В половине всех исследованных образцов среднесарматских глин преобладает магний, содержание которого колеблется от 3,43 до 27,36 *мг·экв*, что составляет соответственно 15,54—76,83% (в среднем 42,74%) от емкости поглощения. В другой половине образцов этих глин преобладает кальций либо натрий, а магний занимает второе место в обменном комплексе. При этом кальция содержится 0,98—18,17 *мг·экв*, или 2,21—70,0%, а натрия — 0,13—29,96 *мг·экв*, или 0,44—66,16% от емкости поглощения.

Во всех исследованных образцах калий занимает четвертое место среди обменных катионов, содержание его составляет в среднем 4—6% от емкости обмена (0,92—1,36 *мг·экв*).

## ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

## Физическое состояние

Физическое состояние и физические свойства сарматских глин на изученной территории характеризуются некоторой неоднородностью по площади и глубине залегания (табл. 9), что связано с условиями осадконакопления и последующего изменения состояния и свойств отложений под влиянием процессов диагенеза, эпигенеза и выветривания, а также с тектоническими условиями района.

Медианное значение удельного веса этих пород, полученное из графика рассеяния по данным 110 определений, равно  $2,73 \text{ г/см}^3$  при крайних значениях  $2,67—2,86 \text{ г/см}^3$ . Построенные в результате обработки материала методами математической статистики гистограммы (графики распределения) показывают (рис. 6), что наиболее часто (47% от всех образцов) встречаются значения удельного веса, находящиеся в интервале  $2,70—2,74 \text{ г/см}^3$ . Заметное колебание удельного веса можно объяснить изменениями в соотношении минералов, входящих в состав сарматских глин, особенно если учесть наличие рудных минералов, воднорастворимых солей и органического вещества.

Для отложений делювиально-элювиальных горизонтов сарматских глин наиболее часто (40% от всех образцов) встречаются значения удельного веса  $2,72—2,76 \text{ г/см}^3$ , и поэтому медианное значение для них несколько выше —  $2,75 \text{ г/см}^3$ .

Для уточнения методических вопросов, связанных с определением удельного веса сарматских глин, наряду с определением этой величины в воде было проведено на 73 образцах параллельное определение удельного веса в керосине. Для части образцов результаты определений, выполненных разными методами, получились близкими, для другой же части образцов различия оказались значительными: удельный вес этих глин, определенный при помощи воды (табл. 10), как правило, больше такового, определенного при помощи керосина. У ряда образцов удельный вес, определенный в воде, имеет значение  $2,80 \text{ г/см}^3$  и более. Для выяснения характера влияния засоленности на результаты определения в воде удельного веса сарматских глин мы построили график зависимости удельного веса этих пород, определенного в воде, от содержания в них воднорастворимых солей (рис. 7). По графику видно, что на результаты

Таблица 9

## Физико-механические свойства сарматских глин Центрального Предкавказья

№ скв.	Глубина отбора образца, м	Возраст породы	Естественная влажность $W_e$ , %	Пластичность			Показатель консистенции $B$	Удельный вес $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Объемный вес $\Delta$ , г/см <sup>3</sup>	Пористость $n$ , %	Коэффициент пористости $v$	Степень влажности $K_w$	Коллоидная активность $K_p$	Набухание $\Delta V$ , %	Пластическая прочность $R_t$ , кг/см <sup>2</sup>		Влажность после набухания $W_H$ , %	Объемная усадка $\Delta V$ , %	Показатель уплотненности $K_d$	Показатель степени сжатия $K_c$ , %	Объемный вес скелета $\delta$ , г/см <sup>3</sup>
				$W_p$	$W_f$	$M_p$									до набухания	после набухания					
3	5,6	$N_1^3 S_1$	36	38	60	22	-0,09	2,73	1,78	52	1,08	0,91	0,32	9,5	6,1	0,9	50	20,4	1,09	21	1,36
3	7,1	$N_1^3 S_1$	35	42	73	31	-0,23	2,72	1,81	51	1,04	0,92	0,41	15,0	8,4	1,2	49	24,2	1,23	32	1,34
3	8,5	$N_1^3 S_1$	37	38	86	48	-0,02	2,72	1,76	53	1,13	0,89	0,54	23,0	10,9	0,5	56	14,5	1,02	36	1,29
3	10,2	$N_1^3 S_1$	38	38	64	26	0	2,70	1,89	49	0,96	1,07	0,38	57,2	5,8	1,4	81	23,5	1,00	47	1,37
3	11,4	$N_1^3 S_1$	39	40	72	32	-0,03	2,74	1,84	52	1,08	0,99	0,40	34,0	8,1	0,6	61	21,6	1,03	30	1,33
3	13,2	$N_1^3 S_1$	36	39	67	28	-0,11	2,74	1,87	50	1,00	0,97	0,47	14,0	7,2	1,1	41	25,0	1,11	30	1,38
3	14,7	$N_1^3 S_1$	36	48	78	29	-0,41	2,74	1,86	50	1,00	0,97	0,35	36,7	11,2	0,6	64	16,6	1,38	36	1,37
3	17,6	$N_1^3 S_1$	37	30	56	26	0,27	2,70	1,84	50	1,00	1,00	0,31	37,0	5,8	0,2	68	20,6	0,73	20	1,34
3	19,1	$N_1^3 S_1$	33	49	72	24	-0,67	2,74	1,84	49	0,96	0,94	0,29	35,0	8,3	0,4	53	20,0	1,63	34	1,38
3	20,6	$N_1^3 S_1$	36	43	70	27	-0,26	2,72	1,86	50	1,00	0,98	0,32	33,0	8,9	0,8	61	19,7	1,26	34	1,37
3	22,1	$N_1^3 S_1$	35	41	70	29	-0,21	2,70	1,89	48	0,94	1,00	0,38	11,8	17,6	4,2	49	17,0	1,21	39	1,40
3	23,6	$N_1^3 S_1$	37	—	—	—	—	2,68	1,82	51	1,04	0,95	—	16,9	15,0	4,6	53	17,5	—	—	1,33
3	25,1	$N_1^3 S_1$	34	56	75	19	-1,16	2,74	1,86	49	0,96	0,97	0,21	33,3	24,3	0,8	62	23,0	2,16	36	1,30
3	26,6	$N_1^3 S_1$	34	42	66	24	-0,33	2,78	1,84	51	1,04	0,91	0,34	32,0	10,9	0,9	63	20,3	1,33	29	1,37

Таблица 9 (продолжение)

№ скв.	Глубина отбора образца, м	Возраст породы	Естественная влажность $W_e$ , %	Пластичность			Показатель консистенции $B$	Удельный вес $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Объемный вес $\Delta$ , г/см <sup>3</sup>	Пористость $n$ , %	Коэффициент пористости $v$	Степень влажности $K_w$	Коллоидная активность $K_p$	Набухание $\Delta V$ , %	Пластическая прочность $R_t$ , кг/см <sup>2</sup>		Влажность после набухания $W_H$ , %	Объемная усадка $\Delta V$ , %	Показатель уплотненности $K_d$	Показатель степени сжатия $K_c$ , %	Объемный вес скелета $\delta$ , г/см <sup>3</sup>
				$W_p$	$W_f$	$M_p$									до набухания	после набухания					
3	28,1	$N_0^3 S_1$	36	29	50	21	0,33	2,70	1,80	51	1,04	0,93	0,25	15,7	15,1	2,7	47	17,5	0,67	13	1,32
3	29,6	$N_1^3 S_1$	37	39	67	28	-0,07	2,72	1,86	50	1,00	1,01	0,95	27,0	19,6	0,8	58	14,2	1,07	29	1,36
3	31,3	$N_1^3 S_1$	36	38	72	34	-0,06	2,68	1,84	49	0,96	1,00	0,41	36,0	19,0	0,9	64	18,7	1,06	33	1,35
3	32,6	$N_1^3 S_1$	32	41	79	38	-0,24	2,68	1,96	40	0,69	1,04	1,24	34,0	19,9	0,5	52	17,8	1,24	45	1,48
3	34,2	$N_1^3 S_1$	32	32	72	40	0	2,73	1,94	46	0,85	1,03	0,68	35,9	12,5	0,5	55	16,1	1,00	38	1,47
3	35,7	$N_1^3 S_1$	30	37	71	34	-0,21	2,74	1,92	46	0,85	0,97	0,47	34,9	13,2	0,5	57	12,6	1,21	37	1,48
3	37,2	$N_1^3 S_1$	31	45	75	30	-0,46	2,73	1,87	49	0,96	0,88	0,45	32,8	18,4	0,8	54	13,1	1,47	37	1,43
4	11,6	$e1Q_4$	46	34	67	33	0,36	2,75	1,73	57	1,32	0,96	0,45	13,1	1,8	0,4	60	32,0	0,64	15	1,18
4	12,6	$N_1^3 S_2$	43	11	40	29	1,10	2,73	1,77	55	1,22	0,96	0,40	8,1	5,2	1,2	48	28,4	-0,01	-6	1,24
4	14,9	$N_1^3 S_2$	34	24	45	24	0,42	2,74	1,80	51	1,04	0,90	0,58	9,4	6,1	1,3	51	26,7	0,46	9	1,34
4	16,3	$N_1^3 S_2$	29	41	66	25	-0,48	2,73	1,83	48	0,94	0,84	0,36	2,1	2,2	0,9	42	5,5	1,48	31	1,42
4	17,5	$N_1^3 S_2$	38	31	69	38	0,18	2,73	1,86	51	1,04	1,00	0,61	4,6	6,1	4,8	44	27,0	0,82	24	1,35
4	19,1	$N_1^3 S_2$	42	27	59	32	0,47	2,72	1,83	53	1,13	1,01	0,54	7,4	8,7	1,4	46	25,9	0,53	18	1,29
4	20,4	$N_1^3 S_2$	42	21	54	33	0,64	2,68	1,73	55	1,22	1,01	0,43	3,4	9,4	3,5	44	23,5	0,36	9	1,22
4	22,1	$N_1^3 S_2$	38	18	47	29	0,69	2,74	1,80	52	1,08	0,96	0,61	6,1	7,5	2,3	46	25,3	0,31	19	1,30

Таблица 9 (продолжение)

№ скв.	Глубина отбора образца, м	Возраст породы	Естественная влажность $w_e$ , %	Пластичность			Показатель консистенции $B$	Удельный вес $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Объемный вес $\Delta$ , г/см <sup>3</sup>	Пористость $n$ , %	Коэффициент пористости $e$	Степень влажности $K_w$	Коллоидная активность $K_p$	Набухание $\Delta V$ , %	Пластическая прочность $R_t$ , кг/см <sup>2</sup>		Влажность после набухания $w_H$ , %	Объемная усадка $\Delta V$ , %	Показатель уполотненности $K_d$	Показатель степени сжатия $K_c$ , %	Объемный вес скелета $\delta$ , г/см <sup>3</sup>
				$W_p$	$W_f$	$M_p$									до набухания	после набухания					
4	23,5	$N_1^3S_2$	38	27	50	23	0,48	2,72	2,01	46	0,85	1,02	0,36	1,4	11,0	1,1	31	9,9	0,52	22	1,46
4	24,6	$N_1^3S_2$	42	47	76	29	-0,17	2,74	1,83	53	1,13	1,01	0,47	7,6	9,6	3,1	48	30,2	1,17	31	1,29
4	26,7	$N_1^3S_2$	36	24	47	23	0,52	2,73	1,85	50	1,00	0,98	0,51	16,5	8,8	0,5	48	21,1	0,58	12	1,36
5	2,7	d-elQ <sub>4</sub>	24	32	52	20	-0,40	2,74	2,01	40	0,68	0,97	0,31	9,5	3,4	0,6	30	16,3	1,40	31	1,62
5	4,2	d-elQ <sub>4</sub>	23	27	41	14	-0,29	2,73	2,03	39	0,65	0,97	1,26	1,8	2,3	0,8	26	15,4	1,29	22	1,65
5	7,3	d-elQ <sub>4</sub>	24	28	45	17	-0,24	2,70	2,04	39	0,65	1,00	0,30	1,8	5,1	1,3	25	10,5	1,24	26	1,64
7	5,0	elQ <sub>4</sub>	50	32	79	47	0,38	2,74	1,66	60	1,50	0,91	0,56	18,8	1,8	0,3	64	27,3	0,62	21	1,11
7	5,5	elQ <sub>4</sub>	46	43	66	23	0,13	2,77	1,76	56	1,27	1,00	0,34	15,2	3,3	0,6	58	32,0	0,87	16	1,20
7	7,0	elQ <sub>4</sub>	47	38	58	20	0,45	2,83	1,76	58	1,38	0,94	0,27	23,6	2,1	0,2	69	32,7	0,55	10	1,19
7	8,5	elQ <sub>4</sub>	46	36	58	22	0,45	2,76	1,77	56	1,27	1,00	0,36	10,8	2,5	0,4	56	25,6	0,54	13	1,21
7	10,5	$N_1^3S_2$	42	36	59	23	0,26	2,75	1,78	54	1,17	0,99	0,29	9,2	3,3	1,1	52	28,1	0,74	17	1,25
8	8,7	elQ <sub>4</sub>	26	28	33	5	-0,40	2,75	2,03	41	0,69	1,04	0,16	5,3	4,4	0,8	41	5,3	0,14	-5	1,61
8	9,3	elQ <sub>4</sub>	24	19	33	14	0,35	2,71	2,04	39	0,65	1,00	0,50	0,2	1,5	0,7	51	9,2	0,64	13	1,64
8	11,6	$N_1^3S_2$	37	29	53	24	0,33	2,69	1,82	51	1,04	0,96	0,53	9,5	2,7	0,4	42	16,2	0,66	15	1,41
8	13,1	$N_1^3S_2$	34	25	47	22	0,41	2,69	1,78	51	1,04	0,88	0,49	1,6	5,3	2,3	41	-	0,59	4	1,33
8	14,0	$N_1^3S_2$	33	21	51	29	0,41	2,72	1,87	48	0,94	0,95	0,52	7,1	4,0	0,9	41	6,3	0,59	18	1,41

Таблица 9 (продолжение)

№ скв.	Глубина отбора образца, м	Возраст породы	Естественная влажность $w_e$ , %	Пластичность			Показатель консистенции $B$	Удельный вес $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Объемный вес $\Delta$ , г/см <sup>3</sup>	Пористость $n$ , %	Коэффициент пористости $e$	Степень влажности $K_w$	Коллоидная активность $K_p$	Набухание $\Delta V$ , %	Пластическая прочность $R_t$ , кг/см <sup>2</sup>		Влажность после набухания $w_H$ , %	Объемная усадка $\Delta V$ , %	Показатель уполотненности $K_d$	Показатель степени сжатия $K_c$ , %	Объемный вес скелета $\delta$ , г/см <sup>3</sup>
				$W_p$	$W_f$	$M_p$									до набухания	после набухания					
9	2,7	elQ <sub>4</sub>	35	32	65	33	0,09	2,82	1,91	50	1,00	0,99	0,48	30,3	3,9	0,2	51	22,6	0,91	29	1,41
9	4,0	elQ <sub>4</sub>	41	43	55	12	-0,17	2,76	1,80	54	1,17	0,97	0,18	20,3	2,9	0,5	54	21,5	1,17	14	1,28
9	5,4	elQ <sub>4</sub>	39	38	56	18	0,06	2,80	1,78	54	1,17	0,93	0,24	13,0	4,2	0,6	50	22,4	0,94	15	1,28
9	7,1	elQ <sub>4</sub>	38	41	68	27	-0,11	2,81	1,81	53	1,13	0,94	0,35	15,6	9,2	0,8	51	22,6	1,11	25	1,31
9	8,3	elQ <sub>4</sub>	37	38	68	30	-0,03	2,73	1,75	53	1,13	0,86	0,42	16,0	-	0,3	52	-	1,03	25	1,28
9	10,2	elQ <sub>4</sub>	39	56	78	22	-0,77	2,80	-	-	-	-	0,30	-	-	-	-	1,77	-	-	-
9	11,7	elQ <sub>4</sub>	31	41	71	29	-0,34	2,81	1,85	50	1,00	0,87	0,38	17,9	9,5	0,4	45	8,0	1,34	32	1,41
9	13,0	$N_1^3S_2$	32	41	65	24	-0,38	2,73	-	-	-	-	0,35	-	-	-	-	1,38	-	-	-
9	14,7	$N_1^3S_2$	33	42	64	22	-0,41	2,74	1,83	49	0,96	0,94	0,28	24,9	16,6	0,6	53	8,0	1,41	29	1,37
12	3,2	elQ <sub>4</sub>	42	37	70	33	0,15	-	-	-	-	-	0,43	-	-	-	-	0,85	-	-	-
12	4,1	$N_1^3S_2$	43	36	71	35	0,20	2,72	1,72	56	1,27	0,92	0,49	-	-	-	-	0,80	28	1,20	
12	6,0	$N_1^3S_2$	44	36	70	34	-0,24	2,86	1,79	56	1,27	0,99	0,38	15,2	6,0	1,4	58	28,6	0,77	29	1,24
12	7,3	$N_1^3S_2$	45	38	77	39	0,18	2,84	1,79	56	1,27	1,00	0,53	16,8	6,0	1,4	-	30,5	0,82	28	1,24
12	8,8	$N_1^3S_2$	44	42	76	34	0,06	2,83	1,69	58	1,38	0,90	0,42	13,7	3,2	0,3	61	29,3	0,94	36	1,10
12	10,1	$N_1^3S_2$	36	37	69	32	-0,03	2,80	-	-	-	-	0,38	-	-	-	-	1,03	-	-	-
12	11,7	$N_1^3S_2$	36	45	67	22	-0,41	2,77	1,77	53	1,13	0,89	0,35	13,6	11,9	2,0	50	22,4	1,41	25	1,30

Таблица 9 (продолжение)

№ скв.	Глубина отбора образца, м	Возраст породы	Естественная влажность $w_e$ , %	Пластичность			Показатель консистенции $B$	Удельный вес $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Объемный вес $\Delta$ , г/см <sup>3</sup>	Пористость $n$ , %	Коэффициент пористости $e$	Степень влажности $K_w$	Коллоидная активность $K_p$	Набухание $\Delta V$ , %	Пластическая прочность $R_t$ , кг/см <sup>2</sup>		Влажность после набухания $w_n$ , %	Объемная усадка $\Delta V$ , %	Показатель уплотненности $K_d$	Показатель степени сжатия $K_c$ , %	Объемный вес скелета $\delta$ , г/см <sup>3</sup>
				$W_p$	$W_f$	$M_p$									до набухания	после набухания					
12	13,2	$N_1^3 S_2$	39	36	65	29	0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,90	—	—
12	14,7	$N_1^3 S_2$	34	31	67	36	0,08	2,76	1,83	51	1,04	0,90	0,41	22,2	15,7	1,3	51	15,8	1,17	28	1,36
13	4,2	$N_1^3 S_2$	30	30	51	21	0	2,76	1,78	50	1,00	0,83	0,31	4,5	4,5	1,1	39	16,2	1,00	11	1,37
13	5,7	$N_1^3 S_2$	39	33	57	24	0,25	2,73	—	—	—	—	0,41	—	—	—	—	—	0,75	—	—
13	7,0	$N_1^3 S_2$	24	35	65	30	-0,37	2,79	—	—	—	—	0,57	—	—	—	—	—	1,37	—	—
13	8,8	$N_1^3 S_2$	22	38	78	40	-0,40	2,79	2,01	39	0,65	0,93	0,62	11,2	20,6	1,0	33	7,1	1,40	48	1,65
13	13,1	$N_1^3 S_2$	27	36	59	23	-0,39	2,72	—	—	—	—	0,33	—	—	—	—	—	1,39	—	—
13	14,5	$N_1^3 S_2$	27	38	58	20	-0,55	2,75	1,91	45	0,80	0,93	0,29	12,0	8,2	2,2	36	8,7	1,55	31	1,50
13	16,1	$N_1^3 S_2$	26	32	53	21	-0,29	2,72	—	—	—	—	0,40	—	—	—	—	—	1,28	—	—
13	17,7	$N_1^3 S_2$	32	32	53	21	0	2,74	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,0	—	—
15	4,2	eIQ <sub>4</sub>	24	36	53	17	-0,71	2,76	1,97	42	0,72	0,92	0,27	7,0	4,8	2,8	29	7,3	1,71	30	1,59
15	5,8	eIQ <sub>4</sub>	25	31	50	19	-0,32	2,74	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,32	—	—
15	7,1	$N_1^3 S_1$	21	13	51	38	0,21	2,75	2,00	40	0,67	0,87	0,93	15,7	30,4	0,8	31	3,7	0,79	30	1,65
15	8,7	$N_1^3 S_1$	22	20	41	21	0,10	2,75	—	—	—	—	0,51	—	—	—	—	—	0,91	—	—
15	10,2	$N_1^3 S_1$	21	21	45	24	0	2,76	1,98	41	0,69	0,84	0,55	1,0	9,2	1,0	26	3,3	1,0	25	1,64

Таблица 9 (продолжение)

№ скв.	Глубина отбора образца, м	Возраст породы	Естественная влажность $w_e$ , %	Пластичность			Показатель консистенции $B$	Удельный вес $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Объемный вес $\Delta$ , г/см <sup>3</sup>	Пористость $n$ , %	Коэффициент пористости $e$	Степень влажности $K_w$	Коллоидная активность $K_p$	Набухание $\Delta V$ , %	Пластическая прочность $R_t$ , кг/см <sup>2</sup>		Влажность после набухания $w_n$ , %	Объемная усадка $\Delta V$ , %	Показатель уплотненности $K_d$	Показатель степени сжатия $K_c$ , %	Объемный вес скелета $\delta$ , г/см <sup>3</sup>
				$W_p$	$W_f$	$M_p$									до набухания	после набухания					
16	2,7	eIQ <sub>4</sub>	46	45	71	26	0,04	2,74	1,73	57	1,33	0,94	0,33	13,8	3,9	0,4	65	33,0	0,96	21	1,12
16	4,3	eIQ <sub>4</sub>	43	42	70	28	0,04	2,78	—	—	—	—	0,34	—	—	—	—	—	0,97	—	—
16	5,8	eIQ <sub>4</sub>	45	54	73	19	-0,47	2,84	1,76	57	1,33	0,96	0,27	9,0	5,9	1,1	52	25,0	1,47	24	1,14
16	7,3	$N_1^3 S_2$	40	47	68	21	-0,33	2,77	1,80	54	1,17	0,95	0,26	9,2	11,4	1,9	50	25,6	1,33	25	1,29
16	8,6	$N_1^3 S_2$	49	42	71	29	0,24	2,81	—	—	—	—	0,34	—	—	—	—	—	0,77	—	—
16	10,2	$N_1^3 S_2$	42	46	74	28	-0,14	2,78	1,80	54	1,17	1,00	0,32	12,2	12,3	2,3	53	27,5	1,14	29	1,27
16	11,7	$N_1^3 S_2$	42	46	72	26	-0,15	2,83	—	—	—	—	0,32	—	—	—	—	—	1,15	—	—
16	13,2	$N_1^3 S_2$	37	44	67	23	-0,61	2,81	1,90	51	1,04	1,00	0,28	9,6	21,9	8,6	41	22,8	1,30	29	1,31
16	16,7	$N_1^3 S_2$	38	57	83	26	-0,73	2,79	1,90	51	1,04	1,02	0,32	8,6	35,7	14,2	—	12,4	1,73	38	1,38
16	18,8	$N_1^3 S_2$	27	42	54	12	-0,25	2,78	—	—	—	—	0,18	—	—	—	—	—	1,04	—	—
16	22,2	$N_1^3 S_2$	34	40	68	28	-0,21	2,71	1,77	51	1,04	0,89	0,39	1,2	48,3	19,2	45	3,3	1,21	39	1,32
17	2,7	eIQ <sub>4</sub>	51	41	70	29	0,34	2,71	1,78	56	1,27	1,11	0,52	24,1	7,0	0,8	66	29,8	0,66	22	1,18
17	4,2	eIQ <sub>4</sub>	49	45	69	24	0,17	2,71	—	—	—	—	0,31	—	—	—	—	—	0,84	—	—
17	5,7	eIQ <sub>4</sub>	53	44	73	29	0,31	2,85	1,76	59	1,49	1,01	0,61	18,8	8,9	1,8	62	30,7	0,69	19	1,15
17	7,2	eIQ <sub>4</sub>	53	46	76	30	0,23	2,79	—	—	—	—	0,39	—	—	—	—	—	0,77	—	—
17	8,7	eIQ <sub>4</sub>	50	50	77	27	0	2,72	1,73	58	1,36	1,00	0,33	5,6	6,7	1,7	55	31,3	1,00	24	1,15

Таблица 9 (продолжение)

№ скв.	Глубина отбора образца, м	Возраст породы	Естественная влажность $w_e$ , %	Пластичность			Показатель консистенции $B$	Удельный вес $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Объемный вес $\Delta$ , г/см <sup>3</sup>	Пористость $n$ , %	Коэффициент пористости $\epsilon$	Степень влажности $K_w$	Коллоидная активность $K_p$	Набухание $\Delta V$ , %	Пластическая прочность $P_t$ , кг/см <sup>2</sup>		Влажность после набухания $w_H$ , %	Объемная усадка $\Delta V$ , %	Показатель уплотненности $K_d$	Показатель степени сжатия $K_s$ , %	Объемный вес скелета $\delta$ , г/см <sup>3</sup>
				$W_p$	$W_f$	$M_p$									до набухания	после набухания					
17	10,3	e1Q <sub>4</sub>	48	48	76	28	0	2,76	—	—	—	0,39	—	—	—	—	—	1,00	—	—	
17	11,7	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	46	46	74	28	0	2,80	1,75	58	1,38	0,93	0,32	16,0	7,9	0,9	—	34,1	1,00	23	1,20
17	13,2	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	44	43	74	31	0,03	2,73	1,75	55	1,22	—	0,46	9,0	5,2	1,1	51	28,5	0,97	26	1,21
17	14,6	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	45	44	67	23	0,04	2,82	—	—	—	—	0,29	—	—	—	—	0,96	—	—	
17	17,7	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	44	47	69	22	-0,14	2,76	1,71	57	1,33	0,90	0,26	8,8	9,9	1,9	56	29,2	1,14	19	1,12
17	20,7	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	43	46	73	27	-0,11	2,79	—	—	—	—	0,31	—	—	—	—	1,11	—	—	
17	22,3	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	42	43	72	29	-0,03	2,72	1,84	52	1,08	1,06	0,42	6,8	28,3	12,2	46	24,7	1,13	29	1,30
18	4,2	e1Q <sub>4</sub>	40	39	70	31	0,03	2,76	—	—	—	—	0,48	—	—	—	—	0,97	—	—	
18	5,7	e1Q <sub>4</sub>	42	38	70	32	0,12	2,73	1,83	53	1,13	1,01	0,41	22,2	6,6	0,6	59	22,2	0,88	27	1,29
18	7,1	e1Q <sub>4</sub>	46	32	68	36	0,39	2,81	—	—	—	—	0,52	—	—	—	—	0,61	—	—	
18	8,2	e1Q <sub>4</sub>	42	39	72	33	0,09	2,78	1,77	55	1,22	0,96	0,45	11,2	8,6	1,7	51	29,0	0,91	26	1,25
18	10,3	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	43	36	65	29	0,29	2,76	1,79	55	1,22	0,97	0,35	4,4	11,5	5,2	—	25,8	0,76	21	1,25
18	10,9	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	38	36	64	28	0,07	—	—	—	—	—	0,41	—	—	—	—	0,93	—	—	
18	12,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	38	46	70	24	-0,33	2,75	1,82	52	1,08	0,97	0,31	3,1	13,4	8,8	43	21,5	1,33	28	1,32
18	14,6	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	36	35	67	32	0,03	2,76	—	—	—	—	0,43	—	—	—	—	0,97	—	—	
18	17,8	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	38	37	69	32	0,03	2,77	1,81	53	1,13	0,93	0,39	5,0	11,9	4,8	44	23,0	0,97	27	1,31

Таблица 9 (продолжение)

№ скв.	Глубина отбора образца, м	Возраст породы	Естественная влажность $w_e$ , %	Пластичность			Показатель консистенции $B$	Удельный вес $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Объемный вес $\Delta$ , г/см <sup>3</sup>	Пористость $n$ , %	Коэффициент пористости $\epsilon$	Степень влажности $K_w$	Коллоидная активность $K_p$	Набухание $\Delta V$ , %	Пластическая прочность $P_t$ , кг/см <sup>2</sup>		Влажность после набухания $w_H$ , %	Объемная усадка $\Delta V$ , %	Показатель уплотненности $K_d$	Показатель степени сжатия $K_s$ , %	Объемный вес скелета $\delta$ , г/см <sup>3</sup>
				$W_p$	$W_f$	$M_p$									до набухания	после набухания					
18	19,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	39	36	68	32	0,09	2,76	—	—	—	0,39	—	—	—	—	—	0,91	—	—	
Ш-2	0,6	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	39	41	82	41	-0,05	2,72	1,93	49	0,96	1,08	0,48	29,8	49,8	2,8	58	14,4	1,05	39	1,39
Ш-2	1,3	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	40	38	74	36	0,05	2,72	—	—	—	—	0,45	—	—	—	—	0,94	—	—	
Ш-2	1,9	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	41	40	76	36	0,03	2,79	—	—	—	—	0,40	—	—	—	—	0,27	—	—	
Ш-2	2,8	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	46	43	85	42	0,07	2,77	1,75	57	1,33	0,96	0,46	9,4	16,9	1,6	51	22,9	0,93	30	1,20
19	1,5	d-e1Q <sub>4</sub>	30	23	37	14	0,21	2,69	1,87	47	0,89	0,91	0,24	0,6	1,5	1,2	31	12,6	0,50	5	1,40
19	3,5	d-e1Q <sub>4</sub>	36	26	56	30	0,33	2,72	1,86	50	1,00	0,98	0,53	6,3	1,6	0,6	38	16,3	1,13	21	1,37
19	4,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	35	34	68	34	0,03	2,73	1,78	53	1,13	0,85	0,47	17,2	12,9	1,1	48	14,9	0,97	25	1,32
19	5,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	27	21	44	20	0,30	2,72	1,83	47	0,89	0,83	0,63	16,3	23,8	0,6	42	5,9	0,70	11	1,40
19	6,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	35	27	54	27	0,30	2,69	1,86	49	0,96	0,98	0,69	4,7	4,5	2,6	38	15,0	0,70	20	1,38
19	8,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	14	22	39	17	-0,47	2,70	1,77	43	0,75	0,50	0,29	11,5	17,8	2,9	31	—	1,47	15	1,55
19	9,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	29	23	41	18	0,33	2,74	1,83	49	0,96	0,83	0,62	8,4	17,6	1,5	39	—	0,67	8	1,42
19	10,5	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	27	30	51	21	-0,14	2,70	1,91	44	0,79	0,92	0,64	9,3	6,3	0,6	36	7,7	1,14	25	1,50
19	15,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	33	26	50	24	0,29	2,70	1,87	48	0,94	0,95	1,00	6,2	5,8	1,0	37	8,0	0,71	17	1,41
19	17,0	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	33	27	46	19	0,32	2,70	1,91	47	0,89	1,00	0,35	4,1	25,8	12,3	34	—	0,68	20	1,44

Таблица 9 (продолжение)

№ скв.	Глубина отбора образца, м	Возраст породы	Естественная влажность $w_e$ , %	Пластичность			Показатель консистенции $B$	Удельный вес $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Объемный вес $\Delta$ , г/см <sup>3</sup>	Пористость $n$ , %	Коэффициент пористости $e$	Степень влажности $K_w$	Коллоидная активность $K_p$	Набухание $\Delta V$ , %	Пластическая прочность $P_t$ , кг/см <sup>2</sup>		Влажность после набухания $w_n$ , %	Объемная усадка $\Delta V$ , %	Показатель уплотненности $K_d$	Показатель степени сжатия $K_s$ , %	Объемный вес скелета $\delta$ , г/см <sup>3</sup>	
				$W_p$	$W_f$	$M_p$									до набухания	после набухания						
82	19	19,0	$N_1^3 S_2$	21	23	37	14	-0,14	2,70	1,88	43	0,75	0,76	0,48	7,0	38,2	1,8	30	2,0	1,14	12	1,55
	19	21,0	$N_1^3 S_2$	37	37	66	29	0	2,71	1,87	50	1,00	0,90	0,41	11,9	14,4	1,4	45	20,9	1,00	28	1,36
	19	23,0	$N_1^3 S_2$	30	37	69	32	-0,22	2,73	1,92	46	0,85	0,96	0,70	32,6	71,4	1,1	50	—	1,22	31	1,48
	19	25,0	$N_1^3 S_2$	32	31	56	25	0,04	2,75	1,93	47	0,89	0,99	0,41	13,4	6,1	1,6	—	14,0	0,96	25	1,39
	19	27,0	$N_1^3 S_2$	36	37	66	29	-0,03	2,72	1,89	52	1,08	0,91	0,40	8,9	25,6	1,8	40	12,1	1,04	26	1,39
	19	33,0	$N_1^3 S_2$	33	37	64	27	-0,15	2,71	1,90	48	0,94	0,95	0,44	16,6	17,9	1,0	43	15,2	1,15	29	1,43
	19	35,0	$N_1^3 S_2$	25	39	68	29	-0,48	2,72	1,94	46	0,85	0,80	0,81	32,8	78,3	1,3	47	4,0	1,48	36	1,55
	19	37,0	$N_1^3 S_2$	33	42	70	28	-0,32	2,69	1,88	47	0,89	1,00	0,74	18,3	78,1	—	45	10,0	1,32	34	1,41
	19	41,0	$N_1^3 S_2$	35	42	69	27	-0,26	2,71	1,87	49	0,96	0,99	0,53	12,9	32,7	1,1	43	13,8	1,26	32	1,38
	19	47,0	$N_1^3 S_2$	30	43	71	28	-0,46	2,72	1,93	45	0,82	0,99	0,55	27,6	83,1	5,6	45	8,3	1,47	38	1,41
	19	50,0	$N_1^3 S_2$	33	44	71	27	-0,41	2,74	1,93	47	0,89	1,02	0,40	36,0	90,4	6,1	48	—	1,35	41	1,45
	23	13,1	e1Q <sub>4</sub>	42	41	74	33	0,01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,97	—	—
	23	13,5	$N_1^3 S_2$	46	40	74	34	0,15	2,70	1,77	55	1,22	1,02	0,47	3,1	14,3	5,7	48	29,6	0,82	26	1,21
	23	15,5	$N_1^3 S_2$	42	41	72	31	0,01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,98	—	—
	23	16,5	$N_1^3 S_2$	37	39	68	29	-0,07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,07	—	—

Таблица 9 (продолжение)

№ скв.	Глубина отбора образца, м	Возраст породы	Естественная влажность $w_e$ , %	Пластичность			Показатель консистенции $B$	Удельный вес $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Объемный вес $\Delta$ , г/см <sup>3</sup>	Пористость $n$ , %	Коэффициент пористости $e$	Степень влажности $K_w$	Коллоидная активность $K_p$	Набухание $\Delta V$ , %	Пластическая прочность $P_t$ , кг/см <sup>2</sup>		Влажность после набухания $w_n$ , %	Объемная усадка $\Delta V$ , %	Показатель уплотненности $K_d$	Показатель степени сжатия $K_s$ , %	Объемный вес скелета $\delta$ , г/см <sup>3</sup>	
				$W_p$	$W_f$	$M_p$									до набухания	после набухания						
83	23	18,0	$N_1^3 S_2$	38	39	68	29	0	2,71	1,84	51	1,04	0,99	0,40	3,4	18,1	11,6	—	11,0	1,03	32	1,33
	23	20,5	$N_1^3 S_2$	37	40	67	27	-0,11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,12	—	—
	23	22,0	$N_1^3 S_2$	37	38	67	29	-0,03	2,74	1,92	49	0,96	1,06	0,41	8,0	40,3	17,3	—	8,5	1,03	31	1,40
	23	24,0	$N_1^3 S_2$	38	36	68	32	-0,06	2,69	1,80	51	1,04	0,98	0,46	2,5	23,2	8,4	—	13,2	0,94	21	1,30
	23	25,0	$N_1^3 S_2$	37	41	67	26	-0,15	—	—	—	—	—	0,37	—	—	—	—	—	1,15	—	—
	23	30,4	$N_1^3 S_2$	38	39	65	26	-0,38	2,70	1,86	50	1,00	1,03	0,36	6,0	13,2	4,8	—	14,1	1,00	27	1,35
	23	27,5	$N_1^3 S_2$	26	39	71	32	-0,41	2,73	1,98	42	0,72	0,99	0,53	56,1	171,0	0,8	57	8,1	1,40	41	1,57
	23	31,7	$N_1^3 S_2$	33	37	63	26	-0,15	—	—	—	—	—	0,36	—	—	—	—	—	1,15	—	—
	24	2,5	e1Q <sub>4</sub>	42	33	62	29	0,31	2,77	1,82	54	1,08	1,08	0,45	5,8	4,2	1,1	—	21,7	0,69	23	1,28
	24	3,5	$N_1^3 S_2$	42	40	76	36	0,07	—	—	—	—	—	0,49	—	—	—	—	—	0,95	—	—
	24	4,5	$N_1^3 S_2$	41	36	69	33	0,15	—	—	—	—	—	0,45	—	—	—	—	—	0,85	—	—
	24	6,6	$N_1^3 S_2$	41	37	69	32	0,13	2,73	1,74	55	1,22	0,92	0,51	9,5	4,5	0,7	—	24,4	0,91	23	1,23
	24	8,7	$N_1^3 S_2$	43	39	71	32	0,13	—	—	—	—	—	0,46	—	—	—	—	—	0,88	—	—
	24	9,5	$N_1^3 S_2$	41	41	76	35	0	2,76	1,80	54	1,17	0,97	0,59	19,0	6,6	2,3	—	27,6	1,00	29	1,28
	24	10,5	$N_1^3 S_2$	40	34	64	30	0,20	—	—	—	—	—	0,44	—	—	—	—	—	0,80	—	—

Таблица 9 (окончание)

№ скв.	Глубина отбора образца, м	Возраст породы	Естественная влажность $w_e$ , %	Пластичность			Показатель консистенции $B$	Удельный вес $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Объемный вес $\Delta$ , г/см <sup>3</sup>	Пористость $n$ , %	Коэффициент пористости $e$	Степень влажности $K_{вп}$	Коллоидная активность $K_p$	Набухание $\Delta V$ , %	Пластическая прочность $R_{пл}$ , кг/см <sup>2</sup>		Влажность после набухания $w_H$ , %	Объемная усадка $\Delta V$ , %	Показатель углищенности $K_d$	Показатель степени сжатия $K_c$ , %	Объемный вес скелета $\delta$ , г/см <sup>3</sup>
				$W_p$	$W_f$	$M_p$									до набухания	после набухания					
24	12,0	$N_1^3 S_2$	40	42	76	34	-0,06	2,73	1,85	52	1,04	1,05	0,45	10,8	13,8	2,4	—	25,2	1,16	34	1,32
24	13,5	$N_1^3 S_2$	37	38	70	32	-0,03	—	—	—	—	—	0,48	—	—	—	—	—	1,07	—	—
24	15,0	$N_1^3 S_2$	38	40	74	34	-0,06	—	—	—	—	—	0,41	—	—	—	—	—	1,06	—	—
24	16,5	$N_1^3 S_2$	36	38	69	31	-0,06	2,71	1,85	50	1,00	0,98	1,55	8,9	16,4	3,7	—	28,2	1,06	30	1,36
24	18,0	$N_1^3 S_2$	35	36	62	26	-0,04	—	—	—	—	—	0,43	—	—	—	—	—	1,04	—	—
24	20,6	$N_1^3 S_2$	34	38	67	29	-0,14	—	—	—	—	—	3,21	—	—	—	—	—	1,17	—	—
24	22,5	$N_1^3 S_2$	36	41	69	28	-0,18	2,69	1,80	51	1,04	0,93	0,41	9,2	10,3	0,9	—	21,2	1,18	29	1,32
28	1,0	$eIQ_4$	30	27	45	18	0,17	2,69	1,88	46	0,85	0,95	0,44	1,3	5,6	3,0	—	7,1	0,83	16	1,45
28	3,0	$eIQ_4$	30	26	43	17	0,24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,77	—	—
28	4,5	$eIQ_4$	27	29	47	18	-0,11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,11	—	—
28	6,0	$eIQ_4$	29	25	39	14	0,28	2,73	1,90	46	0,85	0,92	0,40	2,9	4,5	2,0	—	7,4	0,72	10	1,47
28	7,5	$eIQ_4$	28	23	37	14	0,36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,64	—	—
28	9,0	$eIQ_4$	28	25	40	15	0,20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,80	—	—
28	10,5	$N_1^3 S_2$	30	22	38	16	0,50	2,70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,50	—	—
28	13,5	$N_1^3 S_2$	28	23	36	13	0,38	2,70	1,98	43	0,75	1,01	0,38	1,3	7,5	1,08	—	3,6	0,62	11	1,55
28	15,0	$N_1^3 S_2$	29	25	37	12	0,33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,67	—	—
28	16,5	$N_1^3 S_2$	29	24	38	14	0,36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,64	—	—

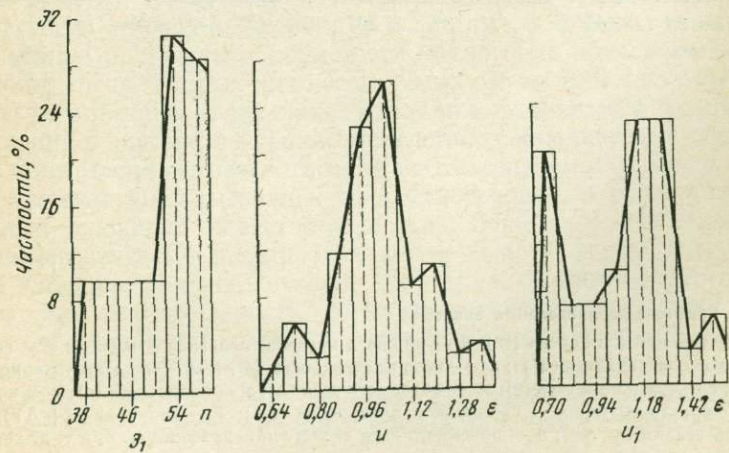
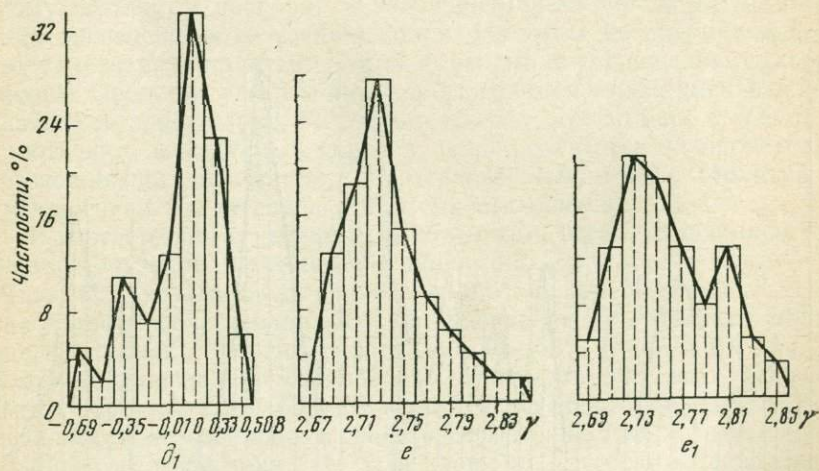
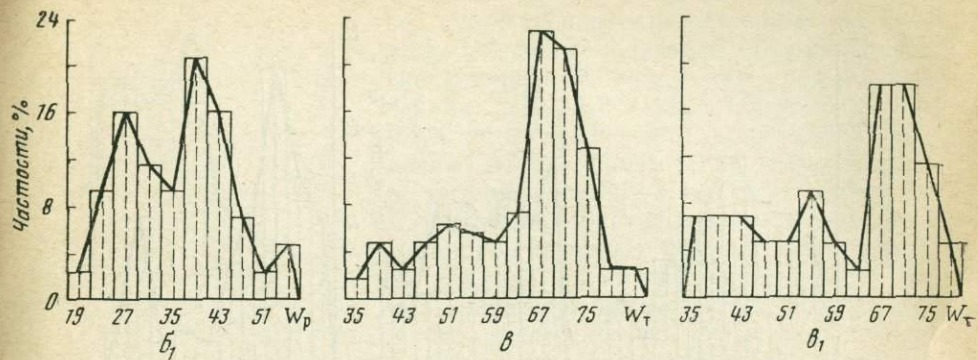
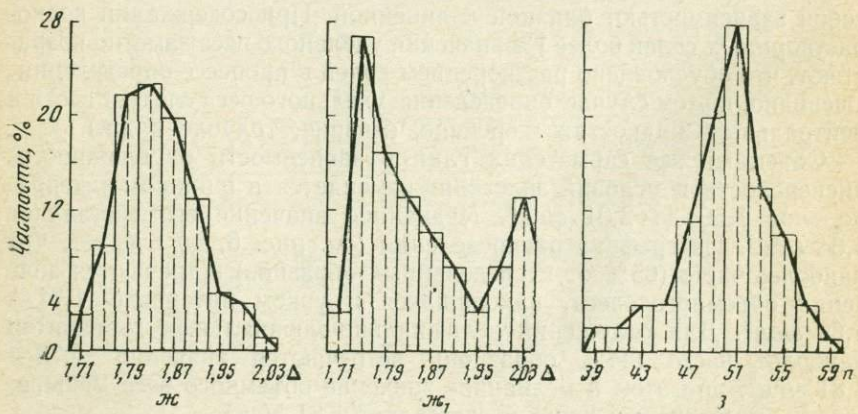
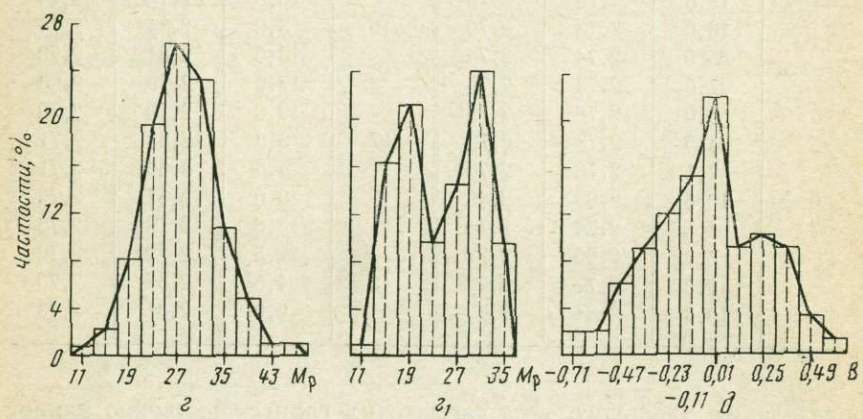
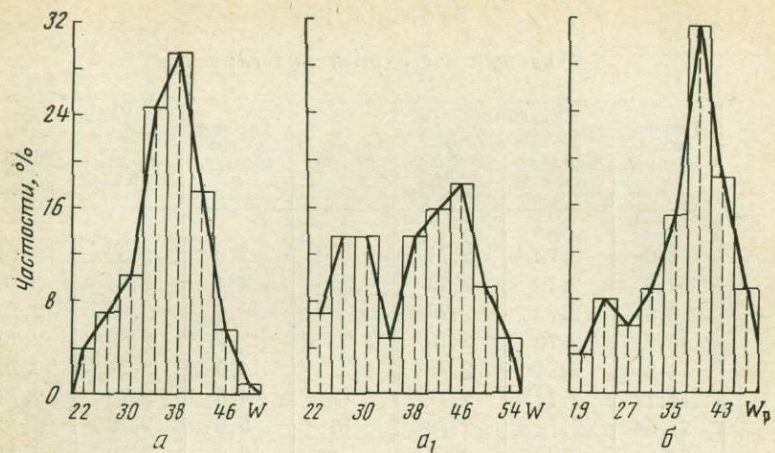
Таблица 10

## Удельный вес сарматских глин

№ скв.	Глубина отбора образца, м	Удельный вес		№ скв.	Глубина отбора образца, м	Удельный вес	
		определения в воде	определения в керосине			определения в воде	определения в керосине
3	6,0	2,73	2,71	9	2,9	2,82	2,74
	7,0	2,72	2,72		4,4	2,84	2,76
	8,5	2,72	2,70		8,6	2,89	2,73
	10,2	2,70	2,70		13,2	2,83	2,73
	11,9	2,74	2,71	14,9	2,74	2,70	
	14,7	2,74	2,71	12	4,5	2,78	2,72
	21,0	2,72	2,70		13	5,6	2,78
	22,5	2,70	2,67	16	16,2	2,79	2,72
4	13,0	2,78	2,73		18,0	2,79	2,74
	18,0	2,73	2,70		3,0	2,84	2,74
	25,0	2,74	2,74		13,5	2,81	2,70
27,0	2,73	2,70	17,0	2,79	2,68		
5	3,0	2,78	2,74	17	19,0	2,78	2,70
	4,5	2,73	2,73		3,0	2,83	2,71
	7,5	2,76	2,70		4,5	2,85	2,71
6	16,5	2,83	2,69	9,0	2,87	2,72	
7	5,0	2,74	2,71	18	13,5	2,79	2,73
	6,0	2,80	2,77		22,5	2,79	2,72
	9,0	2,77	2,72		4,5	2,87	2,76
	10,3	2,84	2,72		6,0	2,81	2,73

определения удельного веса сарматских глин существенно влияет содержание в них простых солей, и эти величины связаны между собой зависимостью, близкой к линейной. При содержании воднорастворимых солей более 1% значения удельного веса заметно возрастают, что обусловлено растворением солей в процессе определения. Очевидно, в этом случае определение удельного веса следует вести в нейтральных жидкостях (керосине, бензине, толуоле и др.).

Объемный вес сарматских глин в зависимости от влажности, дисперсности и условий залегания изменяется в широком интервале.— от 1,69 до 2,01 г/см<sup>3</sup>. Медианное значение его составляет 1,84 г/см<sup>3</sup>. Из графика распределения (см. рис. 6, ж) следует, что наиболее часто (65% от исследованных образцов) встречаются значения объемного веса, находящиеся в узком интервале 1,77—1,89 г/см<sup>3</sup>. Для отложений делювиально-элювиальных горизонтов наиболее часто (44% образцов) встречаются значения 1,73—1,81 г/см<sup>3</sup>; при этом и медианное значение объемного веса меньше, чем у невыветрелых глин, и составляет 1,81 г/см<sup>3</sup>.



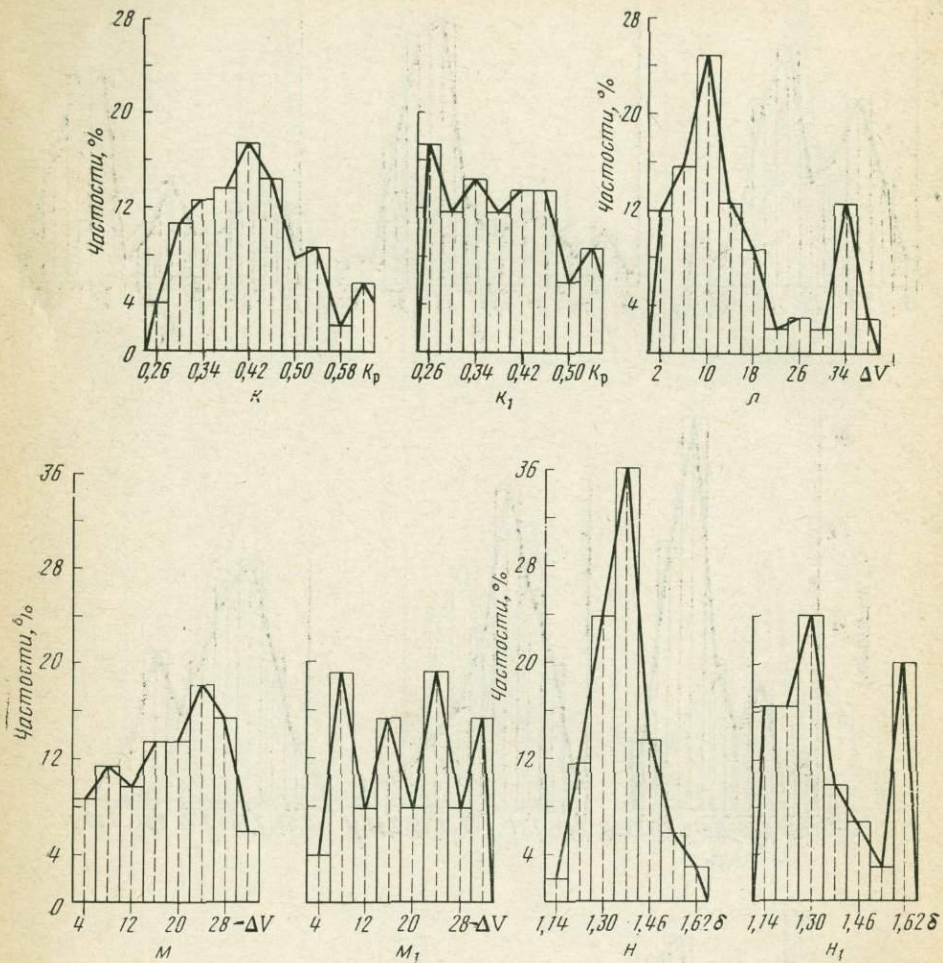
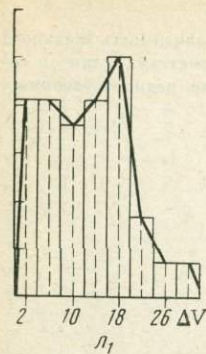


Рис. 6. Графики распределения значений

*a* — естественной влажности ( $W$ ); *б* — нижнего предела пластичности ( $W_p$ ); *в* — верхнего предела пластичности ( $W_f$ ); *г* — числа пластичности ( $M_p$ );  $\partial_2^*$  — показателя консистенции ( $B$ ); *е* — удельного веса ( $\gamma$ ); *ж* — объемного веса ( $\Delta$ ); *з* — пористости ( $l$ ); *и* — коэффициента пористости ( $e$ ); *к* — коллоидной активности ( $Kp$ ); *л* — набухания ( $+\Delta V$ ); *м* — объемной усадки ( $-\Delta V$ ); *н* — объемного веса скелета ( $\delta$ ). Графики  $a_1$ ,  $b_1$  и т. д. характеризуют элювиальные отложения



Нами был подсчитан также и объемный вес сухой породы или объемный вес скелета. Медианное значение объемного веса скелета равно  $1,36 \text{ г/см}^3$  при крайних значениях  $1,10$ — $1,64 \text{ г/см}^3$ . Наиболее часто (62% от всех образцов) встречаются значения этого показателя, находящиеся в интервале  $1,26$ — $1,42 \text{ г/см}^3$  (рис. 6).

Изменение плотности сарматских глин в широком интервале позволяет проследить ее влияние на дисперсность породы. На рис. 8 показано, что между плотностью глин и их дисперсностью существует зависимость, близкая к линейной, — по мере увеличения плотности уменьшается количество глинистых частиц по гранулометрическому составу, и наоборот, в зоне гипергенеза порода разуплотняется, дисперсность ее увеличивается. Из этого же рисунка видно, что уплотнение сарматских глин приводит к уменьшению емкости обмена. Процессы уплотнения сопровождаются также уменьшением влажности породы (рис. 9). Это показывает, что по мере старения и уплотнения исследуемых пород в процессе литогенеза происходит обезвоживание отложений, образование компактных структур с уменьшением их дисперсности и емкости обмена.

В соответствии с удельным и объемными весами в широком интервале значений изменяется и пористость сарматских глин — от 39 до 58% (коэффициент пористости  $0,64$ — $1,36$ ). Медианное значение пористости составляет 50%, а наиболее часто (48% всех образцов) она характеризуется значениями  $48$ — $52\%$  (рис. 6, з). Для отложений делювиально-элювиальных горизонтов 60% всех образцов имеют пористость  $52$ — $60\%$ . На рис. 10 показано изменение водно-физических и коллоидных свойств сарматских глин с изменением глубины их залегания. Из графиков по глубоким скважинам (скв. 3, 4, 16, 17, 24) видно, что с увеличением глубины залегания пористость отложений, варьируя в деталях, в общем уменьшается. Колебание плотности и пористости могло быть обусловлено рядом причин, среди которых для исследуемых отложений могут быть приняты во внимание следующие. Различны фациальные условия накопления и диагенеза осадков. Вследствие периодических трансгрессий и регрессий сарматского моря рассматриваемый район и отдельные его участки оказывались то в прибрежных, то в более глубоководных условиях. Известно (Савельев, 1953, и др.), что скорость и характер диагенеза илов различны для разных фаций. В мелководной зоне илам присущи рыхлая структура, большое влагосодержание, сильная сжимаемость, тогда как глубоководные мало уплотняются, и процессы диагенеза в них сводятся в основном к химическим превращениям. Колебания солености сарматского моря и различная минерализация поровых растворов обуславливали различную коагуляцию глинистых частиц, а также различную степень

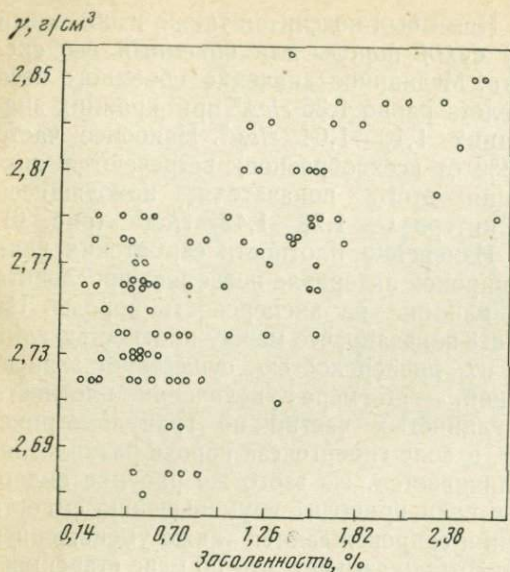


Рис 7. Зависимость удельного веса сарматских глин от содержания воднорастворимых солей

Рис 8. Изменение емкости поглощения (а) и содержания частиц < 0,005 мм (б) с увеличением плотности пород

синеретического уплотнения отложений, особенно молодых осадков. Одной из причин является также колебание в соотношении глинистых минералов, слагающих исследуемые отложения. Приведенные ранее данные показывают, что в сарматских глинах преобладают минералы двух групп: группы гидрослюдов либо группы монтмориллонита. Минералы группы монтмориллонита, как известно, сильно гидратируются в водной среде и способствуют образованию рыхлой структуры породы. Минералы группы гидрослюдов гидратируются слабее, и образующаяся при их участии структура породы более плотная. Различие в степени гидратации различных минеральных частиц и в степени выраженности структурных связей между ними наряду с различием в дисперсности является одной из причин различной интенсивности их уплотнения. Влияние каждого из названных факторов и их совокупности, естественно, сильно осложняет картину природного уплотнения исследуемых глинистых отложений. На изменении пористости сарматских глин с глубиной сказалось не только уплотнение их в ходе прогрессивного литогенеза, но и разуплотнение при выведении отложений близко к поверхности земли и выветривании.

Величина показателя уплотненности ( $K_d$ ) изменяется от 0,27 до 2,16. Судя по значениям показателя уплотненности, приблизительно половина всех исследованных образцов характеризует пластичное состояние породы при средней степени уплотненности, другая же половина глинистых образцов отражает переуплотненное

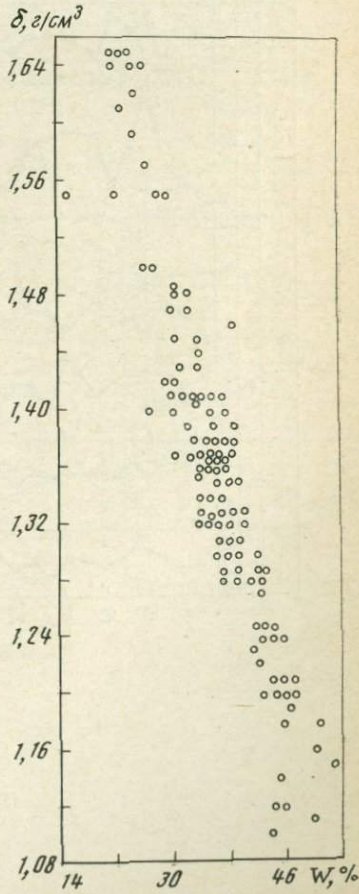
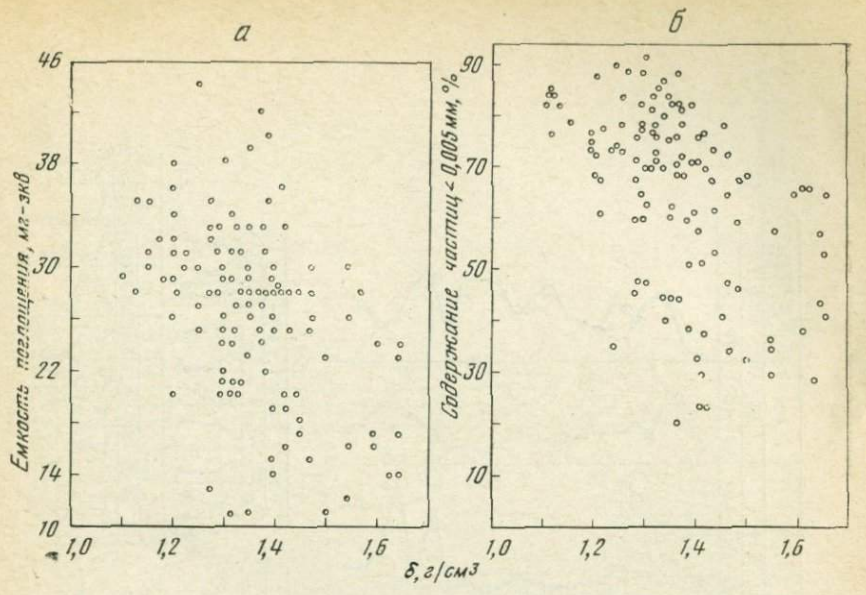


Рис. 9. Зависимость объемного веса скелета от влажности сарматских глин



(полутвердое) состояние отложений. Степень сжатия ( $K_c$ ) сарматских глин разнообразна — от 4 до 48%. Для некоторых образцов из верхних горизонтов отложений показатель степени сжатия имеет отрицательные значения, что свидетельствует об активно проходящих процессах разуплотнения породы в этих горизонтах.

Вычисленный показатель степени влажности или степени насыщения пор водой  $K_w$ , который для исследуемых глин имеет значения около 1, свидетельствует о том, что они насыщены водой и представляют собой систему из двух фаз. Естественная влажность породы изменяется от 20 до 50% при медианном значении 36%. Наиболее часто (55% проб) встречаются значения влажности 32—40% (рис. 6, а). Для отложений делювиально-элювиальной зоны разброс преобладающих значений влажности гораздо больший — от 24 до 48% влажности имеют 73% исследованных образцов (рис. 6, а<sub>1</sub>). Как и в отношении пористости, по глубоким скважинам можно проследить тенденцию к уменьшению влажности сарматских глин с увеличением глубины их залегания от поверхности (рис. 10).

По числу пластичности все исследованные отложения, за исключением единичных образцов, относятся к глинам. Величина этого показателя ( $M_p$ ) изменяется в пределах 17—42. Лишь для трех образцов ее значение меньше 17, что можно объяснить влиянием на определение песчано-алевритовых прослоев в грунте. Из графика распределения видно (рис. 6, з), что наиболее часто (71% определений) значения числа пластичности у сарматских глин находятся в интервале 21—33 при медианном значении 29. Номенклатура отложений по числу пластичности хорошо увязывается с их классификацией по гранулометрическому составу. Показатель пластичности глинистой фракции (коллоидная активность) имеет в основном значение 0,28—0,64 при медианном значении 0,41, что отражает низкую коллоидную активность. Влажность верхнего предела пластичности изменяется от 36 до 85%, и рассеяние значений этого показателя довольно значительное. Наиболее часто встречаются влажности верхнего предела пластичности — от 65 до 77% (57% образцов) при медианном значении 67%. Влажность нижнего предела пластичности изменяется от 18 до 49%. Медианное значение ее составляет 38%, а наиболее часто (64% образцов) встречаются значения этого показателя от 33 до 45% (рис. 6, б).

Многочисленными исследованиями установлено, что пластические свойства глинистых пород определяются гранулометрическим и минеральным составом, формой частиц, составом обменных катионов и емкостью поглощения, составом и концентрацией порового раствора. Рассмотрим, как связана естественная пластичность сарматских глин с некоторыми из этих факторов. На графиках зависимости числа пластичности от гранулометрического состава (рис. 11) более четко проявляется зависимость числа пластичности от содержания глинистых и песчаных частиц. Между числом пластичности и содержанием пылеватых частиц зависимость не выражена. Связь пластичности с гранулометрическим составом свидетельствует

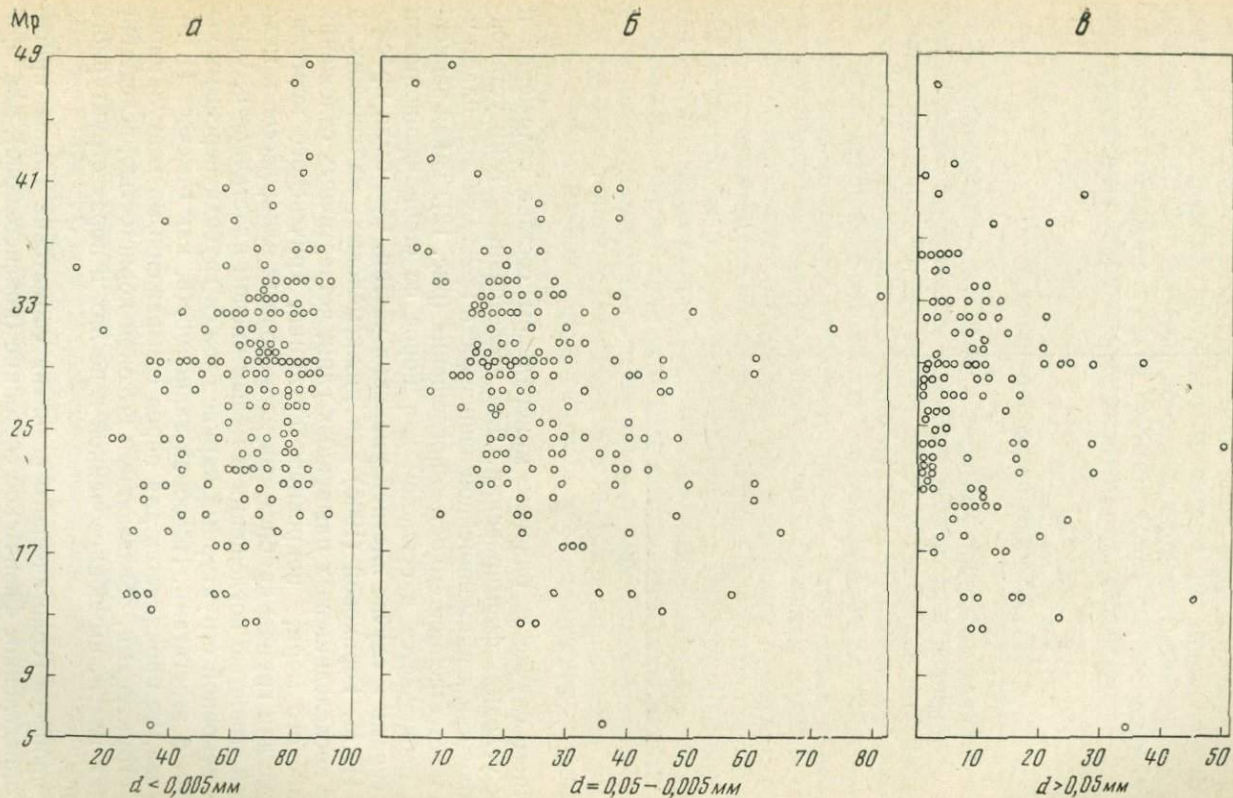


Рис. 11. Зависимость числа пластичности *Mr* от содержания глинистых (*a*), пылеватых (*б*) и песчаных (*в*) частиц по данным гранулометрического анализа

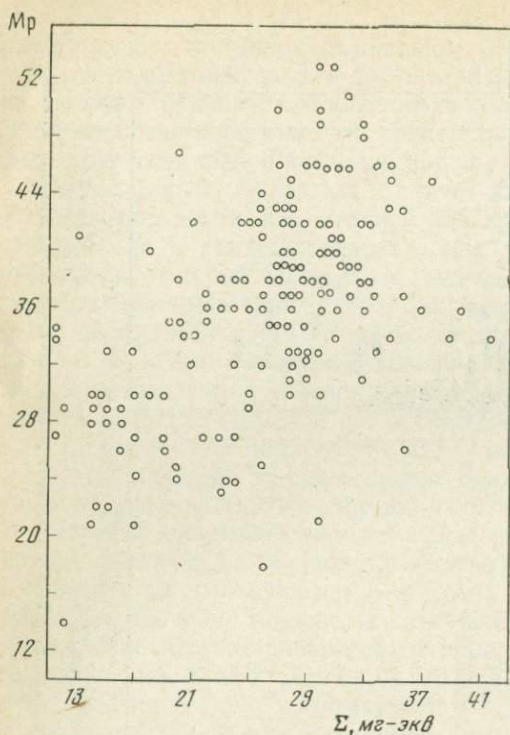


Рис. 12. Зависимость величины емкости поглощения от числа пластичности сарматских глин

в данном случае о близком минеральном составе отложений и общих условиях формирования. Для исследованных глин установлена близкая к прямолинейной зависимость между числом пластичности и естественной емкостью поглощения (рис. 12). Такая зависимость наблюдается в основном для пород со стабилизационными структурами в случае плотной упаковки частиц. Она была прослежена И. М. Горьковой (1965) для нижнемеловых, майкопских, а также послеледниковых пльвунных глин, четвертичных отложений Каспийского моря, покровного суглинка, кричевского мергеля, а также для группы прибрежных мелководных илов, лёссов и мела с малой емкостью поглощения и малым числом пластичности, у которых основной структурный каркас сложен грубодисперсными частицами и агрегатами. Подобная зависимость, как отмечает И. М. Горькова, не проявляется для пород с выраженными коагуляционными структурами, обладающими высокой пористостью, вследствие влияния влаги, иммобилизованной в петлях и порах структурного каркаса.

В процессе геологического развития сарматские глины приобретают определенное физическое состояние (консистенцию), для приблизительного определения которого мы использовали показатель консистенции *B*. Исследованные отложения обладают в основном

тунопластичной, полутвердой или твердой консистенцией, а значения  $B$  колеблются от  $-0,6$  до  $+0,5$  при медианном значении  $-0,02$ . Наиболее часто встречаются глины полутвердой и твердой консистенции. Из графика, приведенного на рис. 10, видно, что по ряду скважин (9, 17, 24) значения показателя консистенции уменьшаются с глубиной, отражая переход грунта в более твердое состояние по мере увеличения глубины залегания его от поверхности.

### Связанная вода в глинах

В тесном взаимодействии с горными породами находится связанная вода. Ее значение особенно велико при изучении свойств глинистых пород, которыми она может связываться в больших количествах и весьма разнообразных формах. В настоящее время существуют различные методы для количественного определения преимущественно прочно связанной воды. Нами была определена гигроскопическая или воздушно-гигроскопическая влажность, которая соответствует относительной влажности воздуха, равной 55% при температуре  $20^\circ$  (Лебедев, 1936). Определение проводилось над насыщенным раствором азотнокислого кальция. Раствор наливали на дно гидратора и в него добавляли еще некоторое количество кристаллов той же соли для сохранения насыщенного состояния раствора при колебаниях температуры. Опыт прекращался, когда вес бюксов с породой, помещенных в гидратор, становился постоянным. Максимальная продолжительность насыщения составляла немного больше месяца.

Параллельно определению прочно связанной воды изложенным методом проводили определение влагосодержания по методу теплоты смачивания<sup>1</sup>. Анализ выполнили с помощью адиабатического калориметра по методике, детально описанной Ф. Д. Овчаренко (1961). Расчет количества прочно связанной воды проводили двумя путями: по формуле А. В. Думанского (1950)

$$W_{\text{т.см}} = \frac{Q}{80} 100\%,$$

где  $Q$  — интегральная теплота смачивания, и по формуле Ф. Д. Овчаренко (1961)

$$W_{\text{т.см}} = \frac{Q \cdot d}{100} 100\%,$$

где  $d$  — удельный вес связанной воды, который Ф. Д. Овчаренко принимал для бентонитов и некоторых суглинков равным 1. Как видно из табл. 11, содержание связанной воды по гигроскопической влажности составляет 3,47—6,45. Определение связанной воды по теплоте смачивания при расчете по формуле Ф. Д. Овчаренко дает значения влажностей, близкие к таковым, определенным методом

<sup>1</sup> Анализ выполнен А. И. Клименко.

насыщения. При этом отношение между количеством связанной воды, определенным по теплоте смачивания и по гигроскопической влажности глин, имеет в основном постоянное значение, равное 1,2 с отклонением  $\pm 0,1$ . В свою очередь, отношение  $\frac{W_r}{Q}$  для сарматских глин составляет в основном 0,8, что совпадает со значением такового, установленного для смесей, содержащих минералы с подвижной кристаллической решеткой (Сергеев и др., 1971).

Если же рассчитывать количество связанной воды по формуле А. В. Думанского для естественного состава образцов, то содержание связанной воды получается значительно большим — от 5,62 до 9,19%. Следует отметить, что отношение между количеством связанной воды, определенным по теплоте смачивания с расчетом по

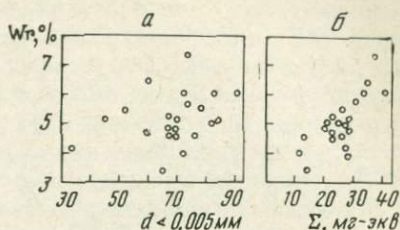
Таблица 11

Результаты определения связанной воды в сарматских глинах по теплоте смачивания и гигроскопическому увлажнению

№ скв.	Глубина отбора, м	Q, кол/кг	Связанная вода, %			$\frac{W_{т.см}}{W_r}$	$\frac{W'_{т.см}}{W_r}$
			по теплоте смачивания		по гигроскопическому увлажнению — $W_r$		
			формула А. В. Думанского — $W_{т.см}$	формула Ф. Д. Овчаренко — $W_{т.см}$			
3	7,1	5,225	6,53	5,22	4,57	1,4	1,1
	14,7	5,957	7,45	5,96	5,07	1,5	1,2
	18,0	5,954	7,44	5,95	5,01	1,5	1,2
	25,1	7,069	8,84	7,07	6,19	1,4	1,1
	37,2	6,103	7,63	6,10	5,25	1,5	1,2
4	11,9	6,890	8,62	6,89	5,73	1,5	1,2
	26,7	5,795	7,24	5,79	5,04	1,4	1,1
9	4,3	5,283	6,60	5,28	4,54	1,5	1,2
	13,1	6,009	7,51	6,01	4,99	1,5	1,2
13	8,7	4,497	5,62	4,50	3,47	1,6	1,3
	14,8	5,626	7,03	5,63	4,62	1,5	1,2
19	10,5	4,995	6,24	4,99	4,09	1,5	1,2
	21,0	6,421	8,02	6,42	5,17	1,5	1,2
	27,0	6,403	8,00	6,40	4,00	2,0	1,6
	41,0	6,908	8,64	6,91	5,43	1,6	1,3
	52,0	6,800	8,50	6,80	5,52	1,5	1,2
23	13,5	7,353	9,19	7,35	6,07	1,5	1,2
	23,5	5,859	7,32	5,86	4,81	1,5	1,2
24	9,0	5,774	7,22	5,77	6,45	1,1	1,0
	18,0	7,287	9,11	7,29	4,70	2,0	1,5

формуле А. В. Думанского и по гигроскопической влажности, для исследованных сарматских глин характеризуется значением коэффициента, равным 1,5, с отклонением  $\pm 0,1$  (табл. 11).

Рис. 13. Зависимость гигроскопической влажности сарматских глин от содержания глинистых частиц (а) и емкости поглощения (б)



Для сарматских глин выявлена хорошая корреляционная зависимость между содержанием связанной воды и дисперсностью их (рис. 13, а), а также между содержанием связанной воды и емкостью поглощения (рис. 13, б).

### Набухание, усадка, размокание

Процессы набухания, усадки и размокания имеют важное значение для понимания природных особенностей глинистых пород, а также практическое значение при прогнозе изменения физико-механических свойств этих пород. Исследованиями советских ученых (Дерягин, 1956; Рельтов, Новицкая, 1954; Овчаренко 1961; и др.) показано, что в основе процесса набухания коллоидов лежит действие адсорбционных, осмотических и капиллярных сил, определяющих напряжение, с которым вода удерживается в структурированной системе. Эти же силы обуславливают усадку капиллярнопористых тел, к которым принадлежат и глины, в процессе усушки (Казанский, Верезомская, 1961). Набухание ряда глинистых минералов с подвижной кристаллической решеткой может быть вызвано также проникновением воды в межпакетное пространство кристаллической решетки. Важнейшими факторами набухания являются (Приклонский, 1955): 1) минеральный и гранулометрический составы породы; 2) состав обменных катионов; 3) структура породы, характер ее внутренних связей и пористость; 4) химический состав и концентрация воздействующего на породу водного раствора; 5) условия сопряжения породы с водным раствором.

Существуют различные методы определения набухания глин. Наиболее точным и простым является метод А. М. Васильева (1949), которым мы и пользовались. Исследовали образцы с ненарушенной структурой и естественной влажностью путем капиллярного насыщения их дистиллированной водой. Набухающая способность глин характеризовалась увеличением объема образца в процентах к исходному объему, а также влажностью набухания (см. табл. 6).

Для определения изменения прочности образца после набухания мы применили конический пластометр П. А. Ребиндера, который

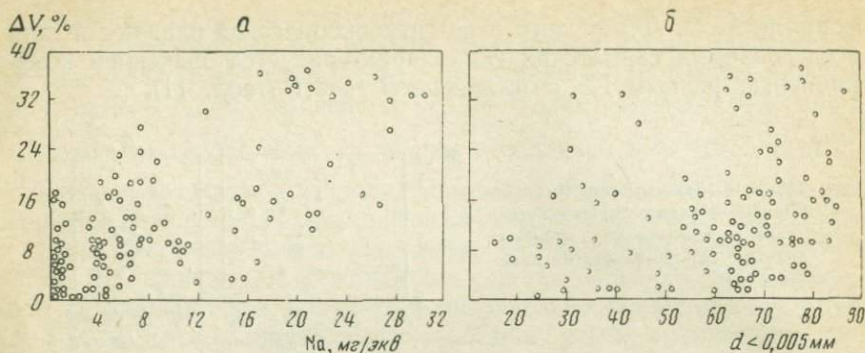


Рис. 14. Зависимость величины набухания сарматских глин от природного содержания обменного натрия (а) и дисперсности породы (б)

дает возможность быстро и легко учитывать относительное изменение прочности породы под воздействием различных факторов. Расчет пластической прочности  $p_m$  производили по формуле Ребиндера  $P_m = \frac{F}{h^2}$ , рекомендуемой И. М. Горьковой (1966) для горных пород при использовании конуса с углом  $30^\circ$ . В этой формуле  $h$  — предельное погружение конуса (в см), вызываемое данной нагрузкой  $F$  (в кг).

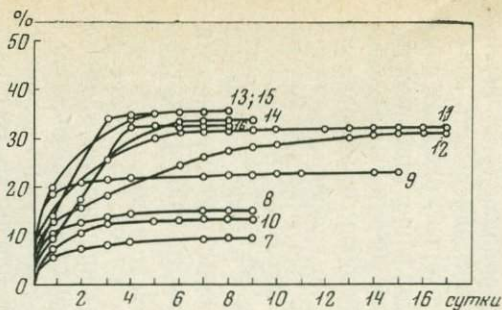
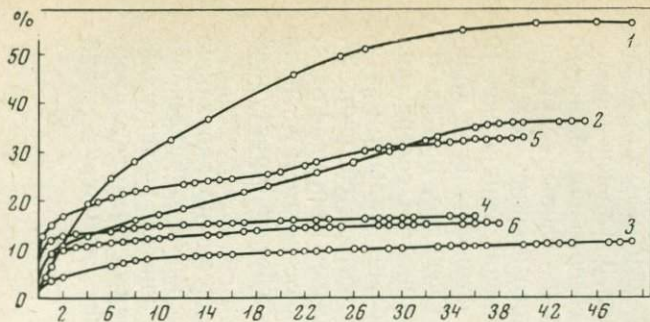
Из графика рассеяния видно, что сарматские глины, имеющие естественную влажность 20—50%, набухают на 1—37%; при этом влажность после набухания повышается до 30—68%. В двух образцах из скв. 3 и 23 объем после набухания увеличился на 56—57%. Медианное значение величины набухания составляет 10%, а для образцов из элювиальных горизонтов — 13%. Наиболее часто встречаются значения набухания, находящиеся в интервале 2—18% (рис. 6,а). Кроме того, среди невыетрелых разностей часто встречаются образцы со значениями набухания 32—36%. По СНИПП-Б. 1-62 более половины исследованных образцов относятся к набухающим грунтам.

Для подразделения сарматских глин по степени набухания мы пользовались следующей классификацией (Сорочан, 1968): ненабухающие < 4%; слабонабухающие — 4—8%; средненабухающие — 8—12%; сильнонабухающие > 12%. Согласно приведенной классификации, среди исследованных на набухание 117 образцов 14% оказались ненабухающими, 17% — слабонабухающими, 20% — средненабухающими, 49% образцов показали сильное набухание. Значительную величину набухания большинства образцов сарматских глин можно объяснить их гидрослюдисто-монтмориллонитовым составом, наличием поглощенного натрия, содержащегося в некоторых образцах в количестве 30—81% от емкости поглощения, и большим содержанием (до 90%) глинистых частиц в породе (Монюшко, 1972).

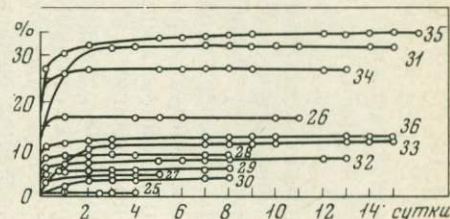
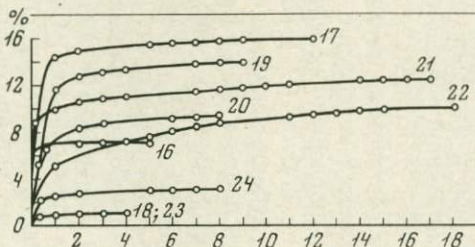
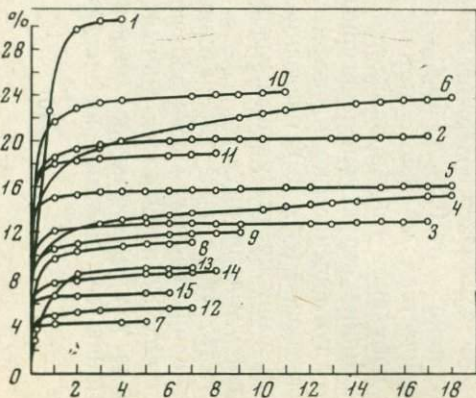
Наибольшую склонность к набуханию ( $> 8\%$ ) показали образцы из скв. 3, 7, 9, 12, 13, 16, 17, 19 и шурфа 2. Особенно активно набухали глины из скв. 3. В предыдущей главе мы обращали внимание на то, что образцы из этой скважины содержат наибольшее количество обменного натрия, который, как известно, среди обменных катионов обуславливает наибольшее набухание глин. Это побудило нас выявить роль природного содержания обменного натрия в набухаемости сарматских глин, для чего был построен соответствующий график зависимости (рис. 14, а). Одновременно был построен график зависимости набухания от содержания глинистых частиц в сарматских глинах по данным гранулометрического анализа (рис. 14, б). Из рисунка видно, что вполне четко проявляется зависимость набухания от количества поглощенного натрия, который содержат сарматские глины в природных условиях. Проявление зависимости, выраженной на этом рисунке, становится более убедительным, если учесть влияние на набухание ряда других факторов, о которых мы говорили выше, обусловивших разброс точек на графике. Влияние каждого из этих факторов и их совокупности, естественно, сильно осложняет картину выявленной зависимости; тем не менее она проступает вполне отчетливо. Этого нельзя сказать о связи набухания с гранулометрическим составом сарматских глин, где выраженная зависимость не проявляется вследствие активного влияния других факторов, в частности поглощенных катионов.

Прочность пород по конусу ( $P_m$ ) колеблется от  $1,5 \text{ кг/см}^2$  до  $171 \text{ кг/см}^2$ . По двум глубоким скважинам мы проследили влияние структурной прочности породы ( $P_m$ ) на ее набухание. В одном случае (скв. 19) изменение прочности тотчас же сказывается на величине относительного набухания ( $\Delta V$ ): увеличение прочности вызывает увеличение набухания глин, и наоборот. Такой связи нельзя отметить для образцов из другой глубокой скважины — скв. 3. Объяснение этому можно найти, если проследить различия в содержании обменного натрия в образцах из этих скважин. Сарматские глины, вскрытые скв. 3, содержат большое количество обменного натрия — от 8 до  $32 \text{ мг}\cdot\text{экв}$  на  $100 \text{ г}$  породы, в то время как в образцах глин из скв. 19 в поглощенном комплексе содержится лишь незначительное количество этого иона — от 0,39 до  $12,4 \text{ мг}\cdot\text{экв}$ . Очевидно, при значительных количествах обменного натрия влияние его содержания на степень набухания глин проявляется довольно сильно и затушевывает влияние структурно-текстурных особенностей (скв. 3). Там же, где в поглощенном комплексе исследуемых глин мало одновалентных катионов (скв. 19), последние играют незаметную роль в набухании и при прочих равных условиях действие структурной прочности породы доминирует.

Если учесть, что в ходе лабораторных опытов по набуханию создавались одинаковые для всех образцов условия соприкосновения глины с водой и применялся единый увлажнитель — дистиллированная вода, то из всех факторов, перечисленных в начале данного раздела, наиболее заметно на набухание сарматских глин



A



B

Рис. 15. Кинетика набухания сарматских глин

А — скв. 3: 1 — глубина 10,2 м; 2 — глубина 14,7 м; 3 — глубина 22,1 м; 4 — глубина 23,6 м; 5 — глубина 25,1 м; 6 — глубина 28,1 м; 7 — глубина 5,6 м; 8 — глубина 7,1 м; 9 — глубина 8,5 м; 10 — глубина 13,2 м; 11 — глубина 20,6 м; 12 — глубина 26,6 м; 13 — глубина 31,3 м; 14 — глубина 32,6 м; 15 — глубина 34,2 м; 16 — глубина 37,2 м. Б — скв. 9: 1 — глубина 2,7 м; 2 — глубина 4,0 м; 3 — глубина 5,4 м; 4 — глубина 7,1 м; 5 — глубина 8,3 м; 6 — глубина 14,7 м; скв. 13: 7 — глубина 4,2 м; 8 — глубина 8,8 м; 9 — глубина 14,5 м; скв. 17: 10 — глубина 2,7 м; 11 — глубина 5,7 м; 12 — глубина 8,7 м; 13 — глубина 13,2 м; 14 — глубина 17,6 м; 15 — глубина 22,2 м; скв. 15: 16 — глубина 4,2 м; 17 — глубина 7,1 м; скв. 18: 18 — глубина 10,2 м; скв. 16: 19 — глубина 2,7 м; 20 — глубина 10,3 м; 22 — глубина 13,2 м; 23 — глубина 22,9 м; скв. 20: 24 — глубина 27,0 м; скв. 19: 25 — глубина 1,5 м; 26 — глубина 4,5 м; 27 — глубина 6,5 м; 28 — глубина 10,5 м; 29 — глубина 15,0 м; 30 — глубина 17,0 м; 31 — глубина 23,0 м; 32 — глубина 27,0 м; 33 — глубина 41,0 м; 34 — глубина 47,0 м; 35 — глубина 50,0 м; 36 — глубина 52,0 м

отразилось влияние состава обменных катионов, а там, где оно было незначительно,— структурно-прочностных свойств породы. Вследствие более или менее однородного минерального состава сарматских глин этот фактор набухания не проявлялся.

Кинетика набухания исследованных глин проходила различно для разных образцов, однако в основном свободное набухание практически заканчивалось в течение 18 суток, и лишь у ряда образцов из скв. 3 оно продолжалось до 40 суток. На рис. 15 показаны типичные кривые набухания сарматских глин. Как правило, образцы сильно набухали в течение 1—2 суток, а затем продолжали увеличиваться в объеме незначительно. Как видно из рисунка, этого нельзя сказать о глинах из скв. 3, образцы которых активно набухали в течение 4, а некоторые в течение 35 суток. О причинах активного набухания глин из этой скважины мы уже говорили.

Для определения давления, развиваемого набухающими глинами, были применены методика и прибор (ДН-2), разработанный в ПНИИСе В. Ф. Чепик и А. Н. Воскресенским (Чепик, Воскресенский, Чулкова, 1967). В данном приборе вследствие применения жесткого оптического динамометра (стеклянной призмы) увеличение объема образца в процессе опыта практически отсутствует (не более 0,01—0,02%). Погрешность прибора составляет 1—2% от измеряемого усилия. Прибор позволяет регистрировать во времени усилия от нескольких граммов до пятнадцати килограммов на квадратный сантиметр.

Определение давления набухания (выполнено Н. С. Чулковой) проводилось в дистиллированной воде с применением загрузочного кольца высотой 1,5 см и площадью 30 см<sup>2</sup>. Результаты исследования показывают (табл. 12), что при набухании сарматские глины способны развивать давление 0,4—5,0 кг/см<sup>2</sup>. Такое давление является достаточно высоким, если учесть, что давление по подошве фундаментов от веса самого сооружения составляет в основном 0,5—2,5 кг/см<sup>2</sup>.

Как видно из таблицы, в ходе опыта увеличиваются влажность и объемный вес образцов и уменьшается их прочность. Указанные изменения можно объяснить расклинивающим действием водных пленок при дополнительной гидратации глины. Происходит ослабление межчастичных связей, однако вследствие невозможности расширения образца и принудительного сохранения постоянного объема пространственное положение частиц изменяется незначительно. Вместе с тем увеличение влажности глины играет роль дополнительной смазки и способствует более легкому пластическому течению грунта вдоль поверхности конуса и отдельных частиц относительно друг друга. Структурная прочность системы ослабевает, но, как правило, не более чем в два раза. Значительно сильнее снижается прочность сарматских глин при возможности расширения объема в процессе набухания. За счет увеличения диффузных слоев на поверхности частиц и ослабления молекулярного сцепления между ними происходит разрыхление пространственной структуры глин.

Таблица 12

## Давление набухания сарматских глин

Место отбора образца	Данные до опыта			Давление набухания, кг/см <sup>2</sup>	Данные после опыта		
	влажность W <sub>0</sub> , %	объемный вес Δ <sub>0</sub> , г/см <sup>3</sup>	прочность P <sub>0</sub> <sup>т</sup> , кг/см <sup>2</sup>		влажность W <sub>к</sub> , %	объемный вес Δ <sub>к</sub> , г/см <sup>3</sup>	прочность P <sub>к</sub> <sup>т</sup> , кг/см <sup>2</sup>
Скв. 3, глубина 7,1 м	32,9	1,93	25,5	2,504	37,9	2,00	8,33
" " 14,7 м	34,8	1,86	17,2	2,772	36,2	1,90	10,00
" " 28,5 м	32,1	1,97	29,6	4,988	34,3	2,00	18,36
" " 35 м	29,9	1,89	14,6	1,856	35,7	1,96	9,90
Скв. 4 " 11,6 м	46,7	1,71	2,6	0,422	50,8	1,72	1,9
" " 12,6 м	48,3	1,73	6,9	0,800	48,6	1,74	4,5
" " 26,7 м	38,9	1,82	10,0	0,895	39,9	1,84	4,2
Скв. 7 " 5,5 м	31,9	1,78	3,0	0,550	34,3	1,79	2,6
Скв. 9 " 2,7 м	31,4	1,90	14,3	1,464	34,0	1,95	4,2
Скв. 12 " 10,0 м	36,7	1,83	9,9	0,976	40,5	1,85	4,1
Скв. 13 " 16,2 м	26,4	2,05	32,0	0,850	26,0	2,06	25,5
Скв. 16 " 13,2 м	34,9	1,91	11,3	3,030	36,3	1,93	10,3
Скв. 19 " 6,5 м	27,4	1,81	4,45	0,730	33,9	1,86	4,3
" " 27,0 м	30,3	1,95	20,8	4,214	31,3	1,97	9,9
" " 39,0 м	36,0	1,93	18,4	1,386	37,1	1,95	13,8
" " 55,0 м	32,1	1,95	29,6	3,454	34,3	1,99	22,2
Скв. 23 " 25,0 м	40,3	1,86	16,3	0,438	41,2	1,87	14,6
Скв. 24 " 19,1 м	33,2	1,90	17,3	3,304	34,8	1,97	11,34

Кроме того, межчастичные связи ослабевают в результате растворения простых солей. В итоге прочность образцов после свободного набухания становилась в 2—39 раз меньше, чем до опыта (см. табл. 9).

Процессом, как бы обратным набуханию глинистых пород, является их воздушная усадка. В процессе сушки на воздухе объем сарматских глин естественной влажности уменьшается на 5—33% от исходного. При этом удаляется содержащаяся в грунте влага различной прочности связи с твердыми частицами. При достижении определенной влажности в процессе высыхания на воздухе сарматские глины растрескиваются. На рис. 16 показана образовавшаяся в природных условиях поверхность грунта с трещинами, возникшими в результате усадки разжиженной сарматской глины.

Набухание рассматриваемых пород было исследовано также в процессе опытов по набуханию, последующей усадке и повторному набуханию. Как видно из табл. 13 и 17, усадки после набухания образцы вторично набухали гораздо интенсивнее: если величина первого набухания составляла 1,3—19,0%, то при повторном набухании после сушки на воздухе образцы увеличивались в объеме



Рис. 16. Поверхность грунта с трещинами, возникающими в результате усадки разжиженной сарматской глины

на 10,0—56,9 % по сравнению с исходным состоянием. Вместе с тем их абсолютный объем после повторного набухания не всегда превосходил объем образца после первого набухания, а иногда и не достигал исходного объема, составлявшего  $50 \text{ см}^3$ . Тем не менее пластическая прочность породы после первого, а затем повторного набухания последовательно снижалась по отношению к прочности в естественном состоянии: до первого набухания величина  $R_m^*$  изменялась от 4,2 до  $35,7 \text{ кг/см}^2$ , после первого набухания ее значения колебались от 0,7 до  $14,2 \text{ кг/см}^2$ , а после второго набухания прочность по конусу не превышала  $0,06—1,0 \text{ кг/см}^2$ . Отсюда следует, что в процессе набухания — усадки и повторного набухания происходит расшатывание и ослабление структурных связей в сарматских глинах, в результате чего ухудшаются их структурно-механические свойства.

Водные свойства сарматских глин были исследованы также с помощью опытов на размокание. Определения проводились на цилиндрических образцах диаметром 3 см и такой же высоты. Образцы с естественной влажностью и структурой ставили на сетку и погружали в дистиллированную воду.

По характеру размокания среди исследованных глин нами выделено четыре типа:

*I тип — неразмокающие*, образец сохраняется полностью. Размокания не наблюдается, отделяются единичные чешуйки, возможно набухание (ш. 2, глубина 0,6 м, 2,8; скв. 5, глубина 2,7 м; скв. 7, глубина 5,5 м; скв. 13, глубина 14,5 м; скв. 16, глубина 7,3; 22,2 м; скв. 17, глубина 17,6 м).

*II тип — слаборазмокающие*, теряется  $< 20\%$  образца. Наблюдаются редкое отделение или оплывание чешуек и частиц, редкие бессистемные трещинки, отваливание кусочков, расслаивание на

Таблица 13

## Набухание сарматских глин в дистиллированной воде

№ скв.	Глубина отбора образца, м	Набухание, %		Объемная усадка, %		Влажность, %		Пластическая прочность $P_t$ , кг/см <sup>2</sup>			Объем после I набухания, см <sup>3</sup>	Объем после II набухания, см <sup>3</sup>
		I	II	до I набухания	после I набухания	до I набухания	после I набухания	до I набухания	после I набухания	после II набухания		
12	7,3	16,8	53,2	30,5	36,0	44,6	68,0	6,0	1,4	0,4	58,4	49,0
16	16,7	8,6	35,6	12,4	10,4	33,1	51,8	35,7	14,2	0,8	54,3	60,7
17	11,6	16,0	44,0	34,1	38,3	46,7	69,6	7,9	0,9	0,1	58,0	44,5
18	10,3	4,4	41,1	25,8	27,5	41,3	61,8	11,5	5,2	0,4	52,2	51,1
19	25,0	13,4	55,2	7,0	15,7	31,8	54,1	6,1	1,6	0,2	56,7	65,4
23	18,0	3,4	32,2	11,0	12,8	38,5	56,2	18,1	11,6	0,8	51,7	57,7
23	21,0	8,0	48,1	8,5	8,0	36,6	61,2	40,3	17,3	0,5	53,95	68,2
23	24,0	2,5	26,3	13,2	15,2	37,6	57,2	23,2	8,4	1,0	51,25	53,5
23	30,4	6,0	26,7	14,1	14,2	34,0	56,8	13,2	4,8	0,4	53,0	54,3
24	2,5	5,8	35,1	21,7	—	41,9	60,5	4,2	1,1	0,2	52,9	—
24	6,6	9,5	38,9	24,4	—	40,5	63,7	4,5	0,7	0,1	54,75	—
24	9,0	19,0	56,9	27,6	33,0	40,7	74,1	6,6	2,3	0,3	59,5	52,6
24	12,0	10,8	47,0	25,2	29,3	40,4	59,7	13,8	2,4	0,4	55,4	52,0
24	16,5	8,9	38,5	28,2	20,7	35,9	58,7	16,4	3,7	0,8	54,45	54,8
24	21,0	9,2	27,6	21,2	23,2	36,3	61,8	10,3	—	0,9	54,6	49,0
28	1,0	1,3	10,0	7,1	—	30,1	35,8	5,6	3,0	0,5	50,65	—
28	6,0	2,9	16,3	7,4	9,6	28,7	37,8	4,5	2,0	0,3	51,45	52,5
28	13,5	1,3	16,7	3,6	1,1	27,6	36,6	7,5	1,1	0,06	50,65	57,7

листочки, возможно набухание (скв. 3, глубина 25,1; скв. 4, глубина 11,6; 12,6; 14,9; 16,3; 17,5; 20,4; 22,2; 23,6 м; скв. 5, глубина 4,2; 7,3 м; скв. 7, глубина 5,0; 7,0 м; скв. 8, глубина 5,6 м; скв. 9, глубина 2,7; 7,3; 8,3; 14,7 м; скв. 12, глубина 1,0; 7,3 м; скв. 15, глубина 4, 2; 7,1; 10,2 м; скв. 16, глубина 2,7; 5,7; 10,3; 13,2; 16,7 м; скв. 17, глубина 2,7; 5,7; 8,7; 11,6; 13,2; 22,2 м; скв. 18, глубина 5,6; 8,2; 10,3 м; скв. 19, глубина 1,5; 3,5; 6,5; 10,5; 15,0; 21,0; 27,0; 41,0; 47,0 м; скв. 23, глубина 13,5; 24,0; 27,5; 30,4 м; скв. 24, глубина 2,5; 6,6; 9,0; 12,0; 16,5; 21,0 м; скв. 28, глубина 13,5 м).

III тип — среднеразмокающие, теряется 20—50%, образца. Наблюдается интенсивное отделение и оплывание чешуек и частиц, расслаивание образца, бессистемные трещинки, отваливание кусочков грунта (скв. 3, глубина 29,6 м; скв. 4, глубина 19,1; 24,6 м; скв. 7, глубина 8,5; 10,1 м; скв. 8, глубина 9,3; 13,1; 14,0 м; скв. 9, глубина 4,0; 5,4; 11,7 м; скв. 12, глубина 8,4 м; скв. 13, глубина 4,2 м; скв. 19, глубина 25,0; 52,0 м; скв. 23, глубина 18,0 м; скв. 28, глубина 1,0; 6,0 м).

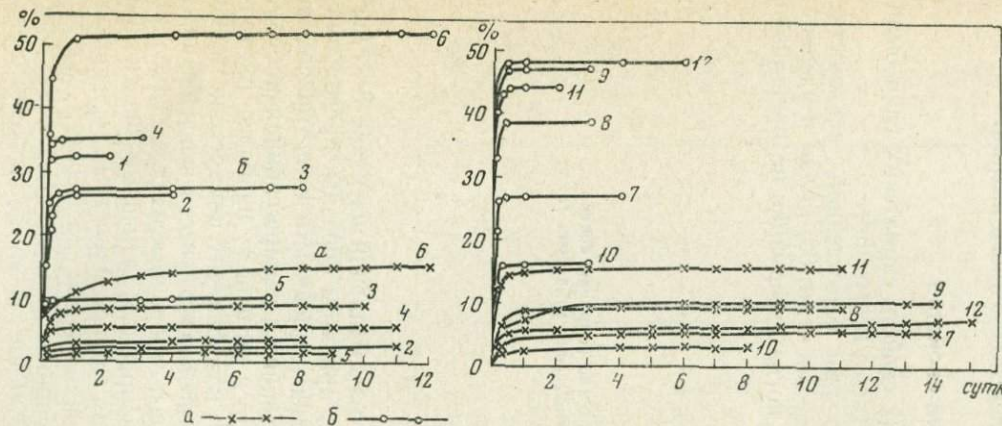
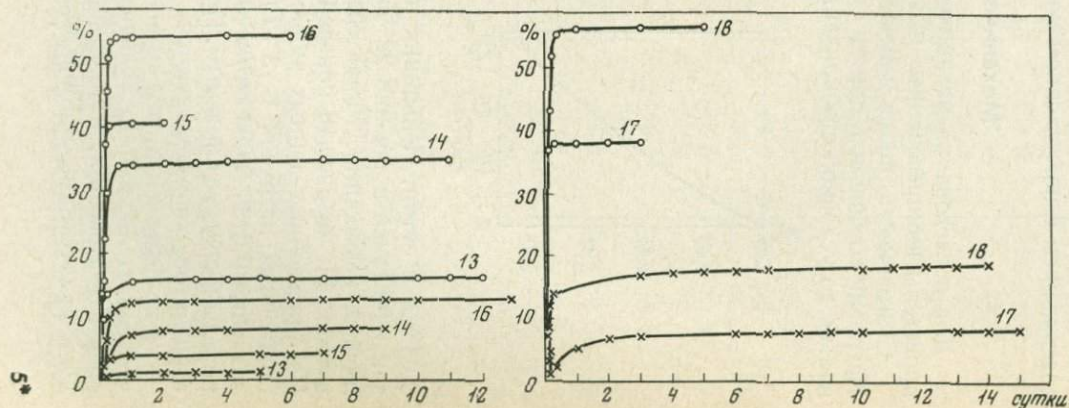


Рис. 17. Кинетика первичного и повторного набухания сарматских глин

Скв. 23: 1 — глубина 18,0 м; 2 — глубина 24,0 м; скв. 24: 3 — глубина 24,0 м; 4 — глубина 2,5 м; скв. 28: 5 — глубина 1,0 м; скв. 12: 6 — глубина 7,3 м; скв. 23: 7 — глубина 30,4 м; скв. 24: 8 — глубина 6,6 м; 9 — глубина 12,5 м; скв. 28: 10 — глубина 6,0 м; скв. 17: 11 — глубина 11,6 м; скв. 23: 12 — глубина 21,0 м; скв. 28: 13 — глубина 13,5 м; скв. 16: 14 — глубина 16,7 м; скв. 18: 15 — глубина 10,3 м; скв. 19: 16 — глубина 4,5 м; скв. 24: 17 — глубина 16,5 м; 18 — глубина 9,0 м. а — I набухание; б — II набухание



*IV тип* — *сильноразмокающие*, теряется  $> 50\%$  образца. Отмечается расслаивание и растрескивание образца, быстрое отделение и оплывание частиц и чешуек, появление мути (скв. 3, глубина 5,6; 7,0; 8,4; 10,2; 11,4; 13,2; 14,7; 17,6; 19,1; 20,6; 22,1; 23,6; 26,6; 28,1; 31,3; 32,3; 34,1; 35,6; 37,2 м; скв. 8, глубина 11,6 м; скв. 12, глубина 11,7; 14,7 м; скв. 19, глубина 33,0 м; скв. 4, глубина 26,7 м).

Для пород II и III типов размокание основной массы образца происходит в течение 1—3 суток. Для пород IV типа основная масса размокает быстрее, максимум за 2 суток. В общем же опыты на размокание продолжались разное время, в основном до 15 суток. Обращает на себя внимание то, что образцы из скв. 3 почти все отнесены к типу сильноразмокающих, что можно объяснить повышенным содержанием в поглощенном комплексе обменного натрия.

### Механические свойства

Для исследования механических свойств сарматских глин были проведены компрессионные и сдвиговые испытания.

Сжимаемость пород изучалась при естественной влажности. Нагрузки сообщались породе ступенями через  $0,5 \text{ кг/см}^2$  и удерживались до условной стабилизации, когда деформации не превышали

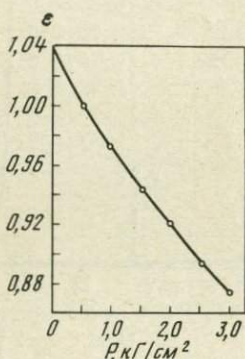


Рис. 18. Типичная кривая компрессии сарматских глин

0,03 мм в сутки. Испытания при максимальной нагрузке  $3 \text{ кг/см}^2$  заканчивались в течение 22 дней, при этом образцы предохранялись от высыхания. Характеристика сжимаемости глин приведена в табл. 14; на рис. 18 показана типичная компрессионная кривая. Из приведенных данных видно, что в интервале наиболее распространенных нагрузок 1—3  $\text{кг/см}^2$  коэффициент компрессии имеет значения  $0,013—0,083 \text{ см}^2/\text{кг}$ , что позволяет отнести исследованные породы к среднесжимаемым. Породы, отобранные из более глубоких горизонтов, характеризуются, как правило, меньшими значениями этого коэффициента, чем отложения приповерхностных горизонтов, что свидетельствует о большей сжимаемости последних. Модуль общей деформации, или компрессионный модуль  $E_0$ , характеризуется значениями от 136,6 до  $28,7 \text{ кг/см}^2$ . В случае свободного рас-

Таблица 14

## Характеристика сжимаемости сарматских глин

№ скв.	Глубина отбора образца, м	Коэффициент компрессии ( $P=1-3$ кг/см <sup>2</sup> ) $a$ , см <sup>2</sup> /кг	Модуль общей деформации (компрессии) $E_0$ , кг/см <sup>2</sup>	Свободный модуль деформации $E_p$ , кг/см <sup>2</sup>
3	5,6	0,047	44,7	17,9
3	37,2	0,043	46,4	18,6
4	11,6	0,059	39,7	16,0
4	26,7	0,054	43,3	17,3
5	2,7	0,043	40,2	16,1
5	7,3	0,042	41,5	16,6
7	5,0	0,079	31,0	12,4
7	10,0	0,037	61,4	24,6
8	8,7	0,028	58,2	23,3
8	14,0	0,019	103,1	40,1
9	2,7	0,042	46,2	18,4
9	14,7	0,040	48,1	19,2
12	4,1	0,064	36,1	14,4
12	14,7	0,040	50,5	20,2
13	4,2	0,051	38,1	15,2
13	17,7	0,031	63,9	25,5
15	4,2	0,030	57,5	23,0
15	10,2	0,017	99,5	39,8
16	2,7	0,083	28,7	11,5
16	18,7	0,013	136,6	54,6
17	2,7	0,065	34,2	13,7
17	22,2	0,042	51,3	20,5
18	4,1	0,057	36,7	14,7
18	17,7	0,047	46,4	18,5
Ш-2	1,3	0,042	49,8	19,9

ширения породы в процессе ее сжатия (например, при испытании пород штампом) вычисляется свободный модуль деформации  $E_p$ . Соотношение между свободным модулем деформации и компрессионным модулем деформации следующее (Маслов, 1961):  $E_p = \frac{E_0}{M}$ , где  $M$  — переходный коэффициент, рассчитываемый по формуле  $M = \frac{1-\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}$  с учетом коэффициента бокового расширения Пуассона —  $\nu$ . По СНИП П-Б.1-62 значение  $\nu$  для глин принимается равным 0,42. В этом случае коэффициент  $M$  принимает значение 2,5. Значения определенного свободного модуля деформации исследованных глин изменяются от 11,5 до 54,6 кг/см<sup>2</sup>. Сдвиговые характеристики сарматских глин были исследованы на примере образцов из наиболее глубокой скважины (19). Срез производился на сдви-

Таблица 15

## Сопrotивление сарматских глин сдвигу (скв. 19)

Глубина отбора образца, м	При естественном состоянии		Глубина отбора образца, м	При подготовленной поверхности среза	
	$\varphi$	$c, \text{ кг/см}^2$		$\varphi$	$c, \text{ кг/см}^2$
4,5*	6°30'	0,58	5,5	31°30'	0,06
8,5	21°30'	0,44	9,5	26°30'	0,10
17,0	36°	0,08	19,0	25°30'	0,42
23,0	43°	0,80	25,0	25°30'	0,08
35,0	23°	0,94	37,0	26°30'	0,18
47,0	52°	0,14	50,0	16°	0,65

\* Образец из элювиальной зоны.

говых приборах Маслова — Гидропроекта по двум схемам. По первой схеме испытывали образцы при естественной влажности и структуре, по второй — срез производили по заранее подготовленной плоскости сдвига. Подготовка заключалась в разрезании образца глины тонкой проволокой после помещения в прибор и смачивании образовавшейся плоскости водой. В обоих случаях срез образца производили через 30 мин после приложения вертикальной нагрузки (0,8; 1,6; 2,4 кг/см<sup>2</sup>). Испытания показали (табл. 15), что при естественном состоянии сопротивление исследованных глин сдвигу характеризуется значениями  $\varphi$ , равными 21—52° (среднее арифметическое 35°),  $c$  — от 0,08 до 0,94 кг/см<sup>2</sup> (среднее 0,48 кг/см<sup>2</sup>). При испытаниях по заранее подготовленной поверхности  $\varphi$  изменяется от 16 до 31° (среднее 25°),  $c$  — от 0,06 до 0,65 кг/см<sup>2</sup> (среднее 0,25 кг/см<sup>2</sup>).

Таким образом, при испытании образцов по второй схеме с подготовкой поверхности породы получают пониженные значения сопротивления сдвигу по сравнению с испытанием пород с естественной структурой и влажностью. Учитывая, что в естественном залегании сдвиг в сарматских глинах обычно происходит по ослабленным зонам, можно считать, что вторая схема, по нашему мнению, ближе моделирует природные явления. Исследования в этом направлении следует продолжить на больших монолитах, отобранных из шурфов, так как небольшие монолиты из скважин не позволяют проводить сдвиговые испытания по двум схемам вследствие изменения свойств образцов с изменением глубины залегания.

## Реологические свойства глин с нарушенной структурой

В результате выветривания сарматские глины активно разрушаются в зоне гипергенеза и переотлагаются на склонах в виде значительных масс. С ростом влажности и величины действующих

Таблица 16

## Реологические свойства сарматских глин с нарушенной структурой

№ скв.	Глубина от- бора, м	W, %	$P_{k-1}$	$P'_r$	$P_{k-2}$	$P_m$	$P'_r$	$P_m$	$\eta_{P_{k-1}}$	$\eta_m$	$\eta_{P_{k-1}}$	Характер восстановления структуры
			дин/см <sup>2</sup>				$\frac{P'_r}{P_{k-1}}$	$\frac{P_m}{P_{k-1}}$	пузы		$\frac{\eta_{P_{k-1}}}{h_m}$	
3	5,6	63,6	$1,8 \cdot 10^4$	$2,4 \cdot 10^4$	$6,0 \cdot 10^4$	$8,1 \cdot 10^4$	1,3	4,4	$4,0 \cdot 10^4$	195	205	Гистерезис
3	7,1	61,9	$1,6 \cdot 10^4$	$4,3 \cdot 10^4$	$5,3 \cdot 10^4$	$6,4 \cdot 10^4$	2,7	4,0	$3,4 \cdot 10^4$	153	222	"
3	14,7	75,0	$1,9 \cdot 10^4$	$4,1 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^4$	$6,0 \cdot 10^4$	2,2	3,2	$4,0 \cdot 10^4$	214	187	"
3	18,0	80,3	$1,6 \cdot 10^4$	$2,8 \cdot 10^4$	$4,4 \cdot 10^4$	$5,6 \cdot 10^4$	1,8	3,5	$3,4 \cdot 10^4$	177	192	"
3	35,7	73,6	$1,8 \cdot 10^4$	$3,3 \cdot 10^4$	$5,1 \cdot 10^4$	$6,7 \cdot 10^4$	1,8	3,7	$4,0 \cdot 10^4$	150	268	"
3	37,2	78,7	$1,6 \cdot 10^4$	$2,8 \cdot 10^4$	$5,0 \cdot 10^4$	$7,0 \cdot 10^4$	1,8	4,4	$3,4 \cdot 10^4$	168	202	"
4	11,6	78,8	$2,1 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^4$	$5,7 \cdot 10^4$	$7,2 \cdot 10^4$	1,4	3,4	$4,5 \cdot 10^4$	172	262	Большой гистерезис, вязкость восста- навливается в области ползучести
4	12,6	74,0	$1,6 \cdot 10^4$	$4,9 \cdot 10^4$	$8,1 \cdot 10^4$	$10,2 \cdot 10^4$	3,1	6,4	$3,4 \cdot 10^4$	244	139	Гистерезис, вязкость восстанавливается в области ползучести
4	24,9	78,2	$2,2 \cdot 10^4$	$2,9 \cdot 10^4$	$6,2 \cdot 10^4$	$7,3 \cdot 10^4$	1,3	3,3	$4,7 \cdot 10^4$	175	268	Большой гистерезис
4	26,7	61,2	$2,0 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^4$	$7,0 \cdot 10^4$	$8,2 \cdot 10^4$	1,8	4,1	$4,2 \cdot 10^4$	196	214	Малый гистерезис
5	2,6	52,3	$1,7 \cdot 10^4$	$5,3 \cdot 10^4$	$6,1 \cdot 10^4$	$6,4 \cdot 10^4$	3,1	3,8	$3,6 \cdot 10^4$	304	118	Гистерезис, вязкость восстанавливается близ $P_{k-1}$
5	4,5	44,2	$1,8 \cdot 10^4$	$3,2 \cdot 10^4$	$6,5 \cdot 10^4$	$7,8 \cdot 10^4$	1,8	4,3	$3,8 \cdot 10^4$	187	230	Большой гистерезис
5	7,3	50,8	$1,7 \cdot 10^4$	$3,4 \cdot 10^4$	$5,9 \cdot 10^4$	$7,9 \cdot 10^4$	2,0	4,6	$3,6 \cdot 10^4$	255	180	Гистерезис, кривые сближаются в об- ласти ползучести
7	5,0	80,9	$3,9 \cdot 10^4$	$4,7 \cdot 10^4$	$6,3 \cdot 10^4$	$7,1 \cdot 10^4$	1,2	1,8	$8,4 \cdot 10^4$	168	500	Очень большой гистерезис
7	6,0	73,7	$2,3 \cdot 10^4$	$4,6 \cdot 10^4$	$6,0 \cdot 10^4$	$7,7 \cdot 10^4$	2,0	3,3	$4,9 \cdot 10^4$	193	254	Гистерезис, вязкость восстанавливается при напряжениях меньше $P_{k-1}$
7	10,1	85,8	$2,4 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^4$	$5,6 \cdot 10^4$	$6,7 \cdot 10^4$	1,5	2,8	$5,2 \cdot 10^4$	159	327	Большая петля гистерезиса

Таблица 16 (продолжение)

№ скв.	Глубина отбора, м	W, %	$P_{k-1}$	$P'_r$	$P_{k-2}$	$P_m$	$\frac{P'_r}{P_{k-1}}$	$\frac{P_m}{P_{k-1}}$	$\eta_{P_{k-1}}$	$\eta_m$	$\eta_{P_{k-1}}$	Характер восстановления структуры
			дин/см <sup>2</sup>				пуазы					
8	5,6	30,9	1,1·10 <sup>4</sup>	2,6·10 <sup>4</sup>	4,3·10 <sup>4</sup>	5,8·10 <sup>4</sup>	2,4	5,3	2,4·10 <sup>4</sup>	140	171	Большой гистерезис
8	9,0	29,9	1,7·10 <sup>4</sup>	2,7·10 <sup>4</sup>	6,4·10 <sup>4</sup>	8,6·10 <sup>4</sup>	1,6	5,1	3,7·10 <sup>4</sup>	617	60	Гистерезис, вязкость восстанавливается близ $P_{k-1}$
8	9,5	32,5	2,1·10 <sup>4</sup>	3,5·10 <sup>4</sup>	7,6·10 <sup>4</sup>	9,4·10 <sup>4</sup>	1,7	4,5	4,5·10 <sup>4</sup>	340	132	Большой гистерезис
8	13,1	52,3	2,2·10 <sup>4</sup>	3,1·10 <sup>4</sup>	7,7·10 <sup>4</sup>	9,2·10 <sup>4</sup>	1,4	4,2	4,7·10 <sup>4</sup>	325	145	То же
8	14,0	48,0	1,2·10 <sup>4</sup>	3,1·10 <sup>4</sup>	8,5·10 <sup>4</sup>	9,9·10 <sup>4</sup>	2,6	8,2	2,6·10 <sup>4</sup>	358	73	Гистерезис, вязкость восстанавливается близ $P_{k-1}$
9	2,9	67,6	2,8·10 <sup>4</sup>	4,2·10 <sup>4</sup>	5,6·10 <sup>4</sup>	6,7·10 <sup>4</sup>	1,5	2,4	6,1·10 <sup>4</sup>	160	381	Очень большой гистерезис
9	4,3	65,3	2,0·10 <sup>4</sup>	3,2·10 <sup>4</sup>	7,6·10 <sup>4</sup>	8,9·10 <sup>4</sup>	1,6	4,4	4,2·10 <sup>4</sup>	319	132	Петля гистерезиса, вязкость восстанавливается при напряжении $P_{k-1}$
9	13,1	65,8	2,1·10 <sup>4</sup>	2,5·10 <sup>4</sup>	6,7·10 <sup>4</sup>	7,8·10 <sup>4</sup>	1,2	3,7	4,6·10 <sup>4</sup>	187	246	Малый гистерезис, вязкость восстанавливается при напряжениях меньше $P_{k-1}$
9	14,6	66,10	1,9·10 <sup>4</sup>	4,8·10 <sup>4</sup>	6,2·10 <sup>4</sup>	8,2·10 <sup>4</sup>	2,5	4,3	4,1·10 <sup>4</sup>	197	208	Гистерезис, вязкость восстанавливается при напряжениях меньше $P_{k-1}$
12	4,5	72,0	2,3·10 <sup>4</sup>	2,8·10 <sup>4</sup>	6,1·10 <sup>4</sup>	7,0·10 <sup>4</sup>	1,2	3,0	4,9·10 <sup>4</sup>	168	292	Петля гистерезиса
12	6,0	78,7	3,5·10 <sup>4</sup>	4,1·10 <sup>4</sup>	4,8·10 <sup>4</sup>	5,9·10 <sup>4</sup>	1,2	1,7	7,6·10 <sup>4</sup>	142	535	То же
12	8,4	75,6	2,3·10 <sup>4</sup>	3,1·10 <sup>4</sup>	6,9·10 <sup>4</sup>	8,0·10 <sup>4</sup>	1,3	3,5	4,9·10 <sup>4</sup>	193	254	••
12	14,6	68,3	1,6·10 <sup>4</sup>	2,3·10 <sup>4</sup>	6,4·10 <sup>4</sup>	8,1·10 <sup>4</sup>	1,4	5,1	3,4·10 <sup>4</sup>	291	117	Очень малый гистерезис, кривые совпадают в области ползучести
13	4,0	50,4	2,2·10 <sup>4</sup>	4,4·10 <sup>4</sup>	7,3·10 <sup>4</sup>	8,4·10 <sup>4</sup>	2,0	3,8	4,7·10 <sup>4</sup>	201	234	Петля гистерезиса
13	8,7	49,6	1,6·10 <sup>4</sup>	2,5·10 <sup>4</sup>	6,9·10 <sup>4</sup>	8,0·10 <sup>4</sup>	1,6	5,0	3,5·10 <sup>4</sup>	190	184	То же
13	17,7	57,9	1,6·10 <sup>4</sup>	2,7·10 <sup>4</sup>	7,5·10 <sup>4</sup>	9,3·10 <sup>4</sup>	1,7	5,8	3,5·10 <sup>4</sup>	443	79	Очень малый гистерезис, кривые совпадают в области ползучести

Таблица 16 (продолжение)

№ скв.	Глубина отбора, м	W, %	$P_{k-1}$	$P'_r$	$P_{k-2}$	$P_m$	$\frac{P'_r}{P_{k-1}}$	$\frac{P_m}{P_{k-1}}$	$\eta_{P_{k-1}}$	$\eta_m$	$\eta_{P_{k-1}}$	Характер восстановления структуры
			дин/см <sup>2</sup>				пуазы					
15	4,2	45,4	2,1·10 <sup>4</sup>	3,2·10 <sup>4</sup>	7,0·10 <sup>4</sup>	8,2·10 <sup>4</sup>	1,5	3,9	4,6·10 <sup>4</sup>	197	234	Большой гистерезис
15	5,7	48,4	2,3·10 <sup>4</sup>	3,4·10 <sup>4</sup>	7,5·10 <sup>4</sup>	8,5·10 <sup>4</sup>	1,5	3,7	5,0·10 <sup>4</sup>	204	245	Очень большой гистерезис
15	7,4	43,4	1,5·10 <sup>4</sup>	3,0·10 <sup>4</sup>	6,4·10 <sup>4</sup>	8,7·10 <sup>4</sup>	2,0	3,5	3,2·10 <sup>4</sup>	205	156	Очень малый гистерезис, вязкость восстанавливается в области ползучести
15	10,4	46,0	1,1·10 <sup>4</sup>	2,1·10 <sup>4</sup>	5,7·10 <sup>4</sup>	7,4·10 <sup>4</sup>	1,9	6,7	2,2·10 <sup>4</sup>	177	124	Малый гистерезис
16	2,7	76,6	2,4·10 <sup>4</sup>	4,1·10 <sup>4</sup>	5,9·10 <sup>4</sup>	6,8·10 <sup>4</sup>	1,7	2,8	5,1·10 <sup>4</sup>	160	319	Большой гистерезис
16	4,2	79,4	2,0·10 <sup>4</sup>	3,2·10 <sup>4</sup>	7,5·10 <sup>4</sup>	8,5·10 <sup>4</sup>	1,6	4,2	4,2·10 <sup>4</sup>	204	206	Малый гистерезис, кривые с впадают в области ползучести
16	16,7	67,5	1,8·10 <sup>4</sup>	2,6·10 <sup>4</sup>	8,5·10 <sup>4</sup>	9,9·10 <sup>4</sup>	1,4	5,5	3,8·10 <sup>4</sup>	354	107	Гистерезис, вязкость восстанавливается близ $P_{k-1}$
16	22,1	68,7	1,8·10 <sup>4</sup>	2,7·10 <sup>4</sup>	6,8·10 <sup>4</sup>	9,6·10 <sup>4</sup>	1,5	5,3	3,8·10 <sup>4</sup>	345	110	Гистерезис
17	2,7	79,5	4,1·10 <sup>4</sup>	5,6·10 <sup>4</sup>	6,5·10 <sup>4</sup>	7,9·10 <sup>4</sup>	1,4	1,9	8,8·10 <sup>4</sup>	188	468	Очень большой гистерезис
17	4,2	74,4	3,0·10 <sup>4</sup>	5,6·10 <sup>4</sup>	6,7·10 <sup>4</sup>	8,9·10 <sup>4</sup>	1,9	3,0	6,4·10 <sup>4</sup>	212	302	Большой гистерезис
17	11,7	76,9	1,7·10 <sup>4</sup>	2,6·10 <sup>4</sup>	7,1·10 <sup>4</sup>	8,1·10 <sup>4</sup>	1,5	4,8	3,6·10 <sup>4</sup>	195	185	Малый гистерезис, кривые сближаются в области ползучести
17	22,0	65,0	1,8·10 <sup>4</sup>	2,7·10 <sup>4</sup>	7,5·10 <sup>4</sup>	9,6·10 <sup>4</sup>	1,5	5,3	3,8·10 <sup>4</sup>	230	165	То же
18	4,1	61,5	2,7·10 <sup>4</sup>	3,7·10 <sup>4</sup>	6,7·10 <sup>4</sup>	8,6·10 <sup>4</sup>	1,4	3,2	5,9·10 <sup>4</sup>	205	288	Большой гистерезис
18	6,0	66,6	2,0·10 <sup>4</sup>	3,3·10 <sup>4</sup>	6,7·10 <sup>4</sup>	7,8·10 <sup>4</sup>	1,6	3,9	4,4·10 <sup>4</sup>	186	236	Малый гистерезис, вязкость восстанавливается в области ползучести
18	15,0	64,3	1,4·10 <sup>4</sup>	2,7·10 <sup>4</sup>	7,7·10 <sup>4</sup>	9,8·10 <sup>4</sup>	1,9	7,0	3,1·10 <sup>4</sup>	233	133	Вязкость восстанавливается сразу по мере уменьшения напряжения
18	17,8	69,7	1,5·10 <sup>4</sup>	4,7·10 <sup>4</sup>	10,7·10 <sup>4</sup>	11,9·10 <sup>4</sup>	3,1	7,9	3,4·10 <sup>4</sup>	304	112	Малый гистерезис, вязкость восстанавливается в области ползучести
Шурф 2	0,6	79,7	3,1·10 <sup>4</sup>	4,4·10 <sup>4</sup>	5,2·10 <sup>4</sup>	7,0·10 <sup>4</sup>	1,4	2,2	6,8·10 <sup>4</sup>	168	405	Очень большой гистерезис

Таблица 16 (окончание)

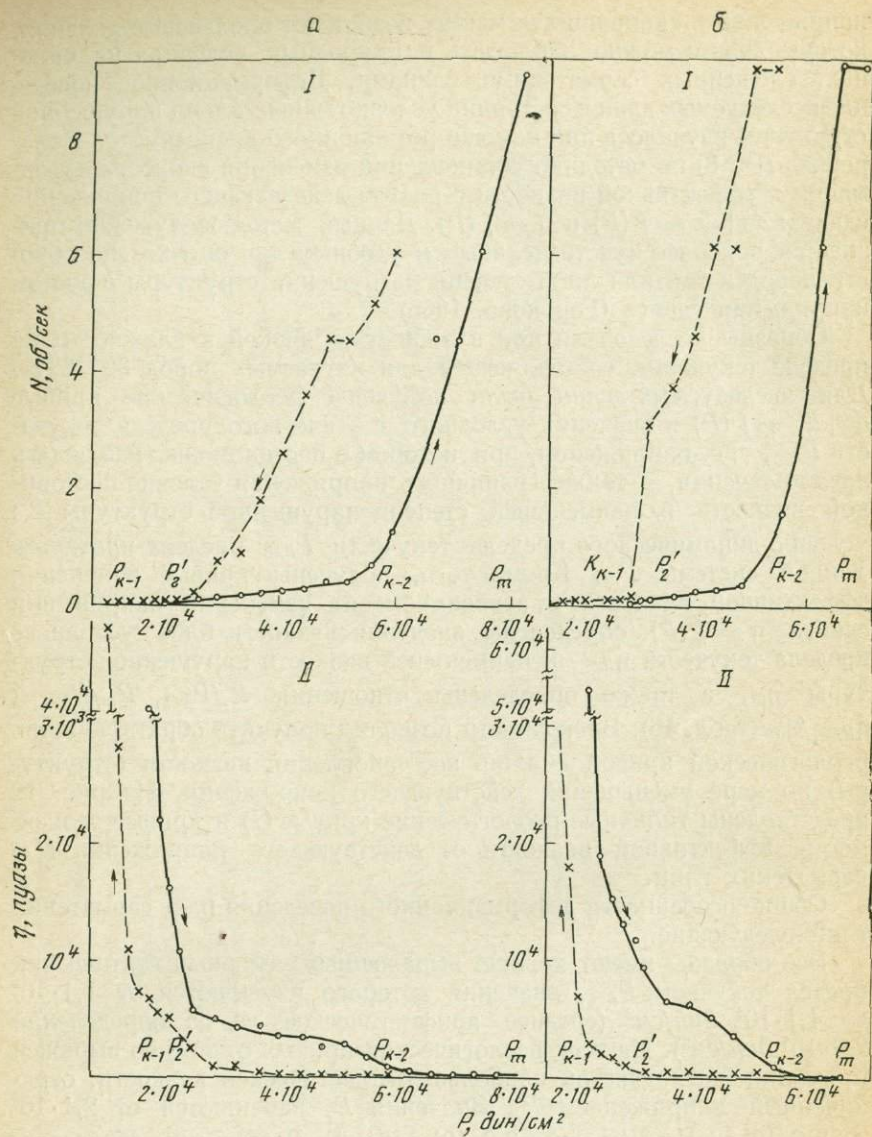
№ скв.	Глубина отбора, м	W, %	$P_{k-1}$	$P'_r$	$P_{k-2}$	$P_m$	$\frac{P'_r}{P_{k-1}}$	$\frac{P_m}{P_{k-1}}$	$\eta_{P_{k-1}}$	$\eta_m$	$\eta_{P_{k-1}}$	Характер восстановления структуры
			дин/см <sup>2</sup>				пуазы		пуазы			
Шурф 2	2,8	82,6	$2,1 \cdot 10^4$	$6,1 \cdot 10^4$	$8,8 \cdot 10^4$	$9,9 \cdot 10^4$	2,9	4,7	$4,5 \cdot 10^4$	236	191	Большой гистерезис
19	1,5	36,10	$1,1 \cdot 10^4$	$4,3 \cdot 10^4$	$6,5 \cdot 10^4$	$8,9 \cdot 10^4$	3,9	4,7	$2,3 \cdot 10^4$	319	72	Очень малый гистерезис
19	3,5	52,4	$2,2 \cdot 10^4$	$3,7 \cdot 10^4$	$5,9 \cdot 10^4$	$7,4 \cdot 10^4$	1,7	3,4	$4,6 \cdot 10^4$	177	260	Большой гистерезис
19	15,0	50,7	$1,6 \cdot 10^4$	$2,4 \cdot 10^4$	$5,3 \cdot 10^4$	$6,2 \cdot 10^4$	1,5	3,9	$3,5 \cdot 10^4$	149	235	То же
19	19,0	37,5	$1,2 \cdot 10^4$	$2,8 \cdot 10^4$	$6,4 \cdot 10^4$	$8,7 \cdot 10^4$	2,3	7,2	$2,5 \cdot 10^4$	207	121	Малый гистерезис, вязкость восстанавливается близ $P_{k-1}$
19	41,0	69,5	$1,4 \cdot 10^4$	$3,9 \cdot 10^4$	$5,1 \cdot 10^4$	$7,1 \cdot 10^4$	2,8	5,1	$3,1 \cdot 10^4$	170	182	Гистерезис
19	52,0	74,0	$1,7 \cdot 10^4$	$3,1 \cdot 10^4$	$6,1 \cdot 10^4$	$7,7 \cdot 10^4$	1,8	4,5	$3,7 \cdot 10^4$	184	201	"
23	12,0	70,4	$2,5 \cdot 10^4$	$4,3 \cdot 10^4$	$6,5 \cdot 10^4$	$7,8 \cdot 10^4$	1,7	3,1	$5,4 \cdot 10^4$	197	274	"
23	21,0	65,4	$1,3 \cdot 10^4$	$2,8 \cdot 10^4$	$7,2 \cdot 10^4$	$7,8 \cdot 10^4$	2,2	6,0	$2,9 \cdot 10^4$	186	156	Малый гистерезис, вязкость восстанавливается в области ползучести
23	30,4	63,8	$2,2 \cdot 10^4$	$4,4 \cdot 10^4$	$5,7 \cdot 10^4$	$6,3 \cdot 10^4$	2,0	2,9	$4,7 \cdot 10^4$	148	318	Гистерезис
24	2,2	61,5	$2,4 \cdot 10^4$	$3,6 \cdot 10^4$	$5,9 \cdot 10^4$	$8,1 \cdot 10^4$	1,5	3,4	$5,1 \cdot 10^4$	191	267	Большой гистерезис
24	3,0	73,9	$3,7 \cdot 10^4$	$4,6 \cdot 10^4$	$5,4 \cdot 10^4$	$6,6 \cdot 10^4$	1,2	1,8	$7,8 \cdot 10^4$	156	500	То же
24	9,0	76,6	$2,4 \cdot 10^4$	$4,1 \cdot 10^4$	$5,3 \cdot 10^4$	$6,9 \cdot 10^4$	1,7	2,9	$5,2 \cdot 10^4$	160	325	Гистерезис
24	22,1	68,7	$1,8 \cdot 10^4$	$4,9 \cdot 10^4$	$6,3 \cdot 10^4$	$7,0 \cdot 10^4$	2,7	3,9	$3,8 \cdot 10^4$	168	226	"
28	1,0	44,3	$1,3 \cdot 10^4$	$3,6 \cdot 10^4$	$6,1 \cdot 10^4$	$7,4 \cdot 10^4$	2,8	5,7	$2,7 \cdot 10^4$	265	102	Малый гистерезис, вязкость восстанавливается близ $P_{k-1}$
28	3,0	43,6	$1,5 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^4$	$7,1 \cdot 10^4$	$7,6 \cdot 10^4$	2,3	5,1	$3,2 \cdot 10^4$	277	116	Малый гистерезис
28	10,0	39,1	$1,1 \cdot 10^4$	$4,6 \cdot 10^4$	$7,1 \cdot 10^4$	$8,4 \cdot 10^4$	4,2	7,6	$2,4 \cdot 10^4$	200	120	Малый гистерезис, вязкость восстанавливается в области ползучести

напряжений в скопившихся массах возникают оползневые явления, которые часто можно наблюдать в природных условиях на склонах, сложенных сарматскими глинами. Деформационное поведение исследуемых глин в состоянии условно максимально нарушенной структуры изучалось при помощи ротационного вискозиметра Воляровича (РВ-8) по методике установления изменения скорости деформации и эффективной вязкости с ростом действующего напряжения сдвига:  $d\varepsilon / dt = f(P)$  и  $\eta = f(P)$ . Данный метод заслуженно признается наиболее чувствительным и удобным для оценки способности пород к той или иной степени разрушения структуры с ростом напряжения сдвига (Горькова, 1965).

Образцы исследовали при влажности, близкой к влажности на пределе текучести, составляющей для изучаемых пород 36—85%. Для исследуемых глин были получены реологические кривые  $d\varepsilon / dt = f(P)$  и значения условного статического предела текучести  $P_{k-1}$ , т. е. напряжения, при котором в пастах можно наблюдать начало течения, а также граничного напряжения условно-постоянной вязкости в наименьшей степени нарушенной структуры  $P'_r$ ; условно-динамического предела текучести  $P_{k-2}$ ; предела прочности данной системы  $P_m$ . Кроме того, получены кривые изменения эффективной вязкости в зависимости от изменения напряжения сдвига  $\eta = f(P)$ , определены значения вязкости близ условного предела текучести  $\eta_{P_{k-1}}$  и наименьшей вязкости нарушенной структуры  $\eta_m$ , а также определены отношения  $P'_r/P_{k-1}$ ,  $P_m/P_{k-1}$  и  $\eta_{P_{k-1}}/\eta_m$  (табл. 16). Вискозиметр позволил получить обратную ветвь реологической кривой — ветвь восстановления вязкости (структуры) по мере уменьшения действующего напряжения. На рис. 19 представлены типичные реологические кривые (I) и кривые зависимости эффективной вязкости от действующего напряжения (II) сарматских глин.

Общие особенности деформационного поведения паст сарматских глин следующие.

Все образцы имеют хорошо выраженный условный статический предел текучести  $P_{k-1}$ , значения которого изменяются от  $1,1 \cdot 10^4$  до  $4,1 \cdot 10^4$   $\text{дин/см}^2$  (среднее арифметическое из 65 определений  $2,0 \cdot 10^4$   $\text{дин/см}^2$ ). На всех реологических кривых отчетливо выражен прямолинейный участок наибольшей пластической вязкости, ограниченный напряжением  $P'_r$ . Значения  $P'_r$  изменяются от  $2,1 \cdot 10^4$  до  $5,6 \cdot 10^4$   $\text{дин/см}^2$  (среднее  $3,9 \cdot 10^4$   $\text{дин/см}^2$ ). Разрушение образовавшейся структуры при напряжениях, превышающих граничное напряжение условно-постоянной вязкости  $P'_r$ , происходит более или менее постепенно, а далее, за бингамовским пределом текучести  $P_{k-2}$ , структура пасты активно разрушается, она становится высокоподвижной и течет с наименьшей пластической вязкостью. Прямолинейный участок, соответствующий течению бингамовского типа, отчетливо выделяется на всех кривых. Значения  $P_{k-2}$  изменяются от  $4,3 \cdot 10^4$  до  $8,8 \cdot 10^4$   $\text{дин/см}^2$  (среднее  $6,4 \cdot 10^4$   $\text{дин/см}^2$ ). Предел проч-



ности  $P_m$  для паст сарматских глин составляет  $5,6 \cdot 10^4$ — $11,9 \cdot 10^4$  дин/см<sup>2</sup> (среднее  $7,9 \cdot 10^4$  дин/см<sup>2</sup>), и перепад напряжений  $\frac{P_m}{P_{k-1}}$  колеблется от 1,7 до 8,2.

Вязкость исследованных паст близ предела текучести  $\eta_{P_{k-1}}$  изменяется от  $2,3 \cdot 10^4$  до  $8,8 \cdot 10^4$  пуаз (среднее  $4,3 \cdot 10^4$  пуаз), а при предельном разрушении структуры ( $\eta_m$ ) падает до 140—

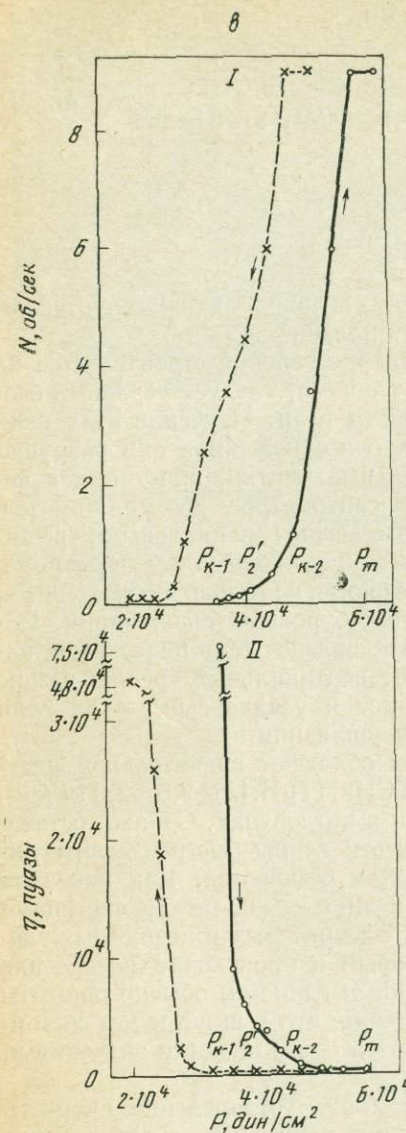


Рис. 19. Реологические кривые сарматских глин

I — зависимость скорости деформации от действующего напряжения сдвига;  
II — зависимость эффективной вязкости от напряжения  
а — скв. 3, глубина 5,6 м;  
б — скв. 7, глубина 10,1 м;  
в — скв. 12, глубина 6,0 м

617 пуаз (среднее 220 пуаз). Таким образом, перепад вязкости мало и предельно нарушенного состояний составляет 73—535 (в среднем 219). После предельного разрушения структуры вязкость по мере убыви напряжения восстанавливается по-разному: как правило, тиксотропность характеризуется петлей гистерезиса, достаточно большой для большинства образцов. У многих образцов вязкость восстанавливается в области ползучести.

По характеру деформационного поведения паст сарматские глины можно отнести к группе тонкодисперсных пород, переходных от пластично-вязких к упруго-пластично-вязким разностям. К этой группе И. М. Горьковой (1963) из изученных ею пород были отнесены мелководные илы Черного моря, глубоководные новозвксинские илы, пасты бентонита и сантонского мергеля при влажности ниже границы текучести. Согласно предложенной И. М. Горьковой (1966, 1971) схеме зависимости деформационных особенностей пород от

комплекса классификационных показателей, сарматские глины относятся к группам высокодисперсных и смешанных пород со стабилизационными, пластифицированно-коагуляционными, коагуляционно-цементационными и цементационными структурными связями, средне и полностью водонасыщенных, слабой и средней степени уплотнения, средней и высокой степени литификации — группы I—II (А, В, Г<sub>1</sub>, Г<sub>2</sub>) (1—2) βγ (б-в).

ПРИРОДНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ,  
СВЯЗАННЫЕ С САРМАТСКИМИ ГЛИНАМИ

В природных условиях в сарматских глинах активно протекают процессы выветривания, обвалы и оползни.

При инженерно-геологической оценке условий строительства на участках, сложенных сарматскими глинами, следует обращать особое внимание на степень выветрелости глин. Изучение этих глин в природном залегании показало, что в обнажениях они разрушаются, расслаиваются на горизонтальные плитки, пластинки и чешуйки мощностью от нескольких сантиметров до миллиметров (рис. 20). Часто сарматские глины рассечены вертикальными трещинами, которые прослеживаются иногда на глубину десяти метров и более (рис. 21). Такие трещины встречаются не только в обнажениях, но и в невыветрелой глине, вскрытой буровыми скважинами. Появление последних может быть обусловлено тектоническими напряжениями в массиве. Образованию вертикальных трещин в зоне выветривания способствуют набухание и усадка сарматских глин при переменном увлажнении и высушивании.

Невыветрелые сарматские глины обладают значительной несущей способностью, составляющей по СНиП П-Б.1-62 2,5—3,0  $\kappa\Gamma/\text{см}^2$ , хорошо держат вертикальные стенки в котлованах. Однако, оставаясь некоторое время обнаженными, эти глины быстро дезинтегрируются на отдельные, которые затем осыпаются. Как показали наши исследования, в зоне выветривания связь между частицами породы наиболее легко теряется в алевритовых и невидимых глазом серицитовых прослоях, по которым и происходит расслоение глины. Склоны, сложенные сарматскими глинами, обычно покрыты мелкой глиняной щебенкой. Естественно, что в выветрелом состоянии сарматские глины характеризуются более низкими значениями прочности.

Важное практическое значение имеет установление скорости физического выветривания сарматских глин. Такое определение было проведено на монолите из шурфа 2. Отобранная глыба (рис. 22, а) представляла собой глину темно-серого цвета, плотного сложения, полутвердой консистенции, которая с трудом поддавалась проходке кайлом размером приблизительно  $40 \times 30 \times 30$  см. При срезании ножом глина крошилась стружкой наподобие твердого парафина. После часового пребывания на открытом воздухе монолит покрылся с поверхности тонкими трещинами (рис. 22, б). Спустя 3 часа с начала опыта размер трещин заметно увеличился (рис. 22, в),

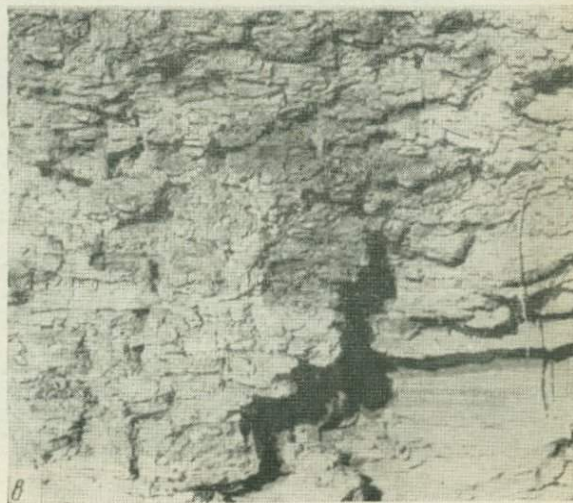
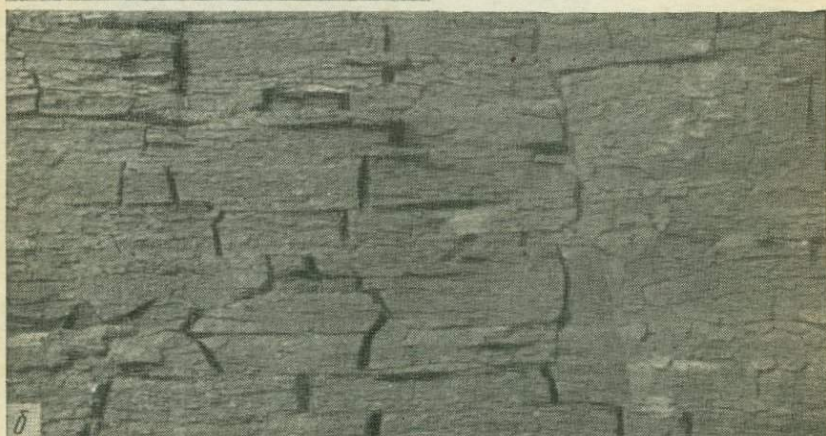
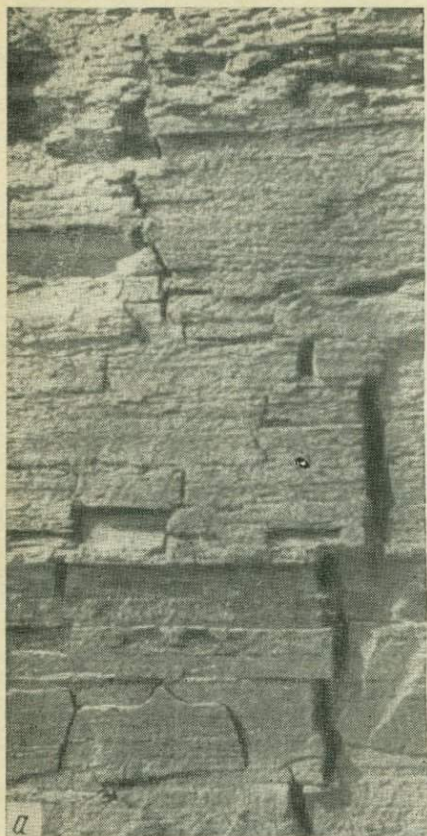


Рис. 20. Формы разрушения сарматских глин в обнажениях  
а — столбчатая; б — пластинчатая; в — чешуйчатая



**Рис. 21.** Вертикальные трещины в сарматских глинах  
*a* — большая открытая трещина; *б* — большая закрытая трещина



Рис. 22. Опыт по определению интенсивности физического выветривания обнаженной сарматской глины

*a* — невыветрелый монолит (начало опыта); *б* — тот же монолит через 1 час;

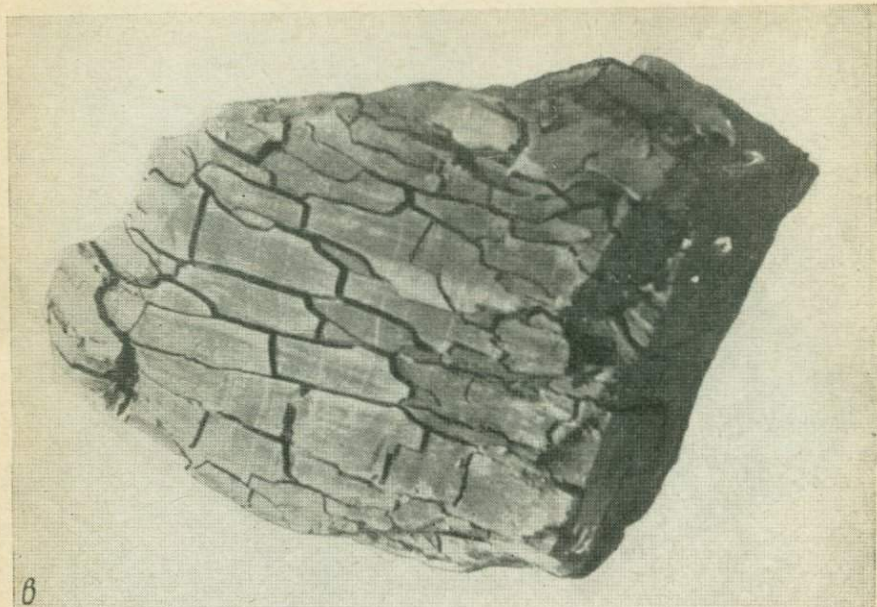


Рис. 22 (окончание)

б — тот же монолит через 3 часа после опыта; 2 — тот же монолит через 4 часа после начала опыта

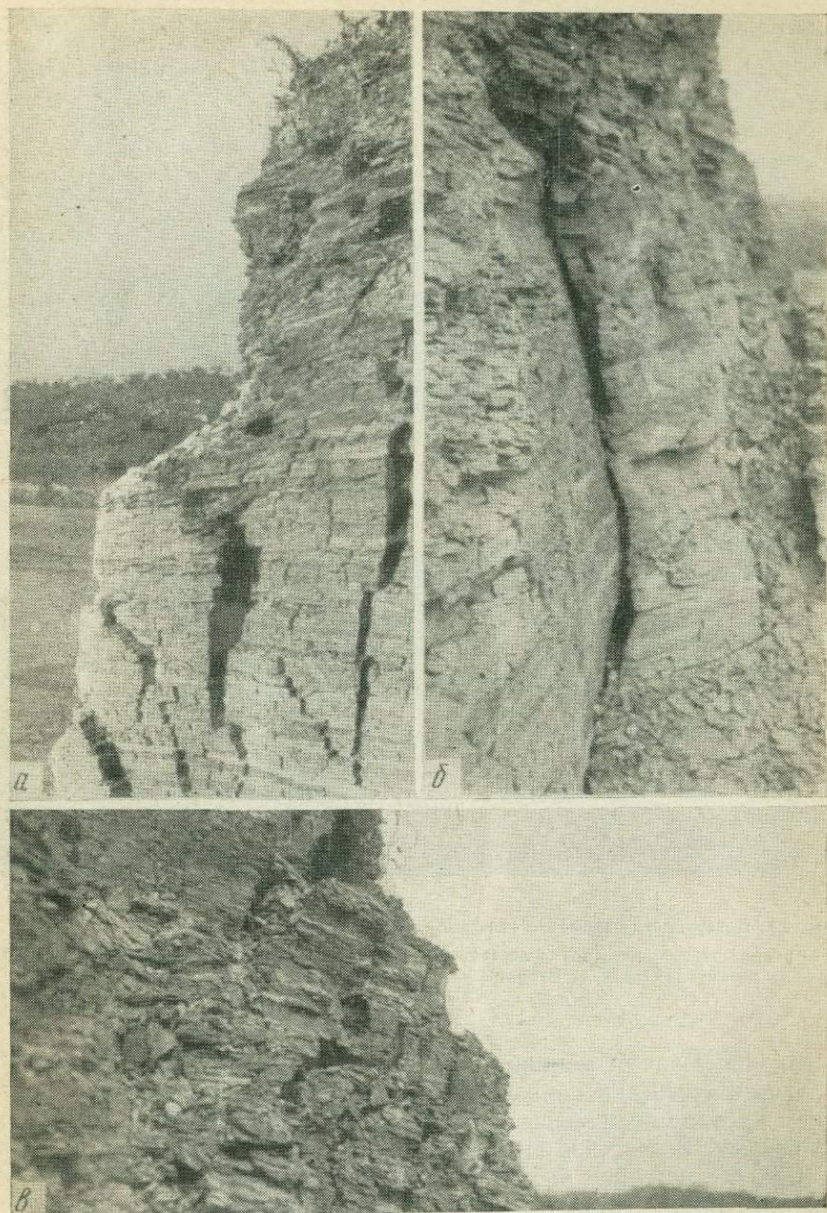


Рис. 23. Типы обвалов, возникающих в сарматских глинах

*a* — обвал крупных блоков; *b* — трещина отседания и обвал слоя глины; *v* — обвал рас-  
слоенных столбиков

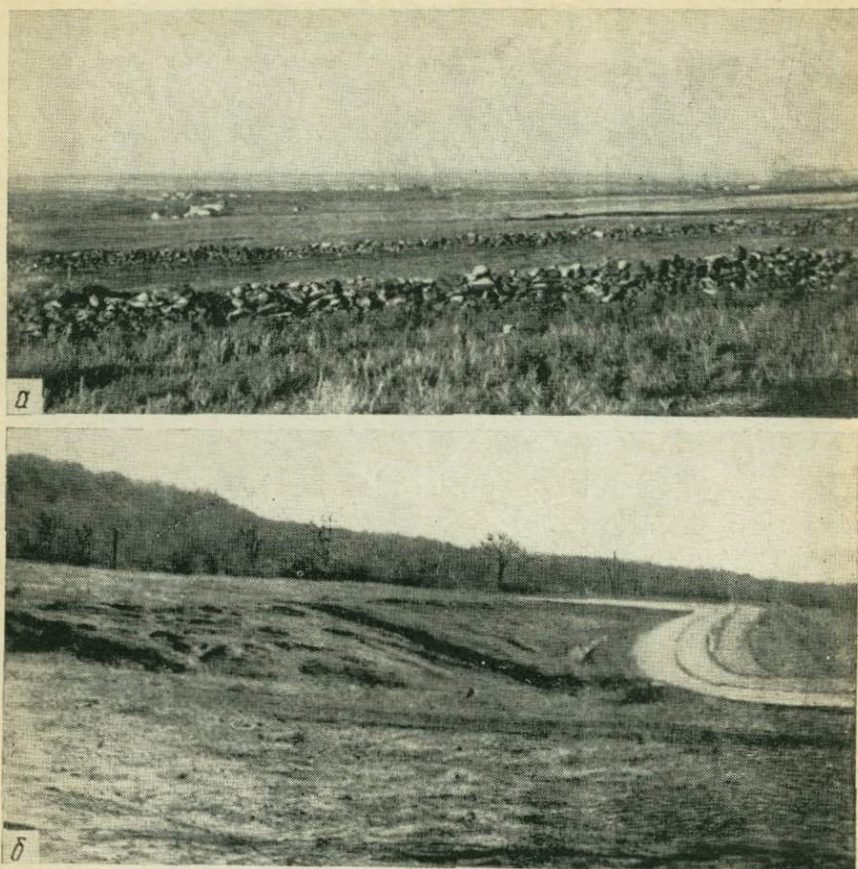


Рис. 24. Поверхность открытого залегания сарматских глин

*а* — ровная поверхность, с. Рождественское; *б* — мягкобугристая поверхность смещения элювия сарматских глин, с. Второй Русский хутор

а еще через час от монолита стали отваливаться полигональные оскольчатые щебенки глины (рис. 22, *з*). В данном случае под влиянием инсоляции произошло быстрое высыхание породы, вызвавшее ее разрыв. Вследствие этого и случайной ориентации монолита началось бессистемное растрескивание породы, а не расслаивание ее на пластинки. Таким образом, будучи обнаженными, сарматские глины способны очень быстро разрушаться с распадом на глиняную щебенку.

Свойство сарматских глин быстро разрушаться на склонах приводит к образованию обвалов и осыпей, связанных с этими породами. Особенно интенсивно развиваются такие процессы при подмыве основания склона реками или другими водотоками. Обвалы

сарматских глин могут происходить в виде быстрого смещения довольно крупных блоков грунта с опрокидыванием оторвавшегося массива (рис. 23, а). В случае попадания в зону высыхания вертикальных трещин, простирающие которых параллельно простираению поверхности обнажения, происходит отседание слоя породы с последующим ее обвалом (рис. 23, б). Может происходить обвал небольших столбиков расслоенных глин (рис. 23, в). Если нет подмыва склона водотоком, происходит образование у подножья склона осыпного шлейфа или осыпи. В дальнейшем комочки породы продолжают разрушаться и, периодически смачиваясь атмосферными осадками, превращаются в глинистую бесструктурную массу. В таких рыхлолежащих на склонах массах глиняной щебенки часто развивается пластическое течение породы без резкого срыва части склона. Медленные движения элювия сарматских глин можно наблюдать на пологих склонах в районах открытого залегания сарматских глин. Такое течение породы угадывается по морфологии поверхности склона, которая имеет мягкобугристый характер, часто с сохранившимся травяным покровом (рис. 24, б). В случае, изображенном на рис. 24, б, равновесие грунтовых масс на склоне было, вероятно, нарушено устройством полотна грунтовой дороги с придорожными канавами. На пологих склонах поверхность сарматских глин может быть ровной без видимых признаков каких-либо смещений породы (рис. 24, а). Однако подрезка породы на таком пологом склоне может вызвать медленное течение ее в элювиальной зоне, аналогичное изображенному на рис. 24, б. Это следует учесть при строительстве сооружений неглубокого заложения (каналов, дорог и т. п.).

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Сарматские отложения широко распространены в южной части СССР. За последние годы в связи с расширением масштабов строительства все более отчетливо ощущается необходимость региональной инженерно-геологической характеристики сарматских отложений и в первую очередь их глинистых комплексов, обладающих специфическими и наиболее изменчивыми свойствами, а также рекомендаций по рациональному определению инженерно-геологических свойств и строительному использованию сарматских глин.

2. В невыветрелом состоянии сарматские глины характеризуются преимущественно темно-серым, иногда до черного, реже светло-серым цветом с голубоватым, оливковым или желтоватым оттенком. Сложение породы плотное, визуальное однородное, неясно-слоистое или слоистое. В глинах содержатся тонкие прослои алеврита с блестками слюды, мелко- и тонкозернистого песка серого или темно-серого цвета мощностью 2—3 мм, прослои и кристаллы гипса мелкокристаллического толщиной от 3 мм до 1—4 см. Некоторые горизонты, особенно глины ясеновской свиты, обогащены прослоями песка светло-серого цвета, мелкозернистого, кварцево-сланцевого. Глины карбонатны, как правило, вскипают до воздействия 10%-ного раствора соляной кислоты; нередко встречаются прослои мергеля буровато-серого и серого цвета толщиной 2 см и более, залегающие параллельно плоскости наложения. Часто рассечены вертикальными трещинами шириной до 1—5 мм.

3. При химическом выветривании цвет сарматских глин изменяется до желтовато-серого, зеленовато-бурого и бурого. В выветрелой зоне порода обычно более пластична, обогащена кристаллическим гипсом и охристыми налетами железистых соединений. Мощность выветрелой зоны 1,5—10 м. В обнажениях глины имеют вид рыхляков, расслоены на пластинки и плиты толщиной от долей сантиметра до нескольких сантиметров и часто рассечены вертикальными трещинами.

4. Под микроскопом сарматские глины представляются в виде пелитовой массы желтовато-коричневых оттенков с преимущественно микрослоистой, оптически ориентированной текстурой. Местами они обогащены мелкообломочным материалом, представленным кварцем, полевым шпатом, мусковитом, серицитом, глауконитом и рудными минералами (пирит и др.). Присутствуют зерна карбонатов, гидроокислов железа и органики. По наблюдаемым

карбонатно-серицитовым прослоям происходит расслаивание внешне однородной породы на отдельности в зоне выветривания.

5. По гранулометрическому составу среди рассматриваемых отложений преобладают тяжелые глины, содержание глинистой фракции в которых достигает 91%. В естественном залегании глинистые частицы находятся в агрегированном состоянии, коэффициент агрегированности для частиц менее 5 мк изменяется от 1,1 до 57,5, а для частиц менее 1 мк — от 1,1 до 206.

6. Тонкодисперсная фракция сарматских глин, по данным комплексных минералогических исследований, складывается преимущественно из минералов монтмориллонит-гидрослюдистой группы с примесью каолинита, галлуазита, глауконита, палыгорскита, кальцита, сидерита, гидроокислов железа, гетита, гидрогетита.

7. Засоленность исследуемых пород колеблется от слабой до сильной, неодинакова в разных горизонтах сармата и в пределах каждого из них. В основном породы слабозасолены. В невыветрелых слоях нижнесарматских отложений содержится 0,4—0,8% солей, элювий этого горизонта характеризуется значительно большей засоленностью, составляющей 1,55%. Аналогичное увеличение содержания воднорастворимых солей в элювиальной зоне отмечается и для отложений среднего сармата: засоленность глин невыветрелых горизонтов составляет в среднем 0,89%, а элювия — 1,31%. Накопление солей в верхних горизонтах изучаемых отложений обусловлено в значительной степени химическим выветриванием легко окисляющихся минералов (пирита, сидерита и др.).

Состав воднорастворимых солей в ниже- и среднесарматских глинах, по данным водных вытяжек, преимущественно сульфатно-натриевый, сульфатно-магниевый и сульфатно-кальциевый. Подчиненное значение имеют хлоридно-натриевые соли. По данным солянокислых вытяжек, в глинах содержится значительное количество закисного железа (0,5—0,8%), которое, переходя в зоне выветривания в трехвалентную форму, обуславливает бурые оттенки породы. В исследуемых глинах содержится в среднем около 11% карбонатов, 1,3—1,5% органического углерода.

8. Сарматские глины характеризуются довольно высокой емкостью обмена катионов, составляющей в среднем 18—32 мг·экв на 100 г абсолютно сухого грунта. Заметного различия между емкостью поглощения глин нижнего и среднего сармата не отмечается. Между емкостью обмена катионов и содержанием связанной воды выявлена хорошая корреляционная зависимость.

9. Физическое состояние и физические свойства сарматских глин характеризуются некоторой неоднородностью по площади и глубине залегания. В табл. 17 приведены пределы колебания значений и медианные значения показателей физических свойств сарматских глин, которыми рекомендуется пользоваться при предварительных расчетах на стадии ТЭО.

10. Исследования показали, что по мере старения и уплотнения сарматских глин в процессе литогенеза происходит обезвоживание

Таблица 17

## Обобщенные значения показателей некоторых физических свойств сарматских глин

	Удельный вес $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Объемный вес $\Delta$ , г/см <sup>3</sup>	Объемный вес скелета $\delta$ , г/см <sup>3</sup>	Пористость $n$ , %	Верхний предел пластичности $W_f$	Нижний предел пластичности $W_p$
Пределы колебания значений	2,67—2,86	1,69—2,01	1,10—1,64	39—58	36—85	18—49
Наиболее часто встречающиеся значения	2,70—2,74	1,77—1,89	1,26—1,42	48—52	65—77	33—45
	2,72—2,76	1,73—1,81		52—60		
Медианные значения	$\frac{2,73}{2,75}$	$\frac{1,84}{1,81}$	1,36	50	67	38

В знаменателе указаны значения для выветрелых разностей.

отложений, образование компактных структур с уменьшением их дисперсности и емкости обмена. Приблизительно для половины всех исследованных образцов характерно пластичное состояние породы при средней степени уплотненности, другая половина образцов глины свидетельствует о переуплотненном (полутвердом) состоянии отложений; показатель уплотненности ( $K_d$ ) имеет значения 0,27—2,16. Вместе с тем отрицательные значения показателя степени сжатия для некоторых образцов свидетельствуют о проходящих процессах разуплотнения сарматских глин в верхних горизонтах.

11. Сарматские глины способны набухать при избыточном увлажнении. Из исследованных 117 образцов 20% оказались средне-набухающими (8—12% от исходного объема), а 49% образцов дали сильное набухание (>12%). опыты показали, что наиболее сильное набухание при увлажнении дистиллированной водой сарматских глин связано с повышением природного содержания в них обменного натрия.

Активное набухание сарматских глин заканчивается, как правило, в течение первых двух суток, при этом порода способна развивать давление 0,4—5,0 кГ/см<sup>2</sup>. В ходе свободного набухания прочность породы снижается в 2—39 раз. При сушке на воздухе глины уменьшаются в объеме на 5—33%. В процессе набухания — усадки и повторного набухания сарматских глин происходит расшатывание и ослабление структурных связей, в результате чего ухудшаются их структурно-механические свойства.

12. По результатам компрессионных испытаний исследованные глины относятся к среднесжимаемым, коэффициент компрессии  $a$  в интервале нагрузок 1—3 кГ/см<sup>2</sup> имеет значения 0,013—0,083 см<sup>2</sup>/кГ. Породы, отобранные из более глубоких горизонтов, характеризу-

Число пластичности $M_p$	Показатель консолидации $V$	Естественная влажность $W$ , %	Относительное набухание, %
17—42	(-0,6) — (+0,5)	20—50	1—37
21—33	—	32—40	2—18 или 32—36
29	-0,02	36	10

ются, как правило, меньшими значениями этого коэффициента, чем отложения приповерхностных элювированных горизонтов. Значения модуля общей деформации  $E_0$  изменяются от 28,7 до 136,6 кГ/см<sup>2</sup>, свободного модуля деформации  $E_p$  (в случае свободного расширения грунта при сжатии) — от 11,5 до 54,6 кГ/см<sup>2</sup>.

13. Сопротивление сарматских глин сдвигу при естественном их состоянии характеризуется значениями  $\phi$  в пределах 21—52° (среднее арифметическое 35°),  $C$  — от 0,08 до 0,94 кГ/см<sup>2</sup> (среднее 0,48 кГ/см<sup>2</sup>). При сдвиге по заранее подготовленной увлажненной поверхности получа-

ются более низкие значения сопротивления сдвигу, а именно  $\phi$  — от 16 до 31° (среднее 25°),  $C$  — от 0,06 до 0,65 кГ/см<sup>2</sup> (среднее 0,25 кГ/см<sup>2</sup>). В последнем случае, по нашему мнению, ближе моделируются природные явления.

14. Общие особенности деформационного поведения паст сарматских глин при влажности около верхнего предела пластичности, исследованные при помощи ротационного вискозиметра Воларовича (РВ-8), следующие. Все образцы имеют хорошо выраженный условный статический предел текучести  $P_{k-1}$ , значения которого изменяются от  $1,1 \cdot 10^4$  до  $4,1 \cdot 10^4$  дин/см<sup>2</sup> (среднее арифметическое из 65 определений —  $2,0 \cdot 10^4$  дин/см<sup>2</sup>). На реологических кривых отчетливо выражен прямолинейный участок шведовской вязкости, ограниченный напряжением  $P'_r$ . Значения  $P'_r$  изменяются от  $2,1 \cdot 10^4$  до  $5,6 \cdot 10^4$  дин/см<sup>2</sup> (среднее  $3,9 \cdot 10^4$  дин/см<sup>2</sup>). Разрушение образовавшейся структуры при напряжениях, превышающих  $P'_r$ , происходит более или менее постепенно, а за бингамовским пределом текучести  $P_{k-2}$  паста становится высокоподвижной и течет с наименьшей пластической вязкостью. Значения  $P_{k-2}$  изменяются от  $4,3 \cdot 10^4$  до  $8,8 \cdot 10^4$  дин/см<sup>2</sup> (среднее  $6,4 \cdot 10^4$  дин/см<sup>2</sup>). Предел прочности  $P_m$  для паст сарматских глин составляет  $5,6 \cdot 10^4$  —  $11,9 \cdot 10^4$  дин/см<sup>2</sup> (среднее  $7,9 \cdot 10^4$  дин/см<sup>2</sup>), а перепад напряжений  $\frac{P_m}{P_{k-1}}$  колеблется от 1,7 до 8,2. Вязкость исследованных паст близ предела текучести  $\eta_{P_{k-1}}$  изменяется от  $2,3 \cdot 10^4$  до  $8,8 \cdot 10^4$  пуаз (среднее  $4,3 \cdot 10^4$  пуаз), а при предельном разрушении структуры ( $\eta_m$ ) падает до 140—617 пуаз (среднее 220 пуаз).

Таким образом, перепад вязкости мало- и предельно нарушенного состояний составляет 73—535 (в среднем 219). После предельного

разрушения структуры вязкость по мере снятия напряжений восстанавливается не сразу. Тиксотропность характеризуется петлей гистерезиса, достаточно большой для большинства образцов; у многих образцов вязкость восстанавливается в области ползучести. По характеру деформационного поведения паст сарматские глины можно отнести к группе тонкодисперсных пород, переходных от пластично-вязких к упруго-пластично-вязким разностям.

15. Согласно предложенной И. М. Горьковой (1966, 1971) схеме зависимости деформационных особенностей пород от комплекса классификационных показателей, сарматские глины относятся к группам высокодисперсных и смешанных пород со стабилизационными, пластифицированно-коагуляционными, коагуляционно-цементационными и цементационными структурными связями, средние и полностью водонасыщенных, слабой и средней степени уплотнения, средней и высокой степени литификации — группы I—II (А, В, Г<sub>1</sub>, Г<sub>2</sub>) (1—2) βγ (б-в).

16. Невыветрелые сарматские глины обладают хорошей несущей способностью, составляющей по СНиП П-Б.1-62 2,5—3,0 кг/см<sup>2</sup>, хорошо держат вертикальные стенки в котлованах. Но, будучи обнаженными, эти породы способны очень быстро разрушаться с распадом на глиняную щебенку. С этими особенностями глин связано образование обвалов и осыпей, развивающихся особенно активно при подмыве основания склона водотоками. В осыпях, а также в элювиальной зоне сарматских глин при дополнительном увлажнении может развиваться пластическое течение грунта. Медленное течение элювия сарматских глин угадывается по морфологии поверхности склона, которая имеет мягкобугристый характер, часто с сохранившимися травяным покровом.

17. При проектировании и строительстве объектов на территориях, сложенных сарматскими глинами, следует учитывать особенности этих пород, связанные со склонностью их к физическому и химическому выветриванию, обвалам выветрелых глин на крутых склонах, набуханию и усадке, пластическому течению в случае разрушения первичного сложения и в элювированной зоне.

18. При инженерно-геологической оценке условий строительства на участках, сложенных сарматскими глинами, следует обращать особое внимание на степень выветрелости глин и возможность их дальнейшего разрушения под влиянием процессов выветривания.

Открытые котлованы в сарматских глинах необходимо засыпать в кратчайший срок во избежание их физического выветривания. Породу следует защищать от непосредственного воздействия инсоляции и атмосферных осадков.

Отрывку котлованов до проектных отметок рекомендуется производить непосредственно перед устройством фундаментов с учетом обязательной выемки свежевыветрелого слоя. При поливке уложенного бетона не допускать замачивания грунта в котловане.

19. При строительстве сооружений неглубокого заложения (каналов, дорог, легких построек и т. п.) следует учитывать, что подрезка сарматских глин на склонах, даже пологих, может вызвать их медленное течение в элювиальной зоне, и предусмотреть необходимые предупредительные защитные мероприятия.

20. Для снижения набухаемости этих глин можно рекомендовать замену в поглощенном комплексе натрия на кальций путем обработки породы хлористым кальцием.

21. Лабораторные исследования физико-механических свойств сарматских глин на данном этапе изучения их производятся в соответствии с ГОСТом и общепринятыми методическими указаниями лабораторного исследования глинистых грунтов с учетом особенностей, указанных ниже.

22. При определении удельного веса сарматских глин следует учесть, что на результаты опыта существенно влияет содержание простых солей в них. При содержании воднорастворимых солей более 1% во избежание получения завышенных значений определение удельного веса следует проводить в нейтральных жидкостях (керосине, толуоле и др.).

23. При определении механического состава следует производить параллельно дисперсный и микроагрегатный анализы. С целью выявления предельной дисперсности глин подготовку образцов к гранулометрическому анализу необходимо проводить с добавлением 35—50 мл 5%-ного раствора пирофосфата натрия на 1 л суспензии (а не 20—25 мл, как рекомендуется в методических руководствах). Микроагрегативный анализ рекомендуется выполнять по методу Н. А. Качинского (1958). В таблицах необходимо указывать способ подготовки грунтов к анализу.

24. При определении сопротивления сдвигу необходимо учитывать, что вследствие скрыто-и явнослоистой текстуры сарматских глин проведение опытов на предварительно разрезанных образцах с увлажненной поверхностью среза ближе моделирует природные процессы.

25. Для определения изменения прочности сарматских глин после набухания рекомендуется конический пластометр П. А. Ребиндера, который дает возможность быстро и легко учитывать относительное изменение прочности породы под воздействием различных факторов. Расчет пластической прочности  $P_m$  производится по формуле  $P_m = \frac{F}{h^2}$ , рекомендуемой И. М. Горьковой (1966) для горных пород при использовании конуса с углом  $30^\circ$ . В этой формуле  $h$  — предельное погружение конуса (в сантиметрах), вызываемое данной нагрузкой  $F$  (в килограммах).

26. Поскольку сарматские глины легко выветриваются, расслаиваясь при этом на тонкие отдельности в зоне выветривания и на склонах, необходимо в дальнейшем сосредоточить внимание на разработке методики исследования этих и подобных им глин в полевых и лабораторных условиях.

- Абелев Ю. М., Сажин В. С., Буров Э. С., Чунихин В. Г. Свайные фундаменты для легких зданий и сооружений на набухающих грунтах.— Промышленное строительство, 1966, № 10.
- Абих Г. В.— Введение в геологию Керченского и Таманского полуостровов.— Мет. Acad. sci., ser. 7, 1865, № 4.
- Андрусов Н. И. Замечания о миоцене прикаспийских стран.— Изв. Геол. ком., 1899, 18, № 7.
- Андрусов Н. И. Южнорусские неогеновые отложения, ч. II, III (Сарматский ярус).— В кн. «Академик Н. И. Андрусов. Избранные труды», т. 1. Изд-во АН СССР, 1961.
- Архангельский А. Д. Условия образования нефти на Северном Кавказе. М.— Л. Научн. изд. бюро Совета нефт. пром., 1927.
- Балаев Л. Г., Царев П. В. Лесовые породы Центрального и Восточного Предкавказья. Изд-во «Наука», 1964.
- Беляева Н. И. Быстрый метод одновременного определения емкости поглощения и состава поглощенных катионов в солонцовых почвах.— Почвоведение. Изд-во «Наука», 1967, № 10.
- Буриштар М. С. Геология и нефтегазоносность платформенных областей Предкавказья и Крыма. Л., Гостоптехиздат, 1960.
- Буриштар М. С., Бизнигаев А. Д., Гасангусейнов Г. Г. и др. Геология нефтяных и газовых месторождений Северного Кавказа. Изд-во «Недра», 1966.
- Васильев А. М. Основы современной методики и техники лабораторных определений физических свойств грунтов. М., Машстройиздат, 1949.
- Вассоевич Н. Б. Образование нефти в терригенных отложениях (на примере чокракско-караганских слоев Терского передового прогиба).— Труды Всес. нефт. н.-и. геол.- разв. ин-та (ВНИГРИ), вып. 128. Л., 1958.
- Верещагин Н. К. Млекопитающие Кавказа (История формирования фауны). М.—Л., Изд-во АН СССР, 1959.
- Геология СССР. Северный Кавказ, . 9. Изд-во «Недра», 1968.
- Горькова И. М. Деформационные особенности осадочных пород различной степени литификации как основа прогноза инженерно-геологических процессов.— В кн. «Природные физико-геологические и инженерно-геологические процессы и явления». Изд-во АН СССР, 1963.
- Горькова И. М. Структурные и деформационные особенности осадочных пород различной степени уплотнения и литификации. Изд-во «Наука», 1965.
- Горькова И. М. Теоретические основы оценки осадочных пород в инженерно-геологических целях. Изд-во «Наука», 1966.
- Горькова И. М. Принципы комплексной оценки и инженерно-геологическая классификация глинистых и лессовых пород.— Труды ПНИИИС, 1971, 12.
- Грим. Р. Э. Минералогия и практическое использование глин. (Пер. с англ. В. И. Филько и С. С. Чекина). Изд-во «Мир», 1967.
- Гроссгейм В. А. История терригенных минералов в мезозое и кайнозое Северного Кавказа и Предкавказья.— Труды Всес. нефт. н.-и. геол.- разв. ин-та (ВНИГРИ), вып. 180. Л., 1961.
- Дубинский А. Я. Основные этапы тектонического развития южного обрамления Русской платформы в палеозое.— Сов. геология, 1962, № 6.
- Думанский А. В. Теплоты смачивания и гидрофильность дисперсных систем.— Коллоидный ж., 1950, 12, № 5.

- Жижченко Б. П.* Материалы к разработке унифицированной схемы деления кайнозойских отложений юга Европейской части СССР и Северного Кавказа.— В кн. «Вопросы геологии и геохимии нефти и газа». М — Л., Гостоптехиздат, 1953.
- Жижченко Б. П.* Принципы стратиграфии и унифицированная схема деления кайнозойских отложений Северного Кавказа и смежных областей. Гостоптехиздат, 1958.
- Казанский М. Ф., Верезамская А. Л.* Исследование кинетики сжатия коллоидных капиллярно-пористых тел при сушке.— Инж.- физ. ж., 1961, № 10.
- Качинский Н. А.* Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. Изд-во АН СССР, 1958.
- [*Климченко А. И.*] Влияние минералогического состава пород и их физико-химических свойств на активность оползневых процессов.— В кн. «Методы изучения инженерно-геологических свойств глинистых пород Предкавказья в связи с оценкой оползневых и просадочных процессов». Изд-во «Наука», 1967.
- Колесников В. П.* Верхний миоцен.— В кн. «Стратиграфия СССР», т. 12. М — Л., Изд-во АН СССР, 1940.
- Котельников Д. Д.* Характеристика и условия накопления глинистых минералов в отложениях майкопской серии Предкавказья.— Изв. АН СССР, серия геол., 1963, № 9.
- Краснов И. И., Хаин В. Е.* Четвертичный период.— В кн. «История геологического развития Русской платформы и ее обрамления». Изд-во «Недра», 1964.
- Лебедев А. Ф.* Почвенные и грунтовые воды, изд. 4-е. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1936.
- Логвиненко Н. В.* Постдиагенетическое изменения осадочных пород. Л., изд-во «Наука», 1968.
- Лютин Л. В.* Стабилизация минеральных суспензий. М.—Л., Госгеолиздат, 1947.
- Макеев Э. А.* Инженерно-геологическая характеристика майкопских глин. Изд-во АН СССР, 1963.
- Маслов Н. Н.* Основы механики грунтов и инженерной геологии. Автотрансиздат, 1961.
- Масляев Г. А.* Неотектоника Предкавказья.— Докл. АН СССР, 1960, 135, № 5.
- Мельников П. Ф.* Исследования по разработке метода подготовки засоленных и карбонатных грунтов к гранулометрическому анализу.— В кн. «Ученые записки МГУ», 1956, вып. 177, кн. 4.
- Мельников П. Ф.* Современное состояние и значение гранулометрического анализа грунтов.— В кн. «Вопросы инженерной геологии и грунтоведения». Изд-во МГУ, 1963.
- Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород, т. I, II. Изд-во МГУ, 1968.
- Милановский Е. Е., Хаин В. Е.*, Геологическое строение Кавказа. Изд-во МГУ, 1963.
- Милановский Е. Е.* Новейшая тектоника Кавказа. Изд-во «Недра», 1968.
- Мирчинк М. Ф., Крылов Н. А., Летавин А. И., Маловицкий Я. П.* Тектоника Предкавказья. Гостоптехиздат, 1963.
- [*Моношко А. М.*] Физическое состояние и деформационные свойства глинистых пород оползневых склонов.— В кн. «Методы изучения инженерно-геологических свойств глинистых пород Предкавказья в связи с оценкой оползневых и просадочных процессов», Изд-во «Наука», 1967.
- Моношко А. М.* О литолого-петрографической характеристике сарматских глин Центрального Предкавказья.— Докл. АН СССР, 1970, 191, № 6.
- Моношко А. М.* О деформационном поведении сарматских глин.— Труды ПНИИИС, 1971, 12.
- Моношко А. М.* Особенности набухания сарматских глин Центрального Предкавказья.— В сб. «Строительство на набухающих грунтах» (Тезисы докл. II Всес. сов. Ростов-на-Дону, октябрь 1972). М., 1972.
- Муратов М. В.* Тектоническая структура и история равнинных областей, отделяющих Русскую платформу от горных сооружений Крыма и Кавказа.— Сов. геология, 1955, сб. 48.

- Никитин П. Н. О сейсмичности Северного Кавказа.— В сб. «Проблемы инженерной геологии Северного Кавказа (Материалы к научно-технической конференции 14—16 мая 1968 г.)». Ставрополь, 1968.
- Овчаренко Ф. Д. Гидрофильность глин и глинистых минералов. Киев, Изд-во АН УкрССР, 1961.
- Охотин В. В. Гранулометрическая классификация грунтов на основе их физических и механических свойств. Ленгострансиздат, 1933.
- Паффенгольц К. Н. Геологическая карта Кавказа. ВСЕГЕИ, 1956.
- Паффенгольц К. Н. Геологический очерк Кавказа. Ереван, Изд-во АН АрмССР, 1959.
- [Погорельский Н. С., Котов В. С., Дейнега Г. И.] Водоносные комплексы отложенных сарматского яруса.— В кн. «Гидрогеология СССР. Северный Кавказ», т. 9, Изд-во «Недра», 1968.
- Попов И. В. Инженерная геология СССР, ч. II. Изд-во МГУ, 1965.
- Приклонский В. А. Грунтоведение, ч. I, изд. 3-е. Госгеолтехиздат, 1955.
- Прокопов К. А. Очерк геологических образований Удельной степи Ставропольской губернии.— Записки горного ин-та, 1910, 3, вып. 1.
- Прошляков В. К., Гальянова Т. И. О корреляционном значении кокколлитов в мезо-кайнозойских отложениях Прикаспийской впадины и Северного Предкавказья.— Изв. ВУЗов, серия «Нефть и газ», М., 1967, № 8.
- Рельтов Б. Ф., Новицкая Н. А. Осмотические явления в связанных грунтах при неравномерном их засолении.— Изв. Всес. н.-и. ин-та гидротехники им. Б. Е. Веденеева, 1954, 51.
- [Ренгартен В. П.] История геологического развития.— В кн. «Геология СССР. Северный Кавказ», т. 9. М — Л., 1947.
- Савельев В. И. Некоторые особенности и свойства морских илов.— Вестн. ЛГУ, серия биол. геогр. и геол., 1953, № 4.
- Сафронов И. Н. Неотектонические движения Северного Кавказа и их роль в формировании рельефа этой области.— В кн. «Материалы по региональной технике СССР». Изд-во «Недра», 1964.
- [Сафронов И. Н.] Геоморфология.— В кн. «Геология СССР. Северный Кавказ», т. 9. Изд-во «Недра», 1968.
- Сафронов И. Н. Геоморфология Северного Кавказа. Ростов-на-Дону, изд-во Ростовск. ун-та, 1969.
- [Сафронов И. Н., Паффенгольц К. Н.] Геоморфологическое районирование и вопросы геоморфологии Кавказа.— В кн. «Геологический очерк Кавказа». Ереван, Изд-во АН АрмССР, 1959.
- Сергеев Е. М., Голодковская Г. А., Зиангиров Р. С. и др. Грунтоведение, изд. 3-е. Изд-во МГУ, 1971.
- Сократов Б. Г. Тектоника и перспективы нефтегазоносности южной части Центрального Предкавказья. Л., Гостоптехиздат, 1960.
- Сорочан Е. А. Свойства набухающих грунтов и методы строительства на них.— В сб. «Строительство на набухающих грунтах» (Материалы совещания). М., 1968.
- Страхов Н. М. Основы теории литогенеза, т. 1—2. Изд-во АН СССР, 1960.
- Сухарев Г. М., Мирошников М. В. Подземные воды нефтяных и газовых месторождений Кавказа. Гостоптехиздат, 1963.
- Темникова Н. С. Климат Северного Кавказа и прилежащих степей. Л., Гидромеиздат, 1959.
- Ткаченко-Тульчинская Г. А. Глины неогена юго-западной части Украины в качестве сырья для производства легких заполнителей.— В сб. «Строительные материалы, детали и изделия», вып. 8. Киев, 1967.
- Ткаченко-Тульчинская Г. А., Островская А. Б., Шаркина Э. В. Минералогия и гидрофильность неогеновых глин Западного Причерноморья.— В сб. «Физико-химическая механика и лиофильность дисперсных систем» (Укр. хим. ж., спец. вып.). Киев, «Наукова думка», 1968.
- Тугуши И. Н., Дабахшвили Н. А. К изучению состава поровых растворов сарматских отложений Джавского месторождения минеральной воды.—

- Труды Лаб. гидрогеол. и инж.- геол. проблем (Грузинский политехн. ин-т им. В. И. Ленина), 1967, № 3.
- [Царев П. В., Клименко А. И.] Инженерно-геологические условия.— В кн. «Гидрогеология СССР. Северный Кавказ», т. 9. Изд-во «Недра», 1968.
- Чаповский Е. Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов, изд. 3-е. Изд-во «Недра», 1966.
- Чарноцкий С. И. Отчет об осмотре части намеченной к постройке линии ж.д. Армавир — Ставрополь — Петровское.— Изв. Геол. ком., 1912, № 10.
- Чепик В. Ф., Воскресенский А. Н., Чулкова Н. С. Определение давления набухания в глинистых грунтах с помощью жесткого динамометра.— Инженерные изыскания для строительства, серия 5. Информ. вып. № 1. М. Изд-во ПНИИИС, 1967.
- Шагоянц С. А. Подземные воды центральной и восточной частей Северного Кавказа и условия их формирования. Гесгеолтехиздат, 1959.
- Шуменко С. И. Кокколиты, их геологическое значение и изученность.— Сов. геология, 1969, № 6.
- Щитов А. С. Климатическое районирование Ставропольской возвышенности.— Труды Ставроп. гос. пед. ин-та, 1960, вып. 18.
- Якушова А. Ф. Неотектоника Восточного и Центрального Предкавказья.— Сов. геология, 1960, № 8.
- Stetson C., Track P. The sediments of the Western Gulf of Mexico. Paper of physical oceanogr. and meteorol., 1953, 12.
- Weaver Ch. E. The effects and geologic significance of potassium «fixation» by expandable clay minerals derived from muscovite, biotite, chlorite and volcanic material.— Amer. Min., 1958, 43, N 9/10.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	5
Глава I. Краткий обзор изученности сарматских отложений Центрального Предкавказья . . . . .	6
Глава II. Общая физико-географическая характеристика территории	11
Глава III. Геологические условия . . . . .	14
Стратиграфия . . . . .	14
Сарматский ярус . . . . .	16
Тектоника . . . . .	19
Геоморфология . . . . .	21
Гидрогеология . . . . .	23
Глава IV. Условия осадконакопления и формирования . . . . .	26
Глава V. Литологическая характеристика . . . . .	29
Макроскопическая характеристика . . . . .	29
Микроскопическая характеристика . . . . .	30
Гранулометрический состав . . . . .	31
Минеральный состав глинистых частиц . . . . .	45
Глава VI. Химические особенности . . . . .	53
Состав и содержание воднорастворимых минералов, карбо- натных солей и органических веществ . . . . .	53
Емкость поглощения и состав поглощенных катионов . . . . .	68
Глава VII. Физико-механические свойства . . . . .	73
Физическое состояние . . . . .	73
Связанная вода в глинах . . . . .	97
Набухание, усадка, размокание . . . . .	99
Механические свойства . . . . .	108
Реологические свойства глин с нарушенной структурой . . . . .	110
Глава VIII. Природные геологические процессы, связанные с сарматскими глинами . . . . .	118
Глава IX. Выводы и рекомендации . . . . .	126
Литература . . . . .	132

Александр Мечиславович Моношко

### Инженерно-геологическая оценка сарматских глин

*Утверждено к печати Производственным и научно-исследовательским институтом  
по инженерным изысканиям в строительстве*

Редактор издательства Ю. Г. Гордина,  
Художник Э. Л. Эрман.

Художественный редактор С. А. Литвак  
Технический редактор Ф. М. Хенох

Сдано в набор 25/VIII 1973 г. Подписано к печати 23/XI 1973 г. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага типогр. № 2. Усл. печ. л. 8,87. Уч.-изд. л. 8,9. Тираж 750 экз.  
Т-09881. Тип. зак. 2902. Цена 84 коп.

Издательство «Наука». 103717 ГСП, Москва, К-62, Подосенский пер., 21  
2-я типография издательства «Наука», 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

84 н.

874