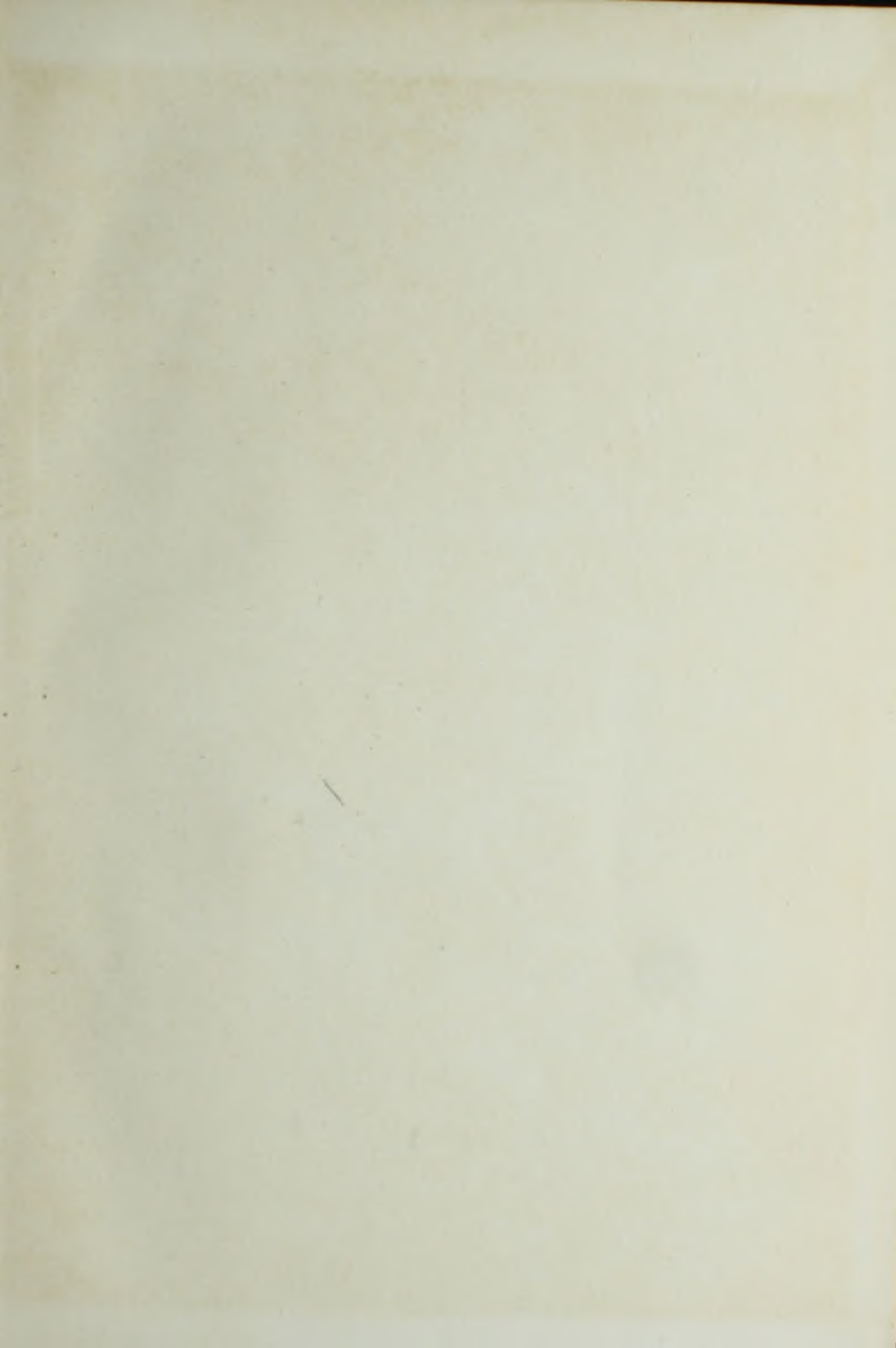


Н. К. ПАФФЕНГОЛЬЦ

РЕГИОНАЛЬНАЯ
ИНЖЕНЕРНО-
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД
ОСАДОЧНОЙ (НАДРУДНОЙ)
ТОПЩИ КМА





ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԽՈՐՀԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ
ԿՈՄԻՏԵ

ԿՈՄԻՏԵ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԽՈՐՀԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ
ԿՈՄԻՏԵ



ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԽՈՐՀԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ
ԿՈՄԻՏԵ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ

ԵՐԿՐԱՐԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՔՆՍԻՏՈՒՏ

Ն. Կ. ՊԱՅՑԵՆՀՈԼՑ

ԿՐԱ-Ի ՆՍՏՎԱԺՐԱՅԻՆ (ՎԵՐՀԱՆՐԱՅԻՆ) ՀԱՍՏՎԱԺՐԻ
ԱՊԱՐՆԵՐԻ ՌԵԳԻՈՆԱԼ ԻՆԺԵՆԵՐԱ-ԵՐԿՐԱՐԱՆԱԿԱՆ
ԲՆՈՒԹԱԳՐՈՒՄԸ



ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԱ ՀՐԱՏԱՐԱԿԶՈՒԹՅՈՒՆ

ԵՐԵՎԱՆ

1974

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Н. К. ПАФФЕНГОЛЬЦ

РЕГИОНАЛЬНАЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД ОСАДОЧНОЙ
(НАДРУДНОЙ) ТОЛЩИ КМА

Д 11
348624



ИЗДАТЕЛЬСТВО АН АРМЯНСКОЙ ССР
ЕРЕВАН

1974

ОТ РЕДАКТОРА

Трагическая смерть 30 января 1974 года вырвала из наших рядов талантливого исследователя, широко эрудированного ученого и человека, старшего научного сотрудника ВСЕГЕИ – Николая Константиновича Паффенгольца.

В 1948 г. после окончания Ленинградского института же – лезнодорожного транспорта по строительной специальности Н.К.Паффенголец два года работает инженером в проектной конторе Рязано–Уральской железной дороги в Саратове. В 1950 г. он поступает в аспирантуру Института геологических наук АН Армянской ССР по специальности "изыскание железнодорожных путей в горных странах".

Однако большая тяга к геологической науке заставляет его оставить аспирантуру и продолжить учебу по геологии. В 1951 г. он поступает в Ленинградский горный институт по специальности "гидрогеология и инженерная геология", который с отличием кончает в 1954 г. с рекомендацией в аспирантуру.

В 1955 – 1959 г.г. он проходит аспирантуру у же по специальности "инженерная геология и гидрогеология" в Лаборатории гидрогеологических проблем АН СССР в Москве. В результа –

те многолетних и детальных работ им была подготовлена капитальная монография объемом в 36 п.л. и опубликовано по теме диссертации шесть статей (1960-1964), касающихся наиболее актуальных вопросов, интересных для проектных организаций КМА.

Однако ученого больше интересовали глубокие и извилистые дебри науки, новые поиски и находки в геологии, чем занятия формальным оформлением (сокращением) и защитой диссертации.

Настоящий труд является обобщением его многолетних исследований, законченных им незадолго до трагической кончины.

Труд этот, основанный на большом, лично собранном фактическом материале, хорошо систематизированном и скурпулезно обработанном, имеет большой научный интерес и окажет существенную услугу в решении некоторых практических проблем в КМА.

“Рудные богатства КМА таковы, что здесь можно иметь неисчерпаемый источник сырья для производства черного металла – этой основы основ современной культуры человечества....

При строительстве шахты, как, впрочем, и карьера, приходится вести борьбу с притоками воды, так как породы водоносны....

Вовлечение богатств КМА в промышленную жизнь ставит много больших и сложных задач и перед наукой. Выявленные к настоящему времени запасы богатых руд столь огромны, что основной целью геологоразведочных работ должно быть не столько дальнейшее увеличение цифр разведанных запасов, сколько детальное изучение геологического и гидрогеологического строения тех шахтных полей, для которых должны в ближайшие годы составляться проекты разработки”.

Акад. Л.Д.ШЕВЯКОВ, Г.И.МАНЬКОВСКИЙ



Общий вид Курской магнитной аномалии

ПРЕДИСЛОВИЕ

Работа написана на основе полевых исследований, проведенных автором в период с 1955 по 1957 год в качестве начальника отряда Курской инженерно-геологической экспедиции Лаборатории гидрогеологических проблем АН СССР, осуществлявшей прогноз устойчивости откосов будущих карьеров месторождений КМА.

Материалами для выполнения темы послужили изучение фондовых и опубликованных работ, касающихся района КМА, знакомство с фактическим материалом организаций, работавших на месторождениях и разведываемых участках, изучение пород осадочной (надрудной) толщи КМА в шахте им. Губкина Коробковского месторождения и при осмотре керна непосредственно при извлечении его из буровых скважин (Лебединское, Михайловское, Коробковское, Яковлевское и другие месторождения), также знакомство с породами и с происходящими в них процессами на местах выхода их на поверхность земли, личное изучение физико-механических свойств пород комплексное их петрографическое изучение (микроскопическое изучение пород в шлифах, иммерсия, исследование глинистых минералов с помощью красителей, определение карбонатности глинисто-известняковых доломитовых пород кальциметрическим методом и т.д.) и материалы других исследований.

Часть работы в 1955 и 1957 гг. вошла в предварительный отчет лаборатории, а также в подготовленную к печати монографию "Инженерно-геологические и гидрогеологические условия Курской магнитной аномалии", которые переданы заинтересованным организациям (комбинат КМАРУДА, институты

ЮЖГИПРОРУДА, Фундаментпроект и другие) и используются ими. Пять специальных статей были опубликованы в период 1961–1964 гг.

Во время работы автор пользовался советами и консультациями научного руководителя – проф. И.В.Попова, доц. Ф.В.Котлова и кандидата геолого-минералогических наук В.Н.Славянова, которым выражает свою искреннюю благодарность.

Автор выражает также свою глубокую признательность главному геологу Льговской железорудной экспедиции Министерства геологии и охраны недр И.П.Калинину, старшему гидрогеологу той же экспедиции Ф.В.Кулибабе, а также главному инженеру экспедиции института Фундаментпроект В.Я.Гуну за предоставленную ему возможность использовать геологическую, гидрогеологическую и инженерно-геологическую документацию и керновый материал.

В В Е Д Е Н И Е

1. ИССЛЕДОВАНИЯ НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ БЫСТРОГО ОСВОЕНИЯ ИСКОПАЕМЫХ БОГАТСТВ КМА; ПЛАН ПОСТРОЕНИЯ РАБОТЫ

Курская магнитная аномалия – кладовая несметных богатств, крупнейший в Советском Союзе железорудный район, способный обеспечить высококачественной рудой мощную металлургическую промышленность на сотни лет.

Однако быстрому освоению ископаемых богатств КМА препятствуют сложные гидрогеологические и инженерно-геологические условия железорудных месторождений.

В связи с развертыванием работ по открытому способу добычи руды на Лебединском и Михайловском месторождениях, а также с намечающимся первоочередным сооружением двух групп шахт в районе Яковлевского месторождения возникла необходимость серьезного инженерно-геологического изучения пород осадочной (надрудной) толщи КМА, которая до последнего времени оставалась почти совсем неизученной в инженерно-геологическом отношении.

Настоящая работа посвящена систематическому описанию всех генетических типов и стратиграфических комплексов горных пород осадочной (надрудной) толщи КМА с инженерно-геологической точки зрения.

Инженерно-геологическая характеристика железистых кварцитов и богатых железных руд представляет самостоятельную задачу и поэтому автором не рассматривается.

Работа состоит из двух частей: первая часть посвящена описанию физико-географических условий, геоморфологии, геологического строения, общей гидрогеологической характерис-

тики, а также истории инженерно-геологического и гидрогеологического изучения района КМА /главы 1-У/.

Во второй части (специальной; главы У1-УШ) излагается подробная литолого-петрографическая и фациальная характеристика осадочной (надрудной) толщи территории КМА. Здесь дается схема естественной инженерно-геологической классификации пород (расчленение осадочной толщи на формации, геолого-генетические комплексы и петрографические типы), а также общая литолого-фациальная схема строения надрудной толщи (комплексы), законы географического распространения и зональности отдельных литолого-стратиграфических комплексов геологического разреза надрудной толщи КМА, некоторые специальные вопросы палеогеографического анализа при инженерно-геологическом изучении пород КМА, а также изучается роль региональных факторов в формировании прочности различных генетических типов пород (особенности в условиях формирования отдельных комплексов пород, отразившихся на деталях строения).

Приводится инженерно-геологическая характеристика и оценка всех генетических типов и стратиграфических комплексов осадочных пород на территории КМА и в первую очередь для районов открытых разработок месторождений. Здесь выделяются инженерно-геологические виды пород осадочной (надрудной) толщи КМА, выясняется роль выделенных видов пород в условиях разработки КМА и связанных с ними инженерно-геологических явлений, значение учения о формациях в инженерной геологии, задачи дальнейшего инженерно-геологического изучения пород КМА и др.

2. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ИСТОРИЯ ГИДРО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ КМА

История гидрогеологического и инженерно-геологического изучения КМА разделяется на два этапа.

Первый из них охватывает период со второй половины XIX века до 1931 года, когда на площади распространения КМА для водоснабжения производилось бурение скважин, главным образом на мергельно-меловой и сеноман-альбский водоносные горизонты. Вопросы водоснабжения требовали производства гидрогеологического изучения территории и описания буровых

скважин и колодцев. К этому времени также относятся буровые работы в конце прошлого и начале нашего века на территории винных складов. Результаты этих работ обобщены в каталогах, составленных И.Ф. Синцовым "О буровых и копаных колодцах казенных винных складов".

Большие работы, проводившиеся в 1919–1926 гг. Особой комиссией по изучению КМА (ОККМА), вопросов гидрогеологии не касались.

В результате первого этапа гидрогеологического изучения КМА остались совершенно неясными вопросы обводненности докембрийских кристаллических пород и железных руд. Достаточно сказать, что к началу освоения железорудных месторождений в 1931 г. еще был неясным вопрос о наличии или отсутствии воды в руднокристаллической толще.

Второй этап изучения гидрогеологических и инженерно-геологических условий территории КМА начался в 1931 году и продолжается до настоящего времени.

Большое значение для понимания региональных закономерностей распространения подземных вод на территории КМА имеют работы К.И. Макова (1944) и Н.А. Плотникова, посвященные изучению гидрогеологии Днепровско-Донецкой впадины и Курской области.

В 1947–1948 гг. группой геологов, возглавляемой Б.П. Епифановым, был составлен генеральный проект геолого-разведочных работ по железным рудам КМА (1948). В этой работе дается сводка всех исследований, проведенных на КМА, в том числе в области гидрогеологии. Здесь впервые была разработана схема гидрогеологического районирования территории КМА по литологическому составу пород, залегающих на докембрийской толще.

В дальнейшем ценные схемы по районированию территории КМА с различными целями дали Ф.В. Кулибаба (1951), И.Н. Павлов (1951), Ю.В. Мухин (1952).

Систематическое инженерно-геологическое изучение территории КМА стало производиться лишь после Великой Отечественной войны. До этого времени инженерно-геологических работ было проведено очень мало.

Необходимо отметить ценные исследования Треста КМА (Н.Д. Краснопевцев, 1935 и др.), Института ВСЕГИНГЕО и других организаций (см. П.Т. Савицкий, 1940 и др.; А.Я. Трибунская,

1940; Б.С.Александров и др., 1940; Ф.П.Опарин и Н.Г.Землянский, 1940).

Почти все инженерно-геологические работы по району КМА этого периода имеют местное значение и посвящены отдельным вопросам проектирования и строительства на месторождениях и на участках строительства. Использование материалов этих исследований для региональных обобщений далеко не всегда возможно ввиду случайного характера большинства свойств пород.

Прерванные Великой Отечественной войной гидрогеологические и инженерно-геологические работы возобновляются в 1946 году.

Исследования производились Институтом ЮЖГИПРОРУДА (1950 г.), Институтом ВСЕГИНГЕО (И.Н.Павлов, 1951, 1955, 1956, 1956; И.Н.Павлов и др., 1950, 1959), Экспедицией Института Фундаментпроект (в 1951-1953 гг., 1954-1957 гг.; Л.Я.Левит, В.Я.Гун и др.), Институтом водоканалпроект (в 1953-1954 гг.).

Гидрогеологические и инженерно-геологические работы на Михайловском железорудном месторождении начали разворачиваться лишь с 1950 года, значительно позже чем на Лебединском месторождении. Но велись они одной организацией - Льговской железорудной экспедицией - и изучались более систематически. Результаты гидрогеологических исследований и определений физико-механических свойств пород приведены ст. гидрогеологом экспедиции Ф.В.Кулибабой в соответствующих томах сводного отчета экспедиции за период 1951-1956 гг.

В 1954 г. в гидрогеологическое и инженерно-геологическое изучение территории КМА включается Лаборатория гидрогеологических проблем им. Ф.П.Саваренского Академии наук СССР. Коллективом Курской экспедиции этой Лаборатории за период 1954-1956 гг. были проведены инженерно-геологические исследования с целью прогноза поведения откосов Лебединского и Михайловского месторождений при их разработке открытым способом. Результаты работ сведены в хорошо иллюстрированной монографии по инженерно-геологическим и гидрогеологическим условиям КМА в 1957 году. Результаты работ института ВСЕГИНГЕО были полностью сведены в январе 1958 года в сводном отчете (авторы И.Н.Павлов, С.П.Прохоров, Г.Г.Скворцов, Ф.И. Лосев) - "Гидрогеологические условия железорудных месторождений Курской магнитной аномалии (КМА)".

В связи с разведками в районе к северу от Белгорода новых крупных месторождений богатых железных руд возникла задача гидрогеологического и инженерно-геологического изучения этого района, в пределах которого мощные рудные залежи находятся на больших глубинах и перекрыты толщей сильно обводненных пород. Это изучение здесь начато лишь с 1955 года и продолжается до настоящего времени Белгородской экспедицией ГУЦР. От успешного завершения указанных исследований зависит решение вопроса о способах разработки железных руд на этих весьма перспективных месторождениях. Результаты гидрогеологических исследований и определений физико-механических свойств пород приведены ст. гидрогеологом экспедиции А.А.Сааром в сводном отчете экспедиции в 1957 году.

Результаты всех вышеуказанных исследований различных организаций детально разобраны в основной (ныне фондовой) работе автора (Н.К.Паффенгольц, 1960).

Отсутствие литолого-петрографической и региональной инженерно-геологической характеристики пород КМА определяет объем и содержание нашей работы.

3. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК РАЙОНА КМА

Район Курской магнитной аномалии расположен в основной своей части в пределах Курской и Белгородской областей РСФСР, общей площадью 50,8 тыс.км². На этой обширной территории можно выделить три основных района, являющихся наиболее перспективными с точки зрения разработки железорудных месторождений в ближайшее время (рис. 1):

1. Северо-западный, или Михайловский район Курской области;

2. Юго-западный, или Белгородский район (железорудные месторождения находятся к северу от г.Белгорода);

3. Восточный, или Старооскольский район.

На территории Старооскольского района расположены Коробковское, Лебединское и Стойленское месторождения, Осколецкий, Сретенский, Салтыковский и Лукьяновский участки, образующие Старооскольскую группу месторождений. Площадь Старооскольской группы месторождений выходит за пределы Старооскольского административного района.

Территория Курской магнитной аномалии занимает южную

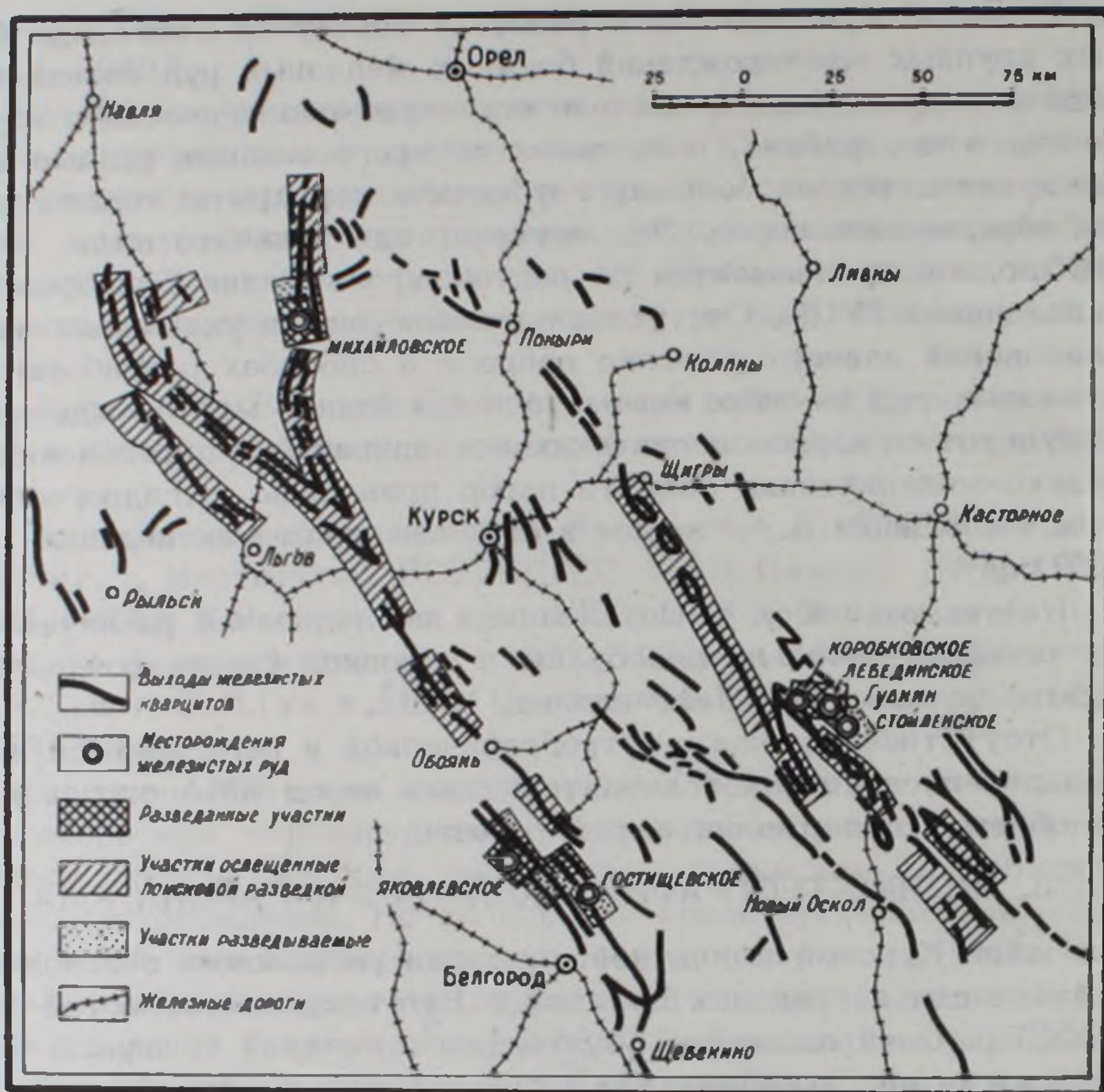


Рис. 1. Схема распространения Курской магнитной аномалии.

часть Средне-Русской возвышенности, водораздел рек Днепра и Дона, и представляет собой невысокую всхолмленную равнину, расчлененную речными долинами, балками и оврагами. Длина расчленения 0,6–1,2 км на 1 км². Абсолютные высоты возвышенности колеблются от 150 до 310 м, но преобладают участки с абсолютными высотами от 150 до 250 м.

Разнообразие типов рельефа обусловлено характером поверхности коренных пород, их литологическими свойствами, абсолютной высотой и относительными превышениями. Средняя абсолютная высота водораздела Средне-Русской возвышенности имеет отметки 260–280 м, а урез крупных рек – 65–100 м; от-

куда относительные превышения составляют 180–200 м, что и обуславливает интенсивную эрозию. Наиболее повышенные районы Средне-Русской возвышенности, представляющие плато, приподнятое в средней меридиональной полосе, сложены породами девона, сменяющимися к северу отложениями карбона, а к югу – меловыми и третичными осадками. С поверхности коренные породы возвышенности прикрыты плащом рыхлых лессовидных пород, легко размываемых. Мощность их по западной, восточной и южной окраинам возвышенностей значительная, а на севере – сравнительно небольшая.

Наиболее расчленены северный и северо-восточный склоны возвышенности (бассейны Оки и верховья Дона); контрасты рельефа подчеркиваются здесь узостью долин (в известняках и песчаниках) и значительным колебанием высот на водораздельных пространствах.

Мощность покрова делювиальных суглинков к югу увеличивается; густая сеть ветвящихся оврагов и балок глубоко врежется в толщу рыхлых пород и во время весеннего паводка размывает их, удлиняя ежегодно овраги на десятки метров.

Южный склон возвышенности длинный и пологий. Древовидная речная сеть сравнительно слабо разветвлена, что особенно характерно для системы Оскола, как бы сжатой реками системы Дона и Днепра. Чем далее к югу (к широтному течению Северного Донца), тем больше появляется меридиональных притоков Донца, текущих параллельно в широких асимметричных долинах.

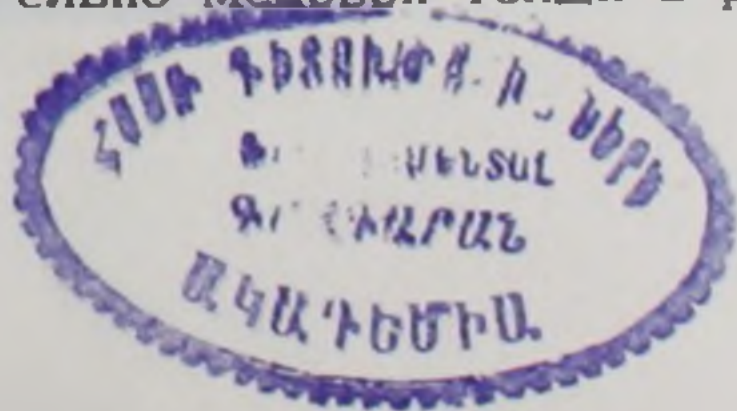
На описываемой территории берут начало много рек, наиболее значительными из которых являются Сев. Донец, Оскол, Сейм, Псел, Ворскла.

Речная сеть отличается большой густотой. Все реки здесь отличаются небольшими размерами, медленным течением и морфологической молодостью.

Основной водной артерией Михайловского района служит река Свапа с притоком Чернь, которая в свою очередь имеет приток р. Речицу. Средний модуль подземного стока общей площади бассейна этих рек $\bar{q} = 0,35 \text{ л/сек/км}^2$.

Основной водной артерией Старооскольского района является р. Осколец – правый приток р. Оскол. Осколец протекает в направлении с запада на восток и берет начало из системы родников, выходящих из мергельно-медовой толщи в районе

Р II
348624



д. Цыгановка. Единственным притоком Оскольца, имеющим постоянный водоток, является ручей Теплоколодезянский, берущий начало из источников в с. Теплый Колодезь.

Основным источником питания реки в межень являются многочисленные ключи, выходящие по обе стороны долины реки из мергельно-меловой толщи или втекающие непосредственно в реку ниже ее уреза.

По данным Н.Д.Краснопевцева (1934), расход воды в реке у с.Кандаурово составлял 358 л/сек, а у с.Сретенки - 742 л/сек. На основании замеров, произведенных в 1950г. у с. Салтыково, расход воды равняется 290 л/сек.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КМА

1. Геолого-тектоническое положение района

В геолого-тектоническом отношении территория Курской магнитной аномалии относится к одной из крупных структур Русской платформы – Воронежской антеклизе, занимая ее юго-западное крыло и на переходах антеклизы к Днепровско-Донецкой впадине, и к Московской синеклизе. В геологическом разрезе этой территории выделяется два комплекса пород: докембрийская кристаллическая толща и толща осадочных образований.

По характеру разреза пород, залегающих на кристаллическом фундаменте, Воронежскую антеклизу в пределах территории КМА можно разделить на три крупных структурных элемента:

а) северный склон антеклизы, в пределах которого на кристаллическом фундаменте залегают имеющие большую мощность и широкое развитие отложения девонского периода;

б) центральную часть, где кристаллический фундамент перекрыт юрскими осадками;

в) южный склон антеклизы, в пределах которого на докембрийском фундаменте залегают породы каменноугольного возраста.

Схематические стратиграфические разрезы по всем трем структурным элементам приводятся у А.И.Мушенко (ИГН АН СССР); нами заимствован у него лишь схематический разрез через всю Воронежскую антеклизу по линии Орел – Белгород (рис.2, несколько дополненный).

Весьма сложный погребенный рельеф кровли докембрийских пород влиял на мощность и условия отложения более поздних осадков.

Ниже дается сводное описание геологического разреза района КМА снизу вверх, т.е. в порядке осадконакопления.

2. Докембрий

Комплекс докембрийских пород представляет собой глубоководные морские осадки, процессами глубокого метаморфизма полностью перекристаллизованные и рассланцованные и смятые в серию самых разнообразных по величине складок. Докембрийские породы на территории КМА не имеют выхода на поверхность.

Единственным исходным материалом для суждения о докембрийском фундаменте описываемого региона являлись до 1924 г. краткие предварительные описания выходов кристаллических пород у сс. Русская и Украинская Буйловка в окрестностях гор. Павловка, опубликованные Н. Барбот-де-Марни еще в 1872 г.

Совершенно новый материал для петрографической характеристики докембрийских пород, для суждения об их происхождении и для сопоставления с докембрийскими породами Украины содержится в работах Особой комиссии по изучению Курских магнитных аномалий.

На территории Курской области докембрийские породы не обнажаются и вскрыты скважинами, большинство которых находится в Шигровском и Старо-Оскольском районах, в окрестностях гг. Тима и Нового Оскола, т.е. в том районе, где велась разведка на железные магнетитовые кварциты и гематитосидеритовые руды. Глубина залегания докембрия здесь 66–200 м.

Позже докембрийские породы обнаружены при бурении на воду к юго-востоку от гор. Курска около ж/д ст. Лукашевка. Здесь были встречены граниты и гранито-гнейсы; железорудные породы отсутствуют (Г.С. Буренин, 1915).

Поверхность кристаллических пород докембрия Воронежской и Курской областей по данным бурения в значительной степени неровная, аналогично тому, что наблюдается на территории Украинского кристаллического массива (А.А. Дубянский, 1926, и др.).

Докембрийские породы в районе КМА имеют наименьшую глубину залегания у г. Шигры и Тим и в районе Лебединского и

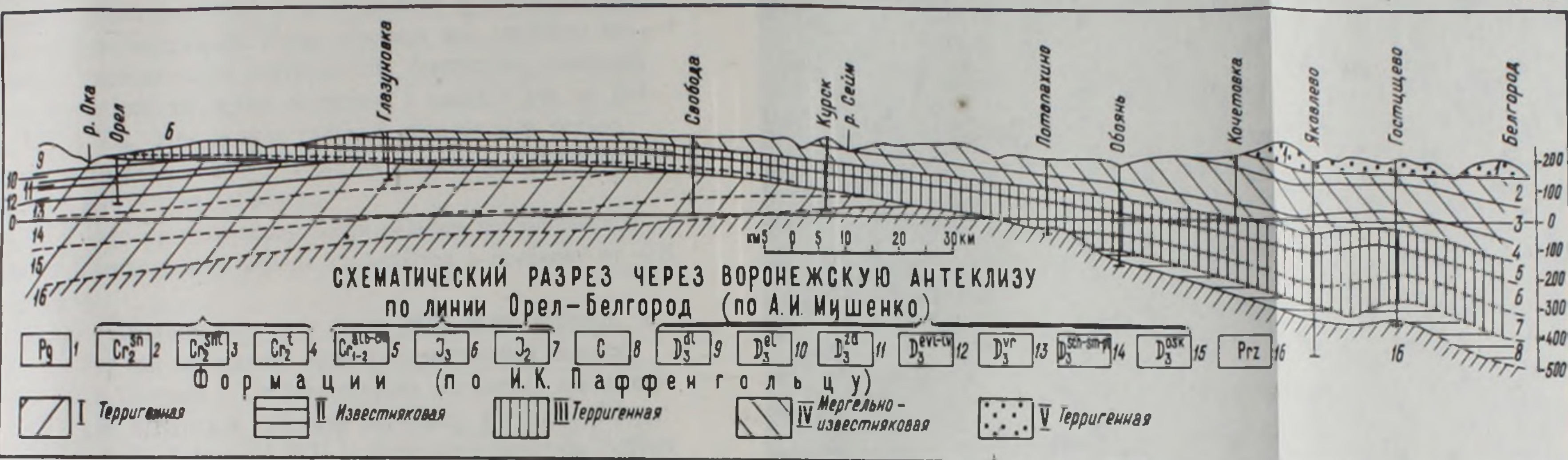


Рис.2. Схематический разрез через Воронежскую антеклизу по линии Орел—Белгород (по А.И.Мущенко)

Михайловского месторождений. В районе сел. Михайловка, на Веретенинской залежи Михайловского месторождения, минимальная глубина залегания докембрийского фундамента равна 25 м. Кровля докембрийских пород неровная под влиянием эрозионной и тектонической деятельности. Амплитуда колебаний кровли докембрийских пород достигает в одних и тех же районах КМА 75 м. Этот весьма сложный погребенный рельеф кровли докембрийских пород влиял на мощность и условия отложения более поздних осадков.

Абсолютные отметки поверхности рельефа докембрийской толщи Старооскольского района изменяются в пределах от -0,5 до +104,4 м.

Курская магнитная аномалия была обнаружена впервые в 1872–1877 гг. при проведении первой геомагнитной съемки России (И.Н. Смирнов). Систематически магнитные аномалии на территории б. Курской губернии изучались в течение 20 лет (проф. МГУ Э.Е. Лейстом (1921)). Этот исследователь собрал огромный материал и высказал совершенно правильное предположение, что данная магнитная аномалия, распространенная на значительной территории, обусловлена присутствием в ней железных руд; он также определил глубину залегания – от 228 до 408 м.

Новые исследования Курской магнитной аномалии в более крупных размерах начались в Советское время; особенно широко развернулись работы в 1920 г., когда при Президиуме ВСНХ была организована Особая комиссия по исследованию Курских магнитных аномалий (ОККМА), возглавлявшаяся И.М. Губкиным и А.Д. Архангельским. Проведенные геофизические и геолого-разведочные работы установили присутствие на значительной площади железорудных кристаллических пород и вмещающих их докембрийских кристаллических пород. С петрографо-петрологической точки зрения эти породы были впервые особенно детально изучены В.И. Лучицким (1926), а щелочные разности их – Н.И. Наковником (1934).

Докембрийские породы, прикрытые мощным осадочным чехлом палеозоя, мезозоя и кайнозоя, были здесь вскрыты многочисленными буровыми скважинами, а в последнее время также и шахтами.

Магнитометрическими исследованиями рудоносность была установлена на протяжении от района к северо-западу от г.

Гима и г. Шигры в направлении на юго-восток от Тима примерно до Нового Оскола и несколько южнее его. В юго-восточной части магнитная полоса к западу от Старого Оскола около с. Коробково раздваивается на две полосы (рис. 1); общее простирание этих полос северо-запад – юго-восток. Эти данные указывают на то, что между Шиграми и Новым Осколом имеется широкая полоса докембрийских пород, залегающих не особенно глубоко от поверхности земли.

Докембрийские породы поддаются (в районе г. Старого Оскола) делению на три более или менее резко различающиеся одна от другой свиты докембрия (В.И. Лучицкий, 1937).

1. Верхний отдел. Биотитовые и биотит-хлоритовые сланцы, соответствующие низам верхнего отдела в Шигровском районе. Кристаллические известняки отсутствуют.

2. Средний отдел (рудный). Железистые кварциты, куммингтонитовые сланцы; частью рибекитовые.

3. Нижний отдел. Серицитовые и серицит-хлоритовые сланцы; биотитовые сланцы, в отдельных прослоях содержащие гранит, дистен, ставролит, амфиболы.

Встреченные здесь щелочные (натровые) роговые обманки являются признаком распространенного здесь натрового метасоматоза, характерного для Криворожского железорудного бассейна, в особенности для северной его части.

Железистые кварциты на всех месторождениях КМА залегают в виде пластов мощностью от 140 до 350 м.

Все три толщи докембрийских метаморфических пород, как уже говорилось, местами прорываются интрузиями, в составе которых, наряду с гранитами и гранодиоритами, встречаются и основные породы (габбро). Широким распространением пользуются также дайки жильных пород различного состава.

Докембрийская толща КМА имеет сложную тектонику и плохо изучена. Протерозойские породы КМА смяты в крутопадающие складки, в отдельных частях которых образуются огромные залежи богатых руд (например, Старооскольский узел магнитных аномалий). Ввиду сильной дислоцированности докембрийских пород они образуют целый ряд антиклинальных и синклинальных складок различной величины. Складки вытянуты с северо-запада на юго-восток, причем часто имеют очень крутое падение крыльев до 90° .

К югу от сс. Коробково и Лебеди было установлено нали –

чие четырех железорудных полос, образующих антиклинали и синклинали.

По Архангельскому и Русиновичу, структура докембрия северо-восточной полосы КМА представляет "Крупную синклинальную складку северо-западного простирания (синклинорий) крылья которой усложнены складками более мелкого порядка. Кроме того, северо-восточную полосу магнитных аномалий Русинович склонен рассматривать так же как северо-восточное крыло крупной антиклинальной складки, вторым юго-западным крылом которой является полоса магнитных аномалий, проходящих через Белгород, Обоянь, Дмитрием Льговский.

Можно предполагать, что в районе Курской магнитной аномалии имеется синклинорий (?), аналогичный тому, какой имеется на территории Криворожья; крылья собраны во вторичные складки, синклинали погружаются в направлении на северо-запад.

По направлению к юго-востоку ось синклинория постепенно подымается, второстепенные складки постепенно замыкаются. Явления надвигов здесь пока не были установлены.

И.А.Русинович и А.А.Прозоровский (1946) в пределах Старооскольского района выделяют ряд крупных складчатых структур (рис. 3). Вследствие интенсивной складчатости, железистые кварциты на некоторых участках образуют крупные массивы, или так называемые узлы. К таким массивам приурочены Коробковское и Лебединское месторождения. Тектоническое строение отдельных железорудных участков характеризуется наличием ряда более мелких складок высших порядков.

Широко распространена также в толще железистых кварцитов микроскладчатость, подробно изученная А.С.Егоровым. Широким распространением в железистых кварцитах пользуются несогласные микросдвиги с величиной смещений до 1–3 см. Вторым типом часто встречающихся дизъюнктивов являются секущие разломы шириной до 10–15 и более метров, выполненные жильными породами, причем значительных смещений пластов железистых кварцитов вдоль таких нарушений не происходило.

Крупный тип тектонических нарушений сбросо-сдвигового характера с амплитудой смещения порядка сотен метров установлен на Коробковском, Лебединском, Осколецком и Стойленском месторождениях.

Наконец, в толщине железистых кварцитов устанавливается



Рис. 3. Схематическая структурно-геологическая карта докембрийских пород Старооскольского узла аномалий (по И.А.Русиновичу и А.А.Прозоровскому). Условные обозначения: 1 – верхний отдел докембрия, кристаллические известняки и сланцы; 2 – средний отдел – сланцы; 4 – нижний отдел – гнейсы; 5 – сбросы.

наличие зон смятия и брекчирования, причем эти зоны имеют иногда значительную протяженность (Салтыковский участок). Межпластовые подвижки и зоны смятия часто приурочены к контактам железистых кварцитов со сланцами.

В породах докембрийского фундамента также широко развита общая трещиноватость, характеристика которой дана в главе по гидрогеологии КМА.

Породы докембрийского фундамента в верхней зоне под воздействием гипергенных процессов подвергались существенным изменениям. В результате окисления свежих железистых кварцитов, сопровождавшегося растворением и выносом кремнезема, произошло образование мартитовых, мартито-магнетитовых и мартито-железослюдяных кварцитов. Поэтому в верхней части коры выветривания железистые кварциты значительно обогащены железом и превращены в богатые железные руды. В сланцах и гнейсах коры выветривания образуются гидроокислы железа, хлорит, гидрослюды, каолинит и другие минералы.

С глубиной степень мартитизации магнетита в железистых кварцитах уменьшается. Благодаря различной глубине эрозионного вреза и неодинаковым условиям выветривания железистых кварцитов мощность зоны мартитизации варьирует в значительных пределах. Так например, мощность зоны мартитизации Старооскольской группы месторождений изменяется от 1–2 до 64 м, имея чаще всего пределы 20–35 м.

Кора выветривания докембрийской толши в районе КМА выявлена двух типов – площадная и линейная. В Старооскольском железорудном районе она относится преимущественно к площадному типу (крайние пределы мощности 1–78 м). В Михайловском и Белогородском железорудных районах преимущественное распространение имеет кора выветривания линейного типа, причем мощность ее значительно больше, чем в Старооскольском районе. Соответственно большую величину имеет и мощность зоны мартитизации железистых кварцитов. Так, на Михайловском месторождении она местами превышает 160–170 м.

Запасы железистых кварцитов в недрах территории КМА огромны.

Богатые железные руды КМА можно подразделить на две генетические группы: гипергенные руды и гипогенные руды.

Среди гипергенных руд можно выделить два генетических типа: а) коренные, или остаточные руды и б) переотложенные, или осадочные руды.

Как уже говорилось, в зоне, близкой к кровле протерозойских пород, разведочными работами (главным образом выработками шахты им. Губкина Коробковского месторождения) устанавливается зона древней коры выветривания, образовавшаяся в послекембрийское время (от конца протерозоя до верхней юры включительно, местами). В этот период и происходит формирование богатых железных руд КМА.

Коренные (остаточные) железные руды залегают на поверхности железистых кварцитов (реже сланцев), представляя собой элювиальные продукты обогащения последних и, следовательно, являются продуктами выветривания этих пород и их вторичного обогащения. Остаточные железные руды установлены на всех месторождениях КМА. Мощность рудных залежей не постоянна и изменяется в широких пределах от 1–2 до 15–20 м, реже встречаются залежи мощностью до

60 м. На Яковлевском месторождении вскрыты рудные тела вертикальной мощностью до 100–200 м. В зоне с. Яковлево руды отдельными языками уходят на глубину до 300 м. Наличие выступов кварцитов в богатой руде и распространение рудных карманов на глубину обуславливает чрезвычайную сложность морфологии рудных залежей.

Переотложенные (осадочные) руды являются продуктом размыва, переноса и отложения коренных руд, с цементацией их сидеритовым, глинистым и лимонитовым цементом. Обычно переотложены самые верхние части рудных залежей и имеют характер элювиально-делювиальных и прибрежных образований. Эти руды встречаются на различных участках месторождений (в основном в пониженной части рельефа докембрийского фундамента), где залегают в виде отдельных слоев и линз в основании осадочной толщи. Так, например, на Яковлевском месторождении переотложенные руды нередко отмечаются в удалении от остаточных (элювиальных) руд, образуя в основании отложений карбона прослой и линзы мощностью от нескольких сантиметров до 1–3 м.

Переотложенные руды на территории КМА встречены на многих месторождениях, но крупных залежей значительной мощности пока не обнаружено. Встреченные залежи имеют мощность от 0,25 до 8–12 м, в редких случаях мощность этих руд доходит до 40 м. Характерной особенностью переотложенных руд является брекчиевидная и конгломератовидная текстура.

Наиболее важным в промышленном отношении являются коренные или остаточные железные руды.

Гипогенные руды. В 1954 году на Лебединском месторождении разведочными скважинами были обнаружены магнетито-карбонатные руды, залегающие в виде секущих жил среди железистых кварцитов.

На Михайловском месторождении, по данным И.П. Калинина, также были обнаружены богатые железные руды истинной мощностью 18–19 м среди неокисленных железистых кварцитов. Аналогичные рудопроявления в небольших масштабах обнаружены и на других месторождениях КМА. Эти руды, как магнетито-карбонатные руды Лебединского месторождения, имеют, по видимому, гидротермальное происхождение. Промышленной ценности гипогенные руды пока не представляют. Но поскольку залегание этих руд в массиве железистых кварцитов создает

более благоприятные условия для их разработки по сравнению с разработкой гипергенных руд, перекрытых толщей неустойчивых обводненных пород, то и нахождение крупных залежей гипогенных руд является весьма важным делом для перспектив промышленного освоения КМА.

Осадочная толща. Комплекс осадочных (надрудных) отложений района КМА представлен девонскими, каменноугольными, юрскими, меловыми, третичными и четвертичными осадками. Эти отложения трансгрессивно залегают на размытой поверхности докембрийского кристаллического фундамента и вышележащих отложениях и имеют резкие колебания в мощности при сравнительно пологих средних углах наклона отдельных горизонтов. Это объясняется чередованием морских и континентальных условий формирования пород. Как уже говорилось, территория КМА располагается на юго-западном крыле Воронежской антеклизы и на переходах ее к Московской синеклизе и к Днепровско-Донецкой впадине. Поэтому породы осадочного комплекса, залегающие на кристаллическом фундаменте, постепенно увеличивают свою мощность на юг и юго-запад от центральной полосы поднятия и на север и северо-восток. Мощность осадочной толщи в пределах территории КМА колеблется от 25 до 500–600 м, а в районе г. Белгорода достигает даже 800 м. Ввиду того, что на территории КМА большую часть геологического времени господствовали континентальные условия, геологический разрез отдельных районов КМА неодинаков. Поэтому в различных районах КМА из геологического разреза выпадают отложения того или иного возраста (рис. 2 и 6).

Геологическое строение осадочного покрова территории КМА довольно сложно, так как различные участки этой площади подвергались неоднократным колебательным движениям, что обусловило частичный или полный размыв отдельных ярусов распространенной здесь осадочной толщи.

Описание пород приводится в сокращенном виде. Полная характеристика их дана в фондовой работе автора (Н.К. Паффенгольц, 1960).

3. Девон

Отложения девона широко распространены в северной части описываемой территории, прослеживаясь по северному скло-

ну Воронежского кристаллического массива и непосредственно залегающая на весьма неровной поверхности докембрийского фундамента. Осадки девона имеют общее погружение на север и только к югу от линии Шигры-Михайловка они имеют южное падение, образуя Шигровское поднятие. На дневную поверхность осадки девонского периода выходят на северо-востоке территории в долинах рек Дона, Сосны и Сейма.

Ввиду того, что накопления осадков девона на территории КМА шло в период нескольких трансгрессий и регрессий моря, отложения этого времени представляют собой чередование глубоководных, прибрежных и континентальных осадков.

В начальный период накопления девонских отложений на описываемой территории в девонском море существовало много островных выступов, которые оказали заметное влияние на состав девонских пород. Это влияние особенно сильно сказывается в нижней части девонского разреза.

Девон на территории КМА представлен верхней частью жигитского яруса - старооскольским подъярусом и нижней частью франского яруса - шигровским, семилукским и донским подъярусами..

Старооскольский подъярус. Породы старооскольского подъяруса в литологическом отношении подразделяются (А.А.Дубянский, 1939, 1944) на три пачки: 1) нижнюю - пески, песчаники и каолиновые глины; 2) среднюю - известняки и глины; 3) верхнюю - преимущественно глины.

В.Н.Преображенская (1954) по литологическому составу выделяет среди отложений старооскольского подъяруса нижнюю и верхнюю части. Нижняя часть представляет глинисто-песчано-конгломератовый горизонт, а верхняя - известняково-глинистый горизонт.

Нижняя часть сложена песчанико-конгломератами в местах накопления обломочного материала в понижениях между системами выступов докембрийского рельефа и их подножий. Мощность I-горизонта колеблется от 0 до 30 м.

II горизонт старооскольского подъяруса глинисто-известняковый. Он имеет повсеместное распространение за пределами кристаллических полос, а в их пределах встречается в виде осланцев. Сложен этот горизонт в нижней части глинистыми известняками, а в верхней части - известковистыми глинами. По мере приближения к кристаллическим полосам

известняки II горизонта приобретают более песчанистый характер. Известняки часто очень сильно закарстованы и кавернозны, причем их пустоты заполнены глиной или алевроитом. Известняки в значительной мере также доломитизированы, чем вызвана их сильная перекристаллизация.

Отложения I горизонта девона формировались в условиях как морских, так и прибрежно-континентальных, причем в морских условиях они откладывались за пределами кристаллических полос. Отложения осадков II горизонта образовались в условиях мелкого, но более нормального моря.

Шигровский подъярус. По литологическому составу В.Н. Преображенская (1954) выделяет среди шигровских слоев (снизу вверх) горизонты: 1) каолиново-песчаный (нижний); 2) полосчатых плотных глин (средний) и 3) мергелисто-глинистый (верхний).

Нижний шигровский горизонт девона территории КМА представляет собой алевроитово-каолинитовый горизонт. В северо-западной части района КМА он сложен серыми пестроокрашенными каолинистыми алевроитами, песками и песчаниками, причем местами в нем содержатся прослойки и линзы глин и чистого каолина. Местами горизонт имеет признаки кривой слоистости. Для песков характерна слабо выраженная сортировка материала.

Органических остатков в этом горизонте встречается мало; найдены измельченные остатки рыб и растений, а также обломки раковин типа *Lingula*. Отложение осадков в общем происходило в условиях, близких к дельтовым, а местами — к континентальным (отложения типа временных потоков).

Осадки района Тима и Старого Оскала отложились в условиях прибрежно-морских, причем образование сидерита в песчаниках происходило в период диагенеза в связи с возникновением в некоторых местах щелочной среды. Образование каолина шло либо в пределах прилегающей суши, благодаря наличию влажного климата, либо вымыванием из обнаженных кое-где песчанико-конгломератов I горизонта девона. Мощность отложений этого горизонта колеблется от 0 до 20 м.

Второй горизонт девона (средний) — горизонт полосчатых глин, имеет наибольшее распространение вне пределов кристаллических полос; в пределах последних он почти повсеместно смыт. Представлен голубовато-зелеными, зеленовато-серыми

ми и коричневато-красными (шоколадными) глинами, местами пестроцветными. Глины жирны наощупь. Обычно тонкослоисты и в сухом состоянии легко раскалываются на тонкие плитки. Глины этого горизонта состоят в основном из гидрослюдистых минералов и каолина, что установлено методом окрашивания. Глинистые минералы принесены в бассейн извне в форме взвешанной мути.

Из органических остатков широко встречаются остатки панцирей рыб, а также брахиоподы (*Lingula*). Значительно реже встречается *Estheria*.

Образование глин этого горизонта шло в бассейне с ненормальным морским режимом (восстановительная среда), о чем говорят отсутствие типичной фауны и наличие господствующей голубовато-зеленой окраски. Имеющаяся местами красная окраска является вторичной, более поздней, образовавшейся в результате возникновения окислительных процессов в стадии диагенеза. Окислительные процессы воздействуют только на те участки толщи глин, к которым благодаря наличию трещиноватости доступ кислорода был облегчен. Мощность горизонта полосчатых глин колеблется от 0 до 20 м.

Верхний горизонт (глинисто-мергелистый), представляющий верхнюю часть Шигровского подъяруса, вскрыт только двумя скважинами, расположенными в районе с.Рогового. Представлен зеленовато-серыми и бледными голубовато-зелеными глинами, местами более или менее алевритистыми, причем местами они содержат прослойки алевритов и очень тонкие многочисленные прослойки мергелей. В основании глин залегает толща песков с мелкой галькой. Отложение осадков этого горизонта шло в условиях опресненного моря. Мощность горизонта — до 28 м.

Семилукский подъярус. Распространен в восточной части территории КМА; сложен в основном голубовато-зеленоватыми известковистыми глинами, чередующимися с прослоями плитчатых мергелей, глинистых известняков и известняковых конгломератов с мелкими плоскими гальками мергелистых пород. Мощность семилукских слоев в восточной части территории КМА колеблется от 16,5 до 46,5 м.

Донской подъярус. Состоит (снизу вверх) из следующих слоев: петинских, мамонских, воронежских, елановских и ливенских.

Петинские и мамонские слои. Петинские слои представлены преимущественно песчаниками с прослоями в верхней части глин, переполненных местами растительными остатками. Песчаники состоят, главным образом, из зерен кварца, отдельных зерен полевых шпатов, микроклина и плагиоклазов, сцементированных, по-видимому, аморфным кремнеземом. Также встречаются неоднороднозернистые, иногда крупнозернистые пески и песчаные каолинизированные глины. Мамонские слои отличаются от петинских наличием в них кварцевой гальки размером до 6 см. Отложения носят характер наземных и пресноводных осадков; они имеют островное распространение в северной части КМА, заполняя в районе ст. Кшень, ст. Суковкино и гор. Курска пониженные участки рельефа докембрийских пород. Общая мощность слоев в районе гор. Курска достигает 25–50 м.

Воронежские слои имеют распространение в северной части территории КМА; представлены зеленоватыми глинами с прослоями известняков, песков и мергелей, а также железистых, песчанистых и глауконитовых известняков и зеленовато-серых песчаников. В основании воронежских слоев имеется хорошо выраженный маркирующий горизонт, состоящий из мелких железистых оолитов. Мощность отдельных слоев всего 2–3 м, а суммарная мощность достигает 15–28 м. Образование воронежских осадков шло в условиях мелкого моря, глубина которого колеблется.

Елановские слои подразделяются на две толщи; нижняя – представлена плотными желтовато- и голубовато-серыми мергелями с редкими прослоями голубовато-серых известковистых глин. Верхняя толща сложена преимущественно голубоватыми известковистыми глинами с плитками и прослоями мергелистых известняков.

Ливенские слои представлены плотными серо-желтыми коралловыми известняками (14–15–20 м.).

Фаменский ярус. 1. **Бледный** подъярус: нижние слои – задонские и верхние – агромачские.

2. Данково–Лебединский подъярус: слои – лебединские, городенковские или ефремовские, мценские, киселево–никольские, орловско–сабуровские, тургеневские, кудеяровские и озерско–хованские.

Задонские слои представлены мелководными песчано–глинист-

тыми породами (8–15 м), нередко с галечниками. Для них характерны значительные фациальные изменения в направлении к западу – к береговой линии, где преобладают грубообломочные фации.

Аграмачские слои (35–40 м) представлены в общем однообразными шламовыми желтоватыми известняками. В нижней части (8–10 м) известняки мягкие, сильно мергелистые конкреционные, легко распадающиеся на куски неправильной формы, имеют непостоянные глинистые прослои. Кверху породы становятся более плотными, толстослоистыми; вследствие неправильного (неоднородного) сложения приобретают при выветривании пятнистый вид.

Лебединские слои (10–25 м) представлены тонкоплитчатыми и ноздреватыми известняками с прослоями конгломератов.

Городенковские слои сложены свитой ровных, плотных, чистых известняков с прослоями доломитов, мергелей и известковистых глин. Мощность 10–12–20 м.

Мценские слои (6–9 м) – толстослоистые (0,5–1 м) доломиты (вторичные), перекристаллизованные зернистые зеленовато-серого или желтого цвета. Обычно конкреционного строения, при выветривании распадаются на отдельные куски; с поверхности имеют ячеистый, кавернозный вид.

Киселево-никольские слои представлены чередованием плотных светлых известняков с доломитами, местами с прослоями более мягких зеленоватых мергелей, а также ноздреватых известняков и брекчий. Встречаются также конкреции серого и черного кремня и своеобразные ячеистые образования.

Орловско-сабуровские слои представлены разнообразными кварцевыми песками – зеленоватыми, желтоватыми и серыми, неоднороднозернистыми, то сыпучими, то слабоглинистыми. Пески иногда сцементированы в известковистые песчаники. Мощность всей толщи 3–6 м, по направлению к востоку и северо-востоку мощность уменьшается.

Тургеневские слои (15–20 м) сходны с киселево-никольскими; наблюдаются небольшие прослои довольно чистых зеленоватых глин. Часто встречаются чистые известняки (СаО до 54,6%) и доломиты (СаО от 22 до 33% и MgO от 13 до 19%).

Кудеяровские слои (6–10 м) представлены сильно долами-

тизированными известняками (CaO 29–30%, MgO 17%), темно-серого цвета, перекристаллизованными и вследствие этого зернистыми. Известняки обычно очень плотные, содержат включения друз кальцита. Фациально выдерживаются, легко выветриваются.

Озерские и хованские слои – чередование известняков и доломитов; в основании небольшие прослои галечников. Общая мощность – до 25 м. Мощность девонских отложений увеличивается с юга на север, причем на юге она изменяется от 30 до 50 м, а на севере достигает 140–150 м.

4. К а р б о н

Каменноугольные отложения распространены только в южной части территории КМА. Поверхность каменноугольных образований, вместе с подстилающим их докембрийским кристаллическим фундаментом, погружается в южном направлении. В северной части своего распространения известны лишь отложения нижнего карбона; южнее, в районе Валук появляется средний карбон, еще южнее имеют распространение все три отдела каменноугольных осадков. На территории КМА выделяются турнейский, визейский, намюрский и вестфальский ярусы.

Турнейский ярус. Представлен чередованием песчаников, глин и известняков; только в районе Кантемировки разрез сложен сплошь известняками. Мощность пачки 17–20 м. Известняки обычно мелко-зернистые, нередко глинистые и песчанистые, часто доломитизированные. Песчаники среднезернистые: глины местами содержат обугленные остатки растений. Известняки в верхней части пачки мелкозернистые и перекристаллизованные.

Визейский ярус. Расчленяется на 6 горизонтов. I и II горизонты представлены (Ново-Оскольский район) преимущественно песчано-глинистыми отложениями с прослоями углей и известняков. По простиранию отмечается быстрая фациальная изменчивость. Мощность I горизонта 22–48 м, II – 26–34 м, III горизонт сложен главным образом известняками; местами они переслаиваются с глинами и песчаниками, а также углями. В общем литологический состав пород значительно меняется в разных районах; мощность 35–40 м. IV горизонт (30 м) сложен сплошь известняками, среди которых встре-

чаются тонкие проемки (0,2 м) углистых сланцев и углей. Местами наблюдается доломитизация и окремнение.

Отложения У и У1 горизонтов (район Залуек) представлены почти сплошными известняками с единичными прослоями глин и одним пропластком угля. Сильно развито окремнение, местами наблюдается доломитизация. Глины местами пиритизированы, углистые. Мощность У горизонта 40–47 м, У1 – 50–60 м; расчленение сделано на основании микрофауны.

В нижнекаменноугольной толще Белгородского района установлено наличие отложений продуктивной свиты, тульского, алексинского и михайловского горизонта карбона (яснополянский и окский подъярусы визейского яруса).

По данным В.Н. Преображенской (1954), продуктивная свита представлена песчано-глинистыми породами, среди которых наблюдается чередование черных тонкослоистых, переходящих в сланец глин, а также более или менее уплотненных алевроитов, то темно-серых, то более светлых, почти белых раскрасок. Также встречаются прослойки песчаников. Мощность отложений продуктивной свиты колеблется от 0 до 38 м. По направлению к югу отложения продуктивной свиты уменьшаются в мощности (выклиниваются); песчано-глинистая продуктивная свита карбона носит характер приморско-болотных условий образования.

Тульский горизонт. Широко распространен в южной части территории КМА. Отложения его носят ярковыраженный морской мелководный характер; литологически представлены чередованием черных и темно-серых, большей частью тонкослоистых глин и серых известняков. Некоторые прослойки обогащены растительными остатками, которые местами образуют маломощные линзы угля низкого качества. Общая мощность отложений тульского горизонта 15–48 м.

Окская свита. Отложения Окского подъяруса в южной части территории КМА представлены алексинским и михайловским горизонтами, площадь развития которых носит, по-видимому, островной характер, так как они были сильно размыты в предъюрский перерыв. Расчленить алексинский и михайловский горизонты не удалось. Свита сложена известняками (преобладающими), обычно сосредоточенными в верхней части разреза, и из темно-серых глин и песчаников в нижней части разреза. Мощность отложений колеблется от 0 до 40 м.

Общая мощность толщи (продуктивная свита, тульский, и алексинско-михайловский горизонты), сложенной известняками, глинами и песчаниками, от 13 до 150 м.

Мощность пород карбона имеет минимальные значения на возвышенных участках рельефа докембрийского фундамента, сложенных железистыми кварцитами и возрастает за пределами полос магнитных аномалий.

Отложения намюрского и вестфальского ярусов сохранились не повсеместно, а только в более южных частях территории КМА. К северу от Валук их распространение носит, по видимому, островной характер вследствие размыва их в предъюрский перерыв. К северу от линии Обоянь — Новый Оскол они совершенно отсутствуют.

Намюрский ярус. Расчленяется на три горизонта; границы проводятся главным образом на основании фораминифер. Нижний горизонт (50–60 м) представлен известняками, преимущественно светлой, почти белой окраски, что является характерным признаком для проведения нижней границы намюра.

Средний и верхний горизонты намюрского яруса представлены почти сплошными известняками с редкими прослойками глин, углей и углистых сланцев. Среди известняков преобладают перекристаллизованные, детритусовые и мелкозернистые разновидности. Мощность среднего горизонта около 60 м, а верхнего 45–70 м; мощность всего верхнего намюра по данным микрофауны от 57 до 105 м.

Вестфальский ярус. Отложения его, достигающие мощности 200 м, сопоставляются на основании фауны фораминифер и брахиопод, а также флоры с вестфальским ярусом Донецкого бассейна, а не с московским ярусом Подмосковского бассейна. Нижняя часть толщи сложена известняками (25–60 м), выше появляются песчано-глинистые отложения, мощность которых возрастает в юго-западном направлении.

Среди чистых известняков наиболее распространены водорослевые; местами наблюдается образование псевдооолитов.

Глинистые отложения представлены в нижней части сланцеватыми глинами, а в верхней — глинистыми сланцами. Песчаники большей частью мелкозернистые, известковистые и глинистые.

Общая мощность каменноугольных отложений, вскрытых скважинами в пределах Курской, Воронежской и северной час-

ти Ворошиловоградской областей, — около 600 м (в Донбас-
се же она больше примерно в 9 — 10 раз).

5. Ю р а

В течение нижней юры на всей территории КМА господ-
ствовали континентальные условия, почему разрез юрских
осадков здесь начинается с отложений байоса.

Юрские отложения имеют повсеместное распространение
на территории КМА, причем в северной ее части они просле-
живаются в обнажениях по долинам рек и оврагов, а в южной
части они погружаются под покров мощной толщи более мо-
лодых осадков. Юрские образования имеют сложное строение
благодаря наличию нескольких, часто невыдержанных страти-
графических горизонтов, а также непостоянству их мощности
и литологического состава.

Юрские отложения в северных районах КМА, к северу от
линии Жигаево—Огибное, залегают на размытой поверхности
девонских отложений (Михайловка, Шигры, Тим). В централь-
ных районах (Старый Оскол), к югу от линии Огибное — Жи-
гаево до линии Обоянь — Прохоровка — Новый Оскол, они пере-
крывают докембрийские осадки. В южных же районах (Обо-
янь, Новый Оскол), т.е. южнее линии Обоянь — Прохоровка —
Новый Оскол, они подстилаются породами каменноугольного
возраста.

В соответствии с характером поверхности палеозойских и
докембрийских отложений, подстилающих юрские осадки, пос-
ледние погружаются в юго-западном и западном направлении.
В этих же направлениях наблюдается также нарастание мощ-
ности и увеличение количества стратиграфических горизонтов
в разрезе юрских образований.

Ввиду того, что юрские отложения территории КМА являют-
ся водонепроницаемой преградой между обводненными поро-
дами меловой системы и рудно-кристаллической толщей, они
представляют большой интерес с гидрогеологической и инже-
нерно-геологической точек зрения, поэтому их литолого-пет-
рографическая и фациальная характеристика будет дана под-
робнее.

Юрские отложения на территории КМА изучались рядом ис-
следователей (В.Даньшин, С.Никитин, А.Дубянский, И.Е.Руси-
нович и др.) и были разделены на две фации: нижнюю — конти-

нентальную (бат-келловей) и верхнюю – морскую, отнесенную к среднему келловей. В.Н.Преображенская дает наиболее детальное расчленение юрских осадков, распространенных в пределах территории КМА и прилегающей части Воронежской области, а также выявляет фациальные разности в пределах стратиграфических подразделений. Она выделяет отложения байоса, бат-келловей, среднего келловей, оксфорда, кимериджа и нижневолжские.

В последние годы стратиграфия юрских отложений территории КМА уточнена В.П.Дядиным (1974). На основании анализа ассоциаций остатков двустворчатых и головоногих моллюсков, фораминифер и остракод и их распространения в разрезе им устанавливаются границы между ярусами, подъярусами и выделяются руководящие комплексы окаменелостей.

Байос-бат. Отложения их распространены только в южной части территории КМА, причем северная граница распространения проходит по линии Обоянь-Прохоровка. Подстилаются породами карбона. Нижняя часть разреза состоит из коричневых, иногда почти черных глин и глинистых песков, часто содержащих большое количество остатков крупных раковин пелеципод. Они являются береговой фацией трансгрессирующего моря. Основная верхняя часть разреза байос-бата представлена довольно однообразной толщей глин. Глины – плотные, серого цвета с оливково-зеленоватым оттенком, особенно на выветрелых поверхностях пород, неясно-слоистые, жирные наощупь. В составе глин преобладают минералы группы гидрослюд, которые в отдельных участках замещаются прослойками, содержащими минералы группы монтмориллонита.

Средняя мощность верхней части байос-бата равна 20 м.

Бат-келловей. Осадки этого возраста имеют гораздо более широкое распространение, чем отложения байоса. В целом они характеризуются однотипностью литологического состава, почти полным отсутствием фауны и скоплением большого количества растительных остатков.

На юге КМА, в районе Белгородского месторождения, отложения бат-келловей по литологическим особенностям разделяются на нижнюю и верхнюю части.

Нижняя часть состоит из песков светло-серого цвета, слюдистых, тонкослоистых и тонкозернистых, местами переходящих в алевроиты и алевролиты или в тонкослоистые песчанистые

глины. Пески содержат значительную примесь глин. Наиболее глинистый характер эти осадки имеют в северной части района.

Верхняя часть представлена глинами темно-серого, серого и коричневого цветов, песчано-иловатыми с большим количеством растительных остатков. Местами в верхней части разреза встречаются прослойки, содержащие значительную примесь глауконита. Отложение осадков бат-келловея района Яковлевского месторождения происходило в условиях мелководья - в прибрежной зоне морского бассейна, куда с суши сносилось значительное количество растительных остатков. Мощность осадков бат-келловея уменьшается в северном направлении и равна 12 - 48 м.

По данным В.Н.Преображенской, эта часть разреза бат-келловея соответствует каменной свите Донбасса и Днепровско-Донецкой впадины.

На Михайловском месторождении отличительной особенностью для бат-келловейских отложений является темная, почти черная окраска, обусловленная наличием огромного количества мельчайших обуглившихся растительных остатков, беспорядочно рассеянных в песчаноглинистой массе породы.

Формирование осадков бат-келловея Михайловского района происходило в условиях, близких к озерным с застойным режимом. Общая средняя мощность отложений бат-келловея в Михайловском районе равна 40 м.

В Осколецко-Огибнянском районе песчано-глинистые осадки бат-келловея залегают под сеноман-альбскими песками, причем они отнесены к бат-келловейскому возрасту условно. Толща представлена песчанистыми глинами и глинистыми песками, содержащими большое количество растительных остатков, расположенных как вертикально, так и параллельно напластованию. Глины являются местами иловатыми; с 47 м песчанистые глины имеют заметно более мелководный характер, переходя в озерно-болотные осадки. Их мощность 20 - 35 м.

Келловей. Отложения этого возраста являются наиболее распространенными на территории КМА среди осадков юрского возраста. Наиболее достоверно выделяются отложения среднего келловея.

Нижний келловей достоверно встречается только на северо-западе КМА в Дмитровском районе Орловской области. Состо-

ит он здесь из однообразной толщи коричневато-серых темных глин, плотных, неяснослоистых. Глина местами в разной степени песчанистая, местами слабо известковистая. В глине по всему разрезу встречается большое количество пиритизированных растительных остатков. Мощность нижнего келловея до 8 м. По направлению к югу они уменьшаются в мощности, теряют свои характерные особенности, а местами совершенно отсутствуют. Так, например, в районе Михайловского месторождения к нижнему келловей относятся глинистые пески и песчанистые глины, мощностью всего 1–2 м. В южной части территории КМА нижний келловей не выделен.

Отложения среднего келловея наиболее полно представлены в северо-западной части территории КМА. Здесь они имеют наибольшую мощность и наиболее глубоководный характер осадков. Осадки среднего келловея района Михайловского месторождения внизу представлены серыми песчанистыми глинами и глинистыми песками. Выше идет плотная серая глина, известковистая, неяснослоистая, местами слабопесчанистая, с раковистым расколом по напластованию. В верхней части глина имеет мергелистый характер. В основании этих глин залегает прослой ракушняка в виде глинисто-ракушняковой брекчии, а местами превращенный в глинистый известняк, также имеются горизонты рухляка из битой ракушки. В самом верху разреза встречена серая плотная неяснослоистая глина, не известковистая. Мощность отложений колеблется от 7 до 32 м.

В южной части территории КМА среднекелловейские отложения отличаются от северо-западной части. Здесь они представлены песками, местами переходящими в слабые песчаники и сильно песчанистые глины, представляющие собой береговые отложения незначительной мощности (1–5 м).

К востоку от гор Курска до г. Старый Оскол отложения среднего келловея частично размыты. Здесь они встречаются только в виде останцев в наиболее пониженных участках доурского рельефа. В районе Коробковского месторождения средний келловей представлен темно-серыми песчанистыми глинами, содержащими большое количество ходов илоедов, которые заполнены серым алевритистым песком. На Тимском участке отложения среднего келловея представлены песчаниками с остатками белемнитов и серыми плотными глинами.

Оксфорд. Наиболее полно отложения оксфорда развиты в

южной части территории КМА. Здесь они имеют сплошное повсеместное распространение, причем их северная граница проходит по линии сс. Потопахино – Реутец.

В южной части территории КМА в Обоянском районе оксфорд представлен нормальными морскими осадками, богатыми разнообразными комплексами фауны. Здесь он в возрастном и литологическом отношении распадается на две части: нижнюю и верхнюю.

Нижняя часть представлена в основании песчанистыми глинами серого цвета, содержащими глинистые или глинисто-железистые оолиты, или оолитовыми песками, переходящими местами в песчаники, аргиллиты и в песчанисто-оолитовые, местами в оолитовые известково-глинистые песчаники. Верх нижней части оксфордского яруса представлен песчанисто-глинистыми известняками серого цвета. В нижней части оксфорда очень характерным является наличие большого количества довольно крупных тонких палочковидных зерен глауконита желтого и зеленого цветов. Средняя мощность нижней части 7 – 8 м.

Верхняя часть оксфорда представлена довольно светлыми зеленовато-серого цвета глинами. Глины плотные, местами мергелистые или известковистые, иногда алевритистые, или песчанистые, неяснослоистые, раковисто раскалывающиеся по напластованию. Мощность верхней части оксфорда в среднем 20 м. На севере территории КМА (выше с. Яцено) отложений оксфорда фаунистически охарактеризованных не констатировано.

В районе Михайловского месторождения на отложениях келловей залегают песчанистые плотные глины зеленовато-серого цвета, содержащие большое количество крупных зерен глауконита. Глины неяснослоистые, не известковистые, местами переходят в глинистые пески. Эта толща В.Н. Преображенской условно относится к келловей – оксфорду.

На северо-востоке КМА, в районе Лебединского месторождения нижняя часть осадков оксфорда представлена известковистыми песчаниками светло-серого цвета, сильно ноздреватыми от растворенных спикул губок.

На Огибнянском разведочном участке отложения оксфорда представлены плотными глинами зеленовато-серого цвета, мергелистыми, с большим количеством палочковидного глауконита. Здесь осадки оксфорда, как и в других районах северо-вос-

точной части КМА, распространены в виде останцев.

Для всего района КМА характерна смена снизу вверх оолитово-песчанистых береговых (прибрежных) отложений глинистыми, более глубоководными.

Кимеридж. Отложения кимериджа повторяют распространение оксфордских осадков, залегая на них согласно, местами с размывом. Литологически они сходны между собой и расчленяются только по фауне аммонитов, характерной для осадков кимериджа. При перерыве между глинами кимериджа и верхнего оксфорда между ними наблюдается хорошо выраженный горизонт фосфорита и мелкой кварцевой гальки.

Весьма характерным для кимериджа является наличие прослоек глин, сильно обогащенных ходами илоедов, а также значительное количество пиритизированных растительных остатков. Мощность кимериджа 1–18 м, средняя мощность – 10 м.

В районе Михайловского месторождения к кимериджу относятся зелено-серые сильно песчанистые глины, не известковистые, лишенные фауны. Их средняя мощность 8–10 м.

В районе Коробковского месторождения имеются останцы серых, невскипающих глин, с многочисленными пиритизированными растительными остатками, относимых, к верхнему кимериджу. Их мощность в среднем 9 м.

Таким образом, отложения кимериджа в южной части территории КМА образовались в области наиболее глубокой части моря. К северу мощность осадков уменьшается, и они имеют более мелководный характер, что говорит о береговой линии кимериджского моря по северному склону Воронежской антеклизы.

Нижний волжский ярус. Отложения нижневолжского яруса распространены повсеместно на всей территории КМА. Для них характерна фациальная изменчивость, как по простиранию, так и в вертикальном разрезе. По простиранию можно выделить осадки открытого моря на юге, осадки мелководные, прибрежные на севере КМА и лагунно-континентальные осадки на востоке и северо-востоке (Казацкая степь, Старый Оскол).

Отложения нижневолжского яруса в южной части КМА по литологическим признакам расчленяются на три части: нижнюю (глинистую), среднюю (известково-песчаную) и верхнюю (песчаную). Нижняя часть выражена глинами серого цвета, плотными, неяснослоистыми, известковистыми. Мощность отложений от 2 до 15 м, средняя – 8 м.

Средняя часть – представлена серыми известковистыми глинами, часто детритусовыми, глинистыми известняками, местами сильно песчанистыми, часто переходящими в известковистые песчаники. Мощность средней части от 10 до 30 м.

Верхняя часть сложена мелкозернистыми зеленовато-серыми песками, переходящими в нижней части разреза в песчаники. По мере движения на север значение песчаных прослоев возрастает, материал становится более грубым.

В северо-западной части КМА ввиду отсутствия фауны осадки нижеволжского яруса выделяются на основании наличия фосфоритового горизонта, залегающего в нижней части песчано-глинистых отложений, прикрывающих толщу келловей-оксфорда.

В районе Михайловского месторождения нижеволжские осадки представлены внизу темно-серыми глинами, песчанистыми и слюдистыми. Далее идут коричневатые-серые, иногда черные, сильно слюдистые, слоистые, песчанистые глины с большим количеством обуглившихся и пиритизированных растительных остатков. Верх толщи представлен светло-серыми алевролитистыми песками, косослоистыми, слюдистыми, слабо глинистыми. Мощность толщи от 3 до 23 м.

На всей территории КМА в основании осадков нижеволжского яруса прослеживается горизонт фосфоритовой гальки, состоящей из переотложенных фосфоритизированных остатков различных раковин.

6. М е л

Меловые отложения широко распространены на территории КМА. Здесь выделены породы неокома, апта, альба, сеномана, турона, сантона, кампана, маастрихта. Почти вся меловая толща хорошо обнажена дренирующими ее глубокими оврагами и долинами рек, причем верхняя мергельно-меловая толща во многих районах служит в основном поверхностью современного рельефа. В целом толща меловых пород погружается к юго-западу по направлению к Днепровско-Донецкой впадине. Поэтому в северном направлении обнажаются все более древние слои меловых отложений. Все меловые образования по их литологическому составу можно разделить на две толщи: нижнюю песчано-глинистую и верхнюю карбонатную толщу. Мощность песчано-глинистой толщи увеличивается в направлении с запада на восток, а мергельно-меловой – с севера на юг.

Неоком-апт. Согласно исследованиям В.Н.Преображенской (1954), к неокому в первую очередь могут быть отнесены "пестрые" глины, распространенные в южной части территории КМА в пределах Обоянского месторождения. Очи лежат на песках и песчаниках нижневолжского яруса, а кровлей служат пески апта. Представлены они в основном глинами и глинистыми алевритами, для которых характерна пестрая окраска, жесткость и сухость наощупь, значительная примесь мелких зерен кварца, пирита и тончайших чешуек серицита. По составу глины гидрослюдистые, что установлено методом окрашивания. Залегают пестрые глины, по-видимому, линзовидно. Формирование их происходило в озерно-прибрежных или озерно-дельтовых условиях. Мощность свиты пестрых глин колеблется от 0 до 20 м. В основании ее лежит галечник, состоящий из окатанных обломков кварца, роговика и фосфоритизированных остатков фауны.

Апт-неокомские отложения очень бедны фауной, поэтому их нельзя разграничить. Готеривский и баремский ярусы западнее р. Дона входят, вероятно, в состав нижнемеловой песчаной толщи, но палеонтологических доказательств этого не имеется.

Апт. На песчано-глинистых отложениях неокома-апта залегают отложения аптского яруса, распространенные в северной и восточной частях территории КМА. Представлен континентальными песчано-глинистыми образованиями. Наибольшее распространение на территории КМА имеет верхняя часть апта, представленная слюдистыми, каолинистыми алевритами слаботорозового или реже белого цвета. Мощность верхней части апта от 3 до 8 м. Нижняя часть апта состоит из грубозернистых песков, состоящих из плохо окатанных зерен кварца и роговика. Мощность ее около 4,5 м.

Накопление осадков апта шло в континентально-болотных и озерных условиях.

Альб. Отложения этого возраста распространены повсеместно на территории КМА. Они согласно пластуется с аптскими, залегая, однако, на их размытой поверхности. Представлены разноцветными кварцевыми песками (белыми, светло-серыми, яркожелтыми, зеленовато-серыми), мелко-, разно- и среднезернистыми, иногда гравелистыми, с редко рассеянными зернами глауконита. Глауконита гораздо меньше, чем в песках

сеномана, что обуславливает менее зеленый и более светлый цвет песков альба. Толща альбских песков изменчива по простиранию. Местами среди песков залегают линзы очень крепких жерновых кварцевых песчаников с кварцевым цементом регенерации.

Помимо изменчивости отложений альба по простиранию, наблюдается их изменчивость и по вертикали. На территории Лебединского месторождения верхняя часть песков альба отличается ярким зеленовато-желтым цветом и более крупнозернистым, иногда гравелистым характером зерен кварца. Нижняя часть альба сложена более мелкозернистыми зеленовато-серыми песками, в которых содержатся желваки песчаника. Мощность толщи песков альба здесь до 29 м, к северу она уменьшается. Альбские отложения бедны фауной и микрофауной, причем последняя трудно отличима от сеноманской. Отложение песков альба на всей площади их распространения происходило в условиях мелководного моря.

Альбские пески являются важнейшим водоносным горизонтом Днепровско-Донецкой впадины; однако их гранулометрия, по которой можно было бы судить об источнике сноса и близости береговой линии, еще не изучена.

Сеноман. Отложения сеномана залегают на альбских песках без видимого несогласия. В основании сеномана во многих местах залегает фосфоритовый галечник – желвак (0,1 – 0,3 м), состоящий из хорошо окатанных фосфоритных конкреций, которые местами сцементированы грубопесчанистым шероховатым фосфоритом третьей генерации. Верхние горизонты сеномана характеризуются весьма большой выдержанностью по простиранию, в то время как для нижней части это менее характерно.

Выше галечника следует нижняя часть сеномана, представленная мелкозернистыми зеленовато-серыми кварцевыми песками (1–3 до 4–7 – 28 м) с примесью округлых почковидных зерен глауконита темно-зеленого цвета. Пески в большей или меньшей степени известковистые, главной составной частью песков являются плохо окатанные зерна кварца, средние размеры которых равны 0,25 мм. В песках изредка встречаются крупные, сильно песчанистые шероховатые фосфоритные конкреции (так называемые “сиваки”). Чаше в сеноманских песках присутствует значительное количество очень мелкой фос –

форитовой гальки, как например, на Михайловском, Лебединском, Осколецком и Коробковском месторождениях.

Мощность нижней части сеномана колеблется от 2 до 15 м. Верхняя часть сеномана характеризуется в целом сильной известковистостью и постоянным наличием большого количества различной величины стяжений фосфорита, а также почти повсеместным распространением органических остатков. Пески покрыты плитой песчанистого фосфорита (мощность 0,1 – 0,5 м), сменяющейся нередко по простиранию несцементированными фосфоритными желваками. Фосфоритный слой является прекрасным маркирующим горизонтом, который прослеживается от Днепра до Дона на всем пространстве развития сеномана.

Мощность плиты является максимальной в северо-западной части территории КМА. В юго-западной и южной частях происходит уменьшение как мощности фосфоритового слоя, так и величины желваков фосфорита в нем.

Над и под фосфоритным горизонтом обычно залегает слой зеленовато-серых мелкозернистых кварцевых, сильно известковистых песков (до 1 м), которые кверху постепенно сменяются рыхлым песчанистым мелом серовато-белого цвета ("сурок") от 1 до 2,5 м. Во всей свите содержатся зерна глауконита и рассеянные фосфоритные конкреции, изредка скопляющиеся в линзы или прослойки. В составе "сурков" крупную роль играют органические остатки, имеющие почти повсеместное распространение, раковины иноцерамуса, а также копролиты.

Песчаный мел ("сурок") является переходным горизонтом от песчано-глинистой толщи сеномана к мергельно-меловой толще турона. Общая мощность сеномана, по данным А.А.Дубянского, колеблется от 15 до 30 м.

Турон. На отложениях сеномана, местами без видимого перерыва, местами с ясным размывом залегает однообразная трансгрессивная толща белого пишущего мела туронского возраста, сложенного мельчайшими скорлупками известковистых водорослей, порошковатым кальцитом и призмочками раковин иноцерамов.

Изменчивость литологического состава мела прослеживается как по простиранию, так и снизу вверх по разрезу. Кроме чистого мела (преобладающие разности) наблюдаются песчанистые и глинистые разности мела. В толще встречаются небольшие прослои обохренного мела. Местами в меловой толще

встречаются скопления большого количества обломков раковин иноцерамуса, белемниты и другая фауна. Обычно в нижней части разреза мел более песчанист, а в верхней – более раздроблен и менее крепок.

Вся толща мела разбита трещинами на отдельности, причем наблюдается 3 системы трещин, из которых 2 взаимно-перпендикулярные формируют отдельности, а трещины третьего типа образуют собой скорлуповатое шелушение поверхностей мела, представляя трещины выветривания.

Туронский мел отличается высокой чистотой (95–98% CaCO_3) и содержит лишь небольшую примесь зерен кварца, глауконита, полевых шпатов и глинистых частиц. В районе гор Старого Оскола и в ряде других мест имеются карьеры, в которых добывается мел.

Для мела характерна своеобразная форма проявления карстового процесса, который выражается в наличии в меле ряда более или менее крупных пустот и просадок.

Мощность туронского мела увеличивается в юго-западном направлении (до 95 м). К северу мощность мела постепенно уменьшается; местами в северной части мел совершенно уничтожен размывом.

Коньяк. Этот подъярус до сих пор не выделен из толщи мела из-за отсутствия по скважинам полных разрезов мела и характерных для коньяка комплексов фауны. Коньякский подъярус выражен, подобно туронскому, идентичной однообразной, согласно залегающей толщей белого пишушего мела. Состав коньякского мела также характеризуется высокой чистотой (95–98% CaCO_3) с незначительной примесью зерен кварца, глауконита, полевых шпатов и глинистых частиц. Мощность толщи равна на юго-востоке 20–30 м; по направлению к северо-западу породы коньяка сильно размыты сантонской трансгрессией.

Сантон. Отложения пишушего мела в верхней части постепенно переходят в мелоподобные серовато-белые, иногда слюдистые мергели сантона, мощностью от 0 до 30 м. Северная граница их распространения проходит с запада на восток по линии Михайловка – Кшень. Сантонский подъярус подразделяется фаунистически на две зоны – нижний сантон и верхний сантон. А.А.Дубянский среди отложений сантона выделяет 4 фации: 1 – светло-серых мергелей; 2 – мелоподобных мергелей; 3 – темно-серых мергелей и 4 – песчанистых мергелей.

По данным В.Н.Преображенской, мелоподобные мергели сантона отличаются от подстилающего их писчего мела турона большей плотностью и несколько сероватым оттенком окраски. Мощность их колеблется от 10 до 70 м.

Местами верхние горизонты темно-серых мергелей сантона обогащены значительной примесью песка; эти разности выделены А.А.Дубянским в особую песчаную фацию сантона.

На севере и в центральной части территории отложения сантона подвергались интенсивным процессам эрозии, а местами совершенно размыты. Мощность их увеличивается с северо-востока на юго-запад. В районе гор. Шигры и Тим она составляет 15–18 м, около Старого Оскола 23–30 м, Нового Оскола – 90–95 м, а в районе Белгорода достигает 150 м.

Кампан. Отложения кампанского подъяруса широко распространены в южной части территории КМА, где он представлен белым мелом с прослойкой фосфоритов в основании; по северной окраине своего развития мел переходит в мергели и пески. Наиболее ясные разрезы (до 50 м) кампана известны в окрестностях г.Белгорода. В северо-восточном направлении верхи кампана постепенно замещаются мергелями, а далее (в районе гор Обояни) – тонкозернистыми песками (15–20 м), сначала известковистыми, а в верховьях левых притоков р. Сейма – бескарбонатными; в основании песков прослеживается губковый галечный фосфористый слой. Восточнее Обояни кампан представлен мергелями, глинами и опоками. На север кампанский мел прослеживается до г.Острогожска. А.А.Дубянский выделяет 2 фации кампана: 1 – белого писчего мела и 2 – песчаную. Это отвечает наблюдениям В.Н.Преображенской, которая отложения кампанского подъяруса по литологическим особенностям разбивает на две части – верхнюю и нижнюю.

Нижняя часть состоит из темно-серых песчанистых мергелей, местами переходящих в сильно уплотненные мергелистые пески. Мощность свыше 20 м.

Верхняя часть кампана состоит из белого писчего мела с несколько сероватым оттенком; местами содержит несколько прослоек серого или почти черного кремня. Мощность верхней части кампана в районе с.Яковлево 35–40 м, причем вообще мощность его увеличивается с северо-востока на юго-запад.

Маастрихт. Отложения маастрихтского подъяруса вскрываются скважинами в южной части территории КМА. Представ-

лен маастрихт белым мелом (до 30 м); в основании его прослеживается слой фосфоритовых желваков, который отделяет его от подобного же мела кампанского подъяруса. По данным В.Н.Преображенской, маастрихт представлен очень тонким, мягким и нежным пишушим мелом, почти рыхлым. Мощность отложений маастрихта колеблется от 0 до 30 м.

Датский ярус. Выше по разрезу на крайнем юго-востоке области следует так называемый Хоперский горизонт, весьма разнообразного, сложного, очень характерного состава. Представлен он комплексом бурых железняков, светлых пластовых фосфоритов и зеленых пластичных глин.

Этот горизонт залегает несогласно на различных ярусах верхнего мела, от кампана на юге до сеномана на севере. Разделяется на две зоны: нижняя зона (около 1 м) сложена зелеными глинами, местами сменяющимися светлыми трепело- или каолиноподобными породами: кремнистыми или фосфатными образованиями, рыхлыми или очень твердыми. Верхняя зона (до 3 м) представлена известковистой опокой. Мощность датских отложений колеблется от 0,1 до 3 м.

Мощность всей мергельно-меловой толщи возрастает в южном направлении. Так, например, в районе Тима она равна 50-70 м, а в Белгородском районе доходит до 200-270 м.

7. П а л е о г е н

Отложения палеогена и неогена описываемой области до сего времени изучены еще мало, особенно плохо исследованы нижнетретичные осадки, причем комплексность в изучении палеогена не применялась.

Третичные отложения пользуются широким распространением в южной части КМА, залегая на размытой поверхности меловых пород. Севернее линии Старый Оскол - Курск третичные осадки сохранились лишь в виде отдельных изолированных участков на высоких водоразделах. Третичные образования в пределах изучаемой территории разделяются на 1) - морские - нижнетретичные и 2) континентальные - верхнетретичные. По данным А.А.Дубянского, северная граница морских третичных отложений проходит по линии Льгов - Тим - Горшечная.

Отложения палеогена в пределах описываемой области залегают трансгрессивно, обычно на верхнемеловых породах раз-

личного возраста; наиболее древней породой в основании палеогена являются пески сеноманского яруса (бассейн р. Хопры, район ст. Пыховки).

Палеоцен. Самыми древними отложениями палеогена являются так называемые слои Белгородни, относимые к палеоцену; развиты они лишь в юго-восточной части Воронежской области. В основании их залегает жирная, пластичная, водонепроницаемая зеленая глина (до 1 м), в сухом виде сланцеватая. Выше залегает конгломерат (0,15 м), состоящий из кремнево-фосфоритовых галек и перекрывающийся в свою очередь толщей (до 4 м) зеленого глауконито-глинистого песка с примесью крупных зерен кварца. Местами конгломераты отсутствуют и пески залегают непосредственно на глинах.

Кверху пески постепенно обедняются ("теряют") глауконитом и кварцем и переходят в крайне неравномерную по распределению песка и илистых частиц, в общем грубую желтую глину (1,5 м), выше замещающуюся чрезвычайно тонкослоистой илистой (почти без песка) жирной полевой глиной (до 1,20 м).

Судя по данным некоторых скважин, можно допустить присутствие аналогичных отложений и в бассейне р. Сейма и в районе Шигров.

К западу от Воронежа, в бассейнах рек Тима и Девы известны глауконитовые пески и опоковидные глины, также относимые к палеоцену.

Эоцен. Бучакский ярус (средний эоцен). Отложения этого возраста имеют большое площадное развитие, но изучены настолько недостаточно, что верхние и нижние границы яруса еще остаются спорными. Представлены они по преимуществу песчано-глинистыми осадками, среди которых глины присутствуют или в распыленном состоянии среди песка, или в виде тонких и непостоянных прослоек, часто выклинивающихся; крупных пластов глин не встречается.

Залегают отложения бучакской толщи обычно горизонтально, местами они обладают кривой слоистостью.

На водоразделе рр. Оскола и верховьев Сейма и Псёла бучакские отложения крайне невыдержаны как в фациальном отношении (петрографическому составу), так и по мощности; последняя колеблется здесь от 1 до 42 м. К юго-западу от гор. Старого Оскола бучак представлен толщей (2-10 м) мелкозернистых зеленовато-серых песков, богатых глауконитом и слюдой; песчаники встречаются весьма редко.

В бассейне р. Оскола и далее к юго-востоку широкое распространение имеют мелкозернистые сильно глауконитовые пески, обычно со слюдой. Местами содержат стяжения слабо сцементированных песчано-глинистых фосфоритов, реже тонкие прослойки песчаников.

Киевский ярус. Среди отложений этого возраста выделяются две фации: 1) мергельная, представленная мергелями и известковистыми песками, и 2) песчано-глинистая бескарбонатная, состоящая из плотных темно-зеленых жирных или опоковидных глин и песков, в большинстве глинистых и мелкозернистых, с редкими зернами глауконита, почти без слюды, изредка с содержанием фосфоритов. Мощность глин 4–8 м.

Мергели и мергелистые песчаники содержат сростки и желваки фосфоритов, в небольшом количестве глауконит и слюду, местами гравий. Окраска мергелей и глин в сухом состоянии почти белая, во влажном – зеленая с желтоватым оттенком.

Взаимоотношения глин и мергелей различное; наибольшую площадь распространения имеют отложения бескарбонатной фации Киевского яруса, представленной лишь глинами и песками. Они развиты на огромной площади на юго-востоке, а также слагают весь бассейн рр. Псёла и Сейма в пределах Курской области.

На северо-западе пески мелкозернистые, белые глинистые, содержат в большом количестве слюду и глауконит. Глины здесь более жирные, каолиновые. Характерной чертой для песков и глин бескарбонатной толщи киевского яруса в бассейне рр. Сеймы и Псёлы, по сравнению с юго-восточными районами, является весьма редкое присутствие серы, оруденелых песчано-глинистых горизонтов и железистых песчаников.

Олигоцен. Харьковский ярус. Возраст отложений этого яруса, ввиду ненахождения в них фауны, остается условным; литологически расчленяются они на три горизонта. Верхний горизонт (6–19 м) представлен песчанистыми глинами или глинистыми песками, которые иногда замещаются кварцевыми – глауконитовыми песками с прослоями песчаников. Средний горизонт (2 м) выражен глауконитовым песчаником, залегающим в виде одного пласта или прослоями в глинистом песке. Нижний горизонт (2–6 м) представлен опоковидными глинами зеленого цвета во влажном состоянии и более светлыми – в сухом виде.

Вполне выдержанным на огромной площади бассейнов Дона и Днепра является лишь нижний горизонт; средний горизонт имеет несколько прерывистое распространение и прослеживается на ограниченной площади. Верхний горизонт большей частью размыт. По северной окраине развития палеогена оба верхних горизонта заведомо отсутствуют.

В бассейне рр. Псёлы и Сеймы в пределах Курской области глауконитовые песчаники среднего горизонта, видимо, совершенно выпадают.

Полтавский ярус. Отложения его широко распространены в южной части описываемой области, где представлены кварцевыми песками; они залегают на морских осадках палеогена и являются продолжением к северу и северо-западу такого же типа песчаных осадков Украины.

Указанные пески занимают обычно водораздельные участки, большей частью в виде уцелевших от размыва небольших островков. Местами пески уплотнены, представляя рыхлые песчаники, содержащие нередко ископаемую флору (гор. Тим и с. Молотычи).

Пески серые и пестрокрашенные, разномзернистые, часто каолинизированные, косослойные; встречаются прослойки пестроцветных глин, богатых органическими остатками и переходящих в бурые угли и сапропелиты. Наряду с глинами в песках встречаются конкреции и небольшие прослойки кварцевых и железистых песчаников, иногда разрабатывающихся в качестве строительного материала. Мощность полтавских песков колеблется от нескольких до 20–30 м и более.

8. П л и о ц е н

Нижний плиоцен (понт ?). Отложения его распространены в пределах Воронежско-Тамбовской равнины, где представлены песчано-глинистыми породами так называемой "ергенинской" толщи. Последняя сложена мелкозернистыми песками серого и зеленовато-серого цвета, с примесью белой слюды и глауконита, прослойками зеленых и серых тонкоилистых глин (сукновального типа), а также белого вулканического пепла. В нижней части свиты пески более крупнозернистые, с косой и перекрестной слоистостью, с галькой кремня, опок и опоковидного песчаника. Это осадки континентальных пресноводных водоемов.

Средний плиоцен. На юго-востоке области над отложениями ергенинской толщи выделяется серия осадков, перекрываемая ледниковыми отложениями четвертичного возраста.

Здесь четко выделяется мощная (до 55 м) свита темноцветных глин с подстилающими ее песками. Глины богаты органическими остатками и местами переходят в буроугольную массу; местами они гипсоносны, содержат конкреции и корочки лимонита и марганцевой руды.

Верхний плиоцен. К этому возрасту отнесены верхи ергенинской толщи, представленные чистыми разнозернистыми песками, обычно железистыми, с хорошо выраженной косой и диагональной слоистостью, особенно в нижней их части. Иногда эти пески сцементированы в железистые песчаники; в верхней части их встречаются серые каолинизированные глины. Мощность толщи песков 10–15 м.

Пестроцветные и кирпично-красные глины. Вопрос о генезисе и стратиграфическом положении указанных глин остается неясным и спорным.

На высоких участках Средне-Русской возвышенности пестрые глины имеют очень ограниченное распространение и обычно тесно связаны с полтавскими песками постепенным переходом одной породы в другую. Подобное же соотношение наблюдается между указанными глинами и подстилающими их на юго-востоке песками ергенинской толщи. Таким образом, пестроцветные и кирпично-красные глины могут быть разных возрастов; материал их мог накопиться в сходных условиях, а впоследствии подвергался одновременно процессам континентального выветривания и латеритизации.

Мощность слоя глин колеблется в больших пределах (от 1–2 до 10–15 м).

Аллювиально-флювиогляциальные отложения являются наиболее молодыми в третичном разрезе, причем нигде не перекрываются вышеописанными красными глинами. Хорошо изучены они в районе Воронежа, где расчленены на три горизонта. Нижний горизонт (15–25 м) представлен кварцевыми разнозернистыми песками с галькой и валунами более древних пород, за исключением кристаллических.

Средний горизонт (3–5 – 14 м) сложен разнообразными глинами, местами песчанистыми и включающими линзы лигнита. Верхний горизонт (20–30 м) представлен крупно- и нерав-

номернозернистыми песками с линзами кварцевого гравия, реже галькой других пород. Иногда в верхней части песков встречаются линзы и прослои зеленовато-серой глины.

Общая мощность третичных отложений очень невыдержана. И.Н.Павлов дает следующую таблицу суммарной мощности пород третичного возраста для территории КМА.

Таблица 1

Наименование пунктов	Мощность в м
Тим. Старый Оскол	10-15
р.Реут, западные границы КМА	до 50
р.Тихая Сосна, восточные границы КМА	до 70
Обоянь	до 30
Белгород	30-50
Харьков.....	до 100

9. Постплиоцен

Четвертичные отложения описываемого, а также и соседних районов изучены еще далеко не достаточно. Выдержаны они исключительно в континентальной фации и представлены песчано-глинистыми осадками, весьма плохо охарактеризованными палеонтологически. Плохая изученность этих отложений и пестрота литологического состава (быстрая смена фаций) затрудняют увязку (параллелизацию) между собой различных свит этого возраста, выделяемых в разных районах различными исследователями.

Четвертичным образованиям района КМА автором посвящена особая статья (Н.К. Паффенгольц, 1961), почему ниже приводится лишь их общая краткая характеристика.

Описываемый район находится между Донским и Днепровским ледниковыми языками (рис. 4), четвертичные отложения которых до сего времени еще стратиграфически не увязаны между собой; поэтому к ним трудно применить общую датировку отдельных горизонтов по общепринятой "альпийской" схеме.

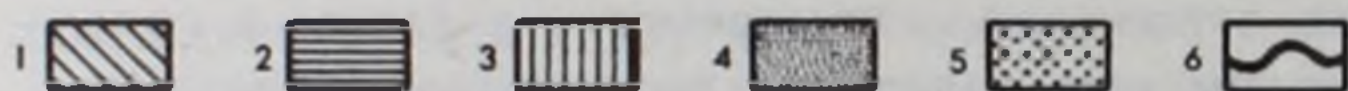
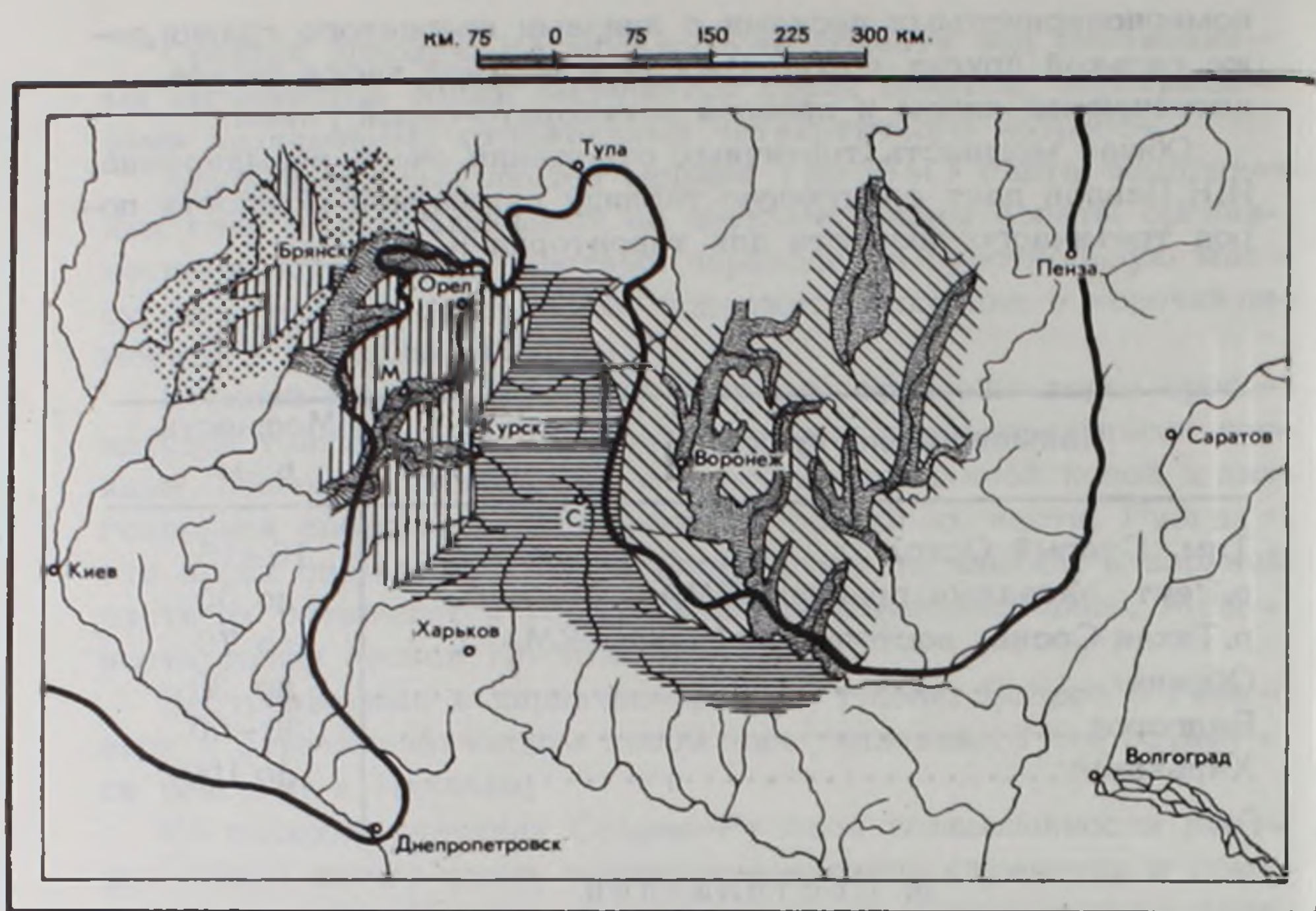


Рис. 4. Схематическая карта четвертичных отложений области Средне-Русской возвышенности (по М.Н. Грищенко, Б.М.Даньшину и др.).

Условные обозначения: 1 – морена донского и днепровского оледенения, прикрытая суглинками; 2 – покровные лессовидные глины, суглинки и супеси; 3 – лессы и лессовидные породы; 4 – водноледниковые и древнеаллювиальные отложения высоких террас; 5 – водноледниковые и древнеаллювиальные отложения на морене; 6 – граница максимального оледенения. М – Михайловка; С – Старый Оскол.

1. Доледниковые отложения, являющиеся наиболее древними четвертичными образованиями области, представлены серией элювиальных, аллювиально-озерных и делювиальных накоплений, сохранившихся от размыва обычно небольшими участками и отмечаемых в разрозненных обнажениях и в буровых

скважинах. В возвышенных частях Средне-Русской возвышенности доледниковые четвертичные отложения представлены бурыми и красно-бурыми вязкими брекчиевидными суглинками, глинистыми песками, развитыми в бассейне р.Оки близ гор.Орла, в бассейне рр.Свапы, Сева, Неруссы, Сейма, вне распространения ледниковых отложений.

Мошность глин непостоянна (от 0 до 10-35 м); по данным А.А.Дубянского и А.И.Москвитина, возраст этих глин может быть датирован как миндель-рисский.

2. Предледниковые флювиогляциальные отложения. Связаны с деятельностью древнего ледника, продвигавшегося далеко на юг в бассейне рр.Дона и Днепра и заходившего в пределы соседних областей.

Распространение предледниковых флювиогляциальных отложений является далеко не равномерным; накопление их подчинено особенностям древнего рельефа. Нижний их горизонт выражен песчаными и песчано-глинистыми разностями; первые обычно представлены светло-желтыми и серыми кварцевыми грубыми, косослоистыми песками с редкими валунами, встречающимися преимущественно в нижней части толщи. Выше по разрезу пески менее грубого состава, часто равно и мелкозернистые, иногда глинистые. По направлению к водоразделам в бассейне рр.Десны и Оки мелкозернистые пески верхней части толщи сменяются тонкослоистыми, сизоватыми безвалуныными суглинками и пылеватыми супесями.

Наиболее широко предледниковые флювиогляциальные отложения распространены в пределах Воронежской и Тамбовской равнин, в свое время полностью покрытых ледником. А.А.Дубянский отметил, что эти отложения выполняют огромные древние ложбины стока, впоследствии целиком погребенные. Мошность флювиогляциальных отложений в соответствии с вышеуказанным их генезисом весьма неравномерна; она колеблется от 0,5-0,1 м на окраинах потока до 20 - 30 м и более в основных руслах предледниковых потоков.

3. Морена. В пределах Средне-Русской возвышенности выделяются два основных поля распространения морены Днепровского оледенения: западное, принадлежащее Днепровскому ледниковому языку, и восточное, принадлежащее Донскому ледниковому языку, морена которого занимает наибольшую площадь. Толща морены сохранилась главным образом на междуречьях;

в пределах же речных долин, овражно-балочной сети, а иногда и на высоких водораздельных участках она размыта.

Различие в геоморфологических особенностях области распространения Донского и Днепровского ледниковых языков (несколько более молодого на Днепре), литологического состава и строения морен позволяет допустить разновременность этих оледенений, что обосновывает на основании изучения ископаемой флоры П.А.Никитин.

Ледниковые отложения встречаются только на краях Воронежской антеклизы. Основная часть антеклизы, и в том числе большая часть территории КМА, во время Днепровского оледенения представляла собой высокий водораздел, который стал препятствием для дальнейшего продвижения ледника на юг, являлась останцем между обтекавшими ее Днепровским и Донским языками ледника.

Четвертичные террасы далеко не всюду отчетливо выражены; обычно развита лишь одна из них, другие намечаются в виде обрывков, трудно увязываемых и сопоставляемых друг с другом.

Интересно отметить, что все описываемые в литературе террасы приурочены в основном к области вышеупомянутых ледниковых языков; в промежуточной между ними области по водоразделу между бассейнами Днепра и Дона, к северу от Харькова и, в частности, в районе Старого Оскола никем древние террасы не упоминаются. Не констатированы они и нами.

Аллювиальные и озерно-аллювиальные отложения четвертой террасы (относительная высота 50–60 м), распространенные в долинах рр. Оскола, Сейма, Псёла, Свапы, Усочи и других, по возрасту относятся к Днепровскому веку (Q_{II}^{Dn}). Представлены глинами, суглинками, супесями и песками, переслаивающимися между собой.

Аллювиальные отложения третьей террасы (относительная высота 30–45 м), относимые к калининскому веку Q_{III}^{Kl} распространены в долинах крупных рек. Представлены суглинками, супесями и песками. Суглинки зеленовато-серого, серого и коричневатобурого цвета, тяжелые и средние. Супеси серого и желтого цвета, тонкие. Пески мелкозернистые серого, желтовато-серого и желтого цвета, причем имеют подчиненное значение.

Аллювиальные отложения второй террасы (относительная высота 15–20, 12–15 м), относимые к валдайскому веку (Q_{III}^{wa}) распространены почти по всем речным долинам и представлены песками, суглинками и супесями, причем на террасах крупных рек преобладают песчаные отложения, а на террасах мелких рек суглинки и супеси. Возраст террасы определяется в бассейне Днепра как вюрмский, поскольку так аллювиальные пески этой террасы сливаются с зандрами вюрмского оледенения. На рр. Десне и Дону к этой террасе приурочены палеолитические стоянки с богатыми остатками фауны млекопитающих (М.Н. Грищенко, 1941).

Аллювиальные отложения первой террасы (Q_{IV}^{al}) имеющей относительную высоту 4–8–10–12 м, распространены по всем рекам, протекающим на территории КМА. Они представлены современным речным аллювием, мощностью до 16 м. Слагается он рыхлым песчано-глинистым материалом с прослоями гальки и торфа, причем преобладают пески. Иногда в отложениях первой террасы встречаются линзы переотложенных меловых пород.

Местами эта терраса по высоте приближается ко второй надпойменной террасе, вследствие чего их объединяют в один комплекс нерасчлененных террасовых отложений. На участках с низкими отметками в паводки поверхность террасы заливается водой, вследствие чего на поверхности ее развиты пойменные осадки. Время формирования этой террасы датируется поздней стадией вюрма.

Аллювиально-делювиальные отложения балок (Q_{ald}) распространены по дну и склонам современных оврагов и балок. Слагаются суглинками и супесями с примесью песков. Мощность отложений 1–3 м.

Пойменная терраса имеет относительную высоту от 1–2 до 6–8 м, причем местами наблюдается четкое морфологическое расчленение ее на две разновысотные поймы. Ширина пойменной террасы сильно варьирует: от нескольких десятков метров на малых реках до 1–3 км и более – на крупных. Поверхность поймы обычно ровная, но часто рельеф ее усложняется рукавами, старицами и связанными с ними озерами и болотами.

Пойма сложена обычно мелко- и неравномернозернистыми песками, иногда с гравием и галькой местных пород, кверху переходящими в зеленовато-серые, темно-серые и даже чер-

ные глины, с прослоями и линзами песка, бобовинами, конкрециями и небольшими плитами бурого железняка и линзами торфа. При впадении оврагов и крупных балок в долину отложения поймы обогащаются овражным делювием, нередко представленным хорошо выраженным конусом выноса (например, по долине р. Оскольца). Мощность пойменных отложений колеблется от 4–5 до 10–15 м и более.

Торфяники. В заболоченных поймах рек наблюдаются торфяники, представленные осоковым торфом. Мощность 3–10 м. Эти торфяники во многих местах разрабатываются как местное топливо.

Покровные эолово-делювиальные и делювиальные отложения (Q_{1-III}^{eol}) распространены по всей территории КМА за исключением пойм рек и тальвегов балок.

Элювиальные образования распространены на водоразделах и состоят из лессовидных более или менее песчанистых суглинков, которые, постепенно изменяясь, переходят в подстилающие коренные породы. Элювиальные суглинки водоразделов сменяются на склонах долин рек и балок делювиальными суглинками.

В верхней части делювиально-элювиальные покровные суглинки более или менее песчанистые, часто известковистые, пористые, лессовидные, в нижней части более плотные и тяжелые. Мощность покровных отложений колеблется от 0 до 48 м. Иногда они имеют неясную слоистость, а также содержат до трех горизонтов погребенных почв, что соответствует трем межледниковым периодам. Мощность толщи суглинков на водоразделах в среднем равна 4–5 м, а на склонах долин и балок возрастает до 10–15 м. На поверхности лессовидных пород развиты блюдца и типичные следы лессового карста. Делювиальный покров наиболее широко развит на склонах, обращенных к северу, где мощность его достигает 20 м и более. На склонах, обращенных к югу, мощность делювия невелика, и местами он полностью отсутствует.

В экстрагляциальной области между Днепровским и Донским ледниковыми языками в пределах Средне-Русской возвышенности покровные породы имеют несколько иное строение; эта область еще очень мало изучена. Мощность суглинков колеблется от 0,5 до 5,0 м, они неоднородны. Обычно содержат два горизонта погребенной почвы. Происхождение этих

суглинков Б.М. Даньшин связывает с элювиальными процессами выветривания коренных пород на водоразделах и делювиальными процессами на склонах (т.е. это элювиально-делювиальные накопления).

Восточнее, между областью, занятой лессами, и областью распространения отложений Донского ледникового языка, протягивается полоса покровных лессовидных глин, суглинков и супесей, охватывающая водораздел рр.Днепра и Дона и верховья правобережных притоков р. Дона. В эту область входит и исследованный нами бассейн р. Оскольца.

Строение толщи покровных пород на территории указанной области изучено еще весьма мало, хотя район представляет исключительный интерес как переходная полоса между лессовыми и безлессовыми районами. Покровные породы лежат здесь иногда (на севере) на доледниковой погребенной почве, но чаще непосредственно на коренных породах. Поэтому время образования их охватывает все ледниковые эпохи четвертичного времени. В связи с этим понятной становится сложность строения этой толщи. Покровные суглинки здесь перекрывают междуречья, склоны долин и балок и спускаются на высокие надпойменные террасы и ложа балок на высоких отметках.

ГЕОМОРФОЛОГИЯ

Современный рельеф Средне-Русской возвышенности выработался в результате сложного ряда физико-геологических процессов, предопределенных условиями формирования и характером залегания коренных пород. Местами роль коренных (древних) пород отчетливо выявляется в выработке (устройстве) деталей современного рельефа; главную роль в создании последнего играло четвертичное оледенение, сопровождавшееся (в течение сравнительно коротких сроков) сильнейшими изменениями физико-географической обстановки, характера и интенсивности процессов эрозии и аккумуляции.

Территория КМА занимает южную часть Средне-Русской возвышенности, водораздел рр. Днепра и Дона и представляет собой невысокую всхолмленную равнину, расчлененную речными долинами, балками и оврагами. Длина расчленения: 0,6 – 1,2 км на 1 км². Абсолютные высоты возвышенности колеблются от 150 до 310 м, но преобладают участки с абсолютными высотами от 150 до 250 м. Средняя абсолютная высота водораздела Средне-Русской возвышенности имеет отметки 260–280 м, а урез крупных рек 65–100 м, откуда относительные превышения составляют 180–200 м, что и обуславливает интенсивную эрозию.

Южный склон возвышенности длинный и пологий. Древовидная речная сеть сравнительно слабо разветвлена, что особенно характерно для системы р. Оскола, как бы сжатой реками системы Дона и Днепра. Чем далее к югу (к широтному течению р. Северного Донца), тем больше появляется меридиональных притоков Донца, текущих параллельно в широких асимметричных долинах.

На описываемой территории берут начало много рек, наиболее значительными из которых являются Сев.Донец, Оскол, Сейм, Псёл, Ворскла. Речная сеть отличается большой густотой. Все реки здесь характеризуются небольшими размерами, медленным течением, малыми глубинами и морфологической зрелостью.

Основными факторами, определявшими условия развития рельефа территории КМА в четвертичное время, являются, вне сомнения, вертикальные колебательные движения этой части Русской платформы, обуславливавшие периодические изменения в положении базисов эрозии, а также смена эпох оледенения и межледниковых эпох; ими определялись массы воды, воздействующей на рельеф, и отвечающие им количества сносимого материала, слагавшие затем соответствующие террасы, играющие исключительную роль в восстановлении геологической истории области в четвертичное время.

С регрессией третичного моря на юге произошло удлинение долин, существовавших на территории районов, не покрывавшихся морем, по направлениям, близким к меридиональному (Тим, верховья Сейма, Оскола, Северный Донец), а также заложение новых долинных систем и, естественно, перестройка прежних (переуглубление, перехват и т.д.). Вследствие постепенного поднятия Воронежской антеклизы уклон поверхности по ее окраинам к западу и востоку стал увеличиваться от меридионального направления на юго-запад и юго-восток.

В зависимости от состава, условий залегания, характера поверхности коренных пород, от генезиса и распределения четвертичных рыхлых накоплений, от деятельности текучих вод — этого основного агента, преобразующего рельеф в четвертичное время, в пределах Средне-Русской возвышенности (куда входит и район КМА) на водоразделах и их склонах возникли следующие типы рельефа:

1. Возвышенные плоские и полого-волнистые равнины.
2. Возвышенные слабо расчлененные равнины.
3. Возвышенные средне расчлененные равнины.
4. Возвышенные резко расчлененные равнины.
5. Низменные слабо расчлененные равнины.
6. Низменные плоские и полого-волнистые равнины.

По преобладанию того или иного типа рельефа, а также по их сочетанию и соотношению в пространстве вся описываемая

область Средне-Русской возвышенности разделяется А.И.Соловьевым и Т.Г.Тимохиной (1949) на пять геоморфологических районов. 1) Западный район, 2) Центральный район (разделяющийся на два подрайона), 3) Южный район (с тремя подрайонами), 4) Юго-восточный район и 5) Восточный район (рис. 5)

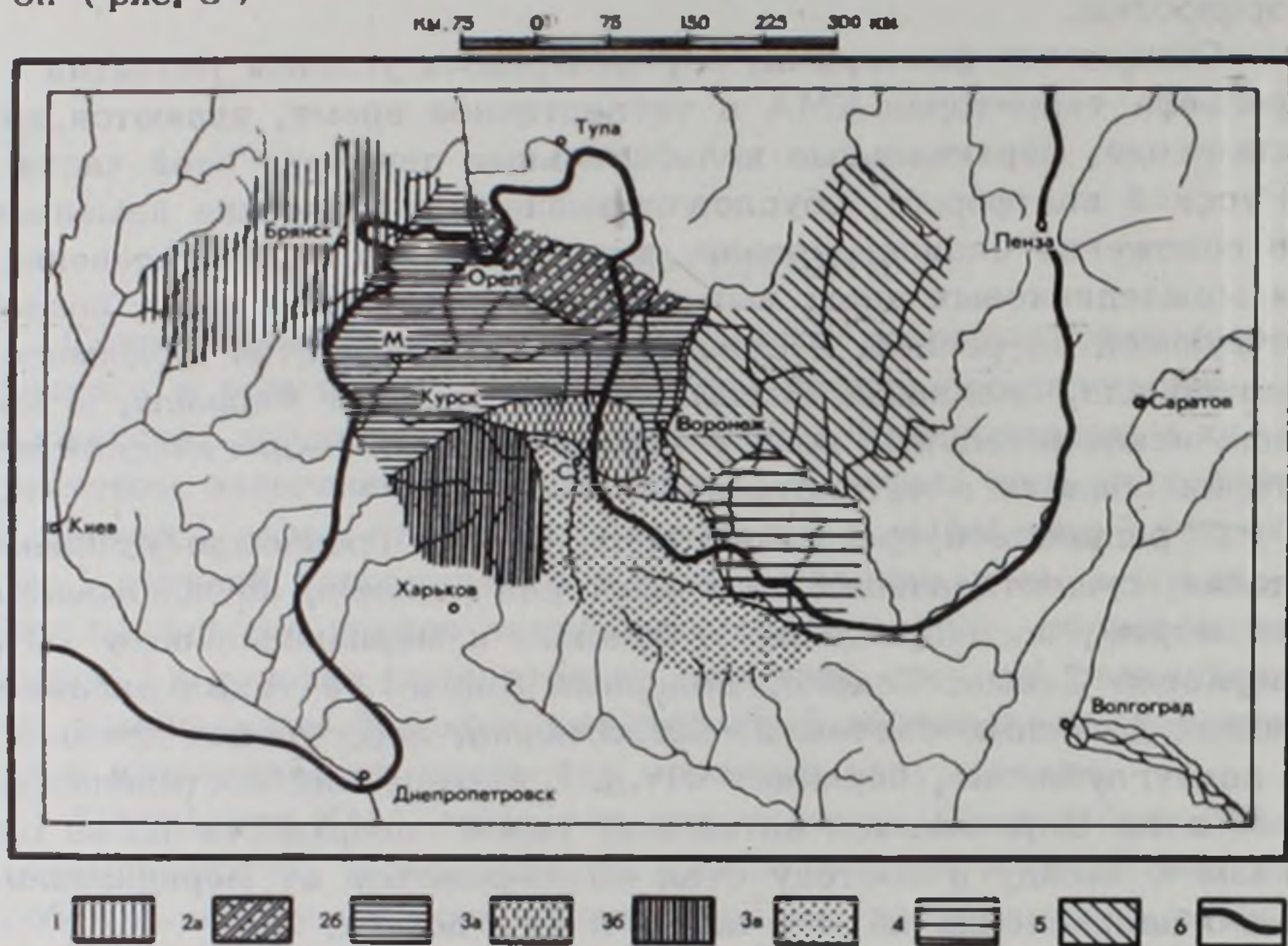


Рис. 5. Схема геоморфологических районов области Средне-Русской возвышенности (по А.И.Соловьеву, Т.Г.Тимохиной и др.).

Условные обозначения: 1 – Западный район; 2 – Центральный район; 2а – Северный подрайон; 2б – Южный подрайон; 3 – Южный район; 3а – Северный междуречный подрайон; 3б – Придонецкий подрайон; 3в – Придонской подрайон; 4 – Юго-восточный район; 5 – Восточный район; 6 – граница максимального оледенения.

М – Михайловка; С – Старый Оскол.

Детально исследованные нами участки бассейна р.Оскольца и района с. Михайловка попадают соответственно в Придонский район Южного района (бассейн р.Оскольца) и в Южный подрайон Центрального района (район с. Михайловка, Курской области).

Южный подрайон сложен породами девона, мезозоя и четвертичными; поверхность девона к югу постепенно понижается, мощность пород мезозоя, а также покрывающих их четвертичных лессовидных суглинков — увеличивается. Наиболее возвышенные площади подрайона представляют плоские и пологоволнистые равнины, абсолютной высоты 240–270 м.

На территории подрайона проходит Главный Черноморско-Каспийский водораздел; он представляет собою возвышенное плато с крупноволнистым рельефом, резко расчлененное долинобалочной и овражной сетью.

Направление долин крупных рек, близкое к меридиональному, является "унаследованным" от древних доюрских ложбин. Наибольшие притоки этих рек имеют широтное направление; долины их моложе основных долин.

Территория подрайона расчленена широкими, неглубокими балками и логами, причем склоны их задернованы. На плоских междуречьях встречаются "степные блюдца", не имеющие стока. В долины, балки и лога врезаются довольно густая (разветвленная) сеть оврагов, находящихся в разных стадиях развития. Развитию оврагов весьма благоприятствуют большая мощность лессовидных суглинков, подстилаемых песчаными толщами, достаточная континентальность климата с большими колебаниями средних температур (июль + 18–22°, январь — до — 11°С) и ливневым характером осадков или бурным снеготаянием и, наконец, крутизна и ориентация склонов, а также положение базисов эрозии. Крупные долины где эрозией вскрыты толщи древних пород (меловых и юрских), отличаются широкими днищами и пологими "заплывающими" склонами.

Придонский подрайон располагается к востоку от меридионального отрезка р.Оскола. В его пределах доминирует возвышенная, резко расчлененная равнина с близким к поверхности залеганием закарстованного мела и мергелей, прикрытых разобщенными участками песков, песчаников и маломощным слоем суглинков.

Крупные крутосклонные холмы чередуются с обширными

глубокими котловинами. На фоне крупнохолмистого рельефа денудацией и эрозией в конце третичного и на всем протяжении четвертичного времени, а также оползнями была создана густая долинно-балочная и овражная сеть.

1. Геоморфология района бассейна р. Осколец (Лебединское и другие месторождения КМА)

Река Осколец является небольшим правым притоком р. Оскола – крупного левого притока р. Северного Донца.

Долина реки имеет почти широтное направление при длине около 45 км; устье реки у гор. Старый Оскол находится на абсолютной высоте 122 м, а слияние ее верховий в районе с. Осколец – на высоте 170 м. Таким образом, уклон поймы реки равен примерно 1 м на 1 км, т.е. около 0,001 м. Общее превышение водораздела над устьем долины достигает 133 м.

Геологическое строение бассейна р. Осколец является несложным; здесь развиты карбонатные породы верхнего мела и палеогена, мощность их около 70–95 м.

Под поймой долины р. Осколец, по данным буровых скважин, залегают отложения сеномана, представленные в нижней части разреза глауконитовыми песками (20–25 м), а выше – песчаным мелом с фосфоритовой галькой (3–4 м). Падение весьма пологое к западу.

На размытой поверхности писчего мела (турон-коньяк) залегают породы сантона (25–30 м), представленные мергелями и частью глинами. Породы сантона местами сильно размыты и трансгрессивно перекрываются палеогеном, слагающим плоские водоразделы; представлен палеоген песчано-глинистыми накоплениями мощностью до 30 м.

Четвертичные отложения представлены довольно мощным (до 15–20 м) чехлом покровных суглинков, а также аллювиальными накоплениями пойменной террасы и разнообразными делювиальными и элювиальными образованиями. Следует отметить, что более высоких, чем пойменная, террас здесь нигде не констатировано.

По геоморфологическому признаку исследованный район попадает, как уже указывалось, в Придонский подрайон Южного района геоморфологического районирования области Средне-Русской возвышенности, характеризующийся скульптурным релье-

фом. В генетическом отношении рельеф района относится к водно-эрозионному и водно-аккумулятивному типу, в морфографическом – к платообразному овражно-балочно-долинному типу, а в морфометрическом – к среднерасчлененному, полого – и среднесклонному типу.

Долина р. Оскольца отличается (Н.К. Паффенгольц, 1961, карта фиг. 5) широкой пойменной террасой: в нижнем течении ширина ее достигает 1,0–1,2 км, в у слияния верховий (район сс. Осколец – Кандауровка) – 0,20–0,30 км; далее кверху она, естественно, постепенно суживается.

Относительная высота пойменной террасы р. Оскольца до 1 м. Форма поперечного сечения главной долины и крупных боковых логов обычно трапециевидная (горизонтальная пойменная терраса и слабовыпуклые склоны). Склоны долины отлогие с крутизной порядка 1 : 10. Некоторые же овраги – “приток логов” – обладают У – образным поперечным сечением. Склоны всех логов являются асимметричными. Лога левобережья р. Оскольца имеют, как правило, пологий, слабовыпуклый правый склон и более крутой – левый; при этом правый склон сложен мощными делювиальными суглинками, а левый – преимущественно коренными породами (песчий мел), прикрытыми элювием или ничтожным слоем делювия. Склоны оврагов, сложенные меловыми породами, подвержены интенсивному разрешению в результате бокового оврагообразования.

Лога же правобережья долины р. Оскольца имеют пологий, слабовыпуклый левый склон и более крутой – правый; правый склон сложен коренными породами, а левый – делювиальными суглинками.

Склоны, падающие на юг и восток, разрушаются значительно быстрее и имеют большое количество деформаций.

Продольные уклоны большинства логов колеблются от 1° до 1,5° в нижних частях логов и от 1,5° до 3,5° – в верхних частях отдельных отрезков логов.

Вышеотмеченная крутизна склонов (левого по левобережью и правого по правобережью) (см. табл. 1, стр. 11 в работе автора – 1961 г.) объясняется неодинаковой их инсоляцией (на солнечных склонах в весеннее время происходит более интенсивное таяние снега и соответственно более сильный размыв их), в связи с этим и неодинаково быстрым выветриванием пород на противоположных склонах, неодинаковой экспозицией

по отношению к господствующим ветрам, а также связанной с предыдущими условиями неодинаковой густотой и составом растительного покрова на обоих склонах.

В пределах бассейна долины р. Оскольца развиты эрозионные и суффозионные процессы. Эрозионные процессы имеют очень широкое распространение и активно расчленяют поверхность склонов долины. Развитие оврагов наиболее интенсивно протекает на крутых участках склонов. Скорость роста существующих оврагов достигает порядка нескольких метров в год (по наблюдениям дорожных мастеров).

В пределах преимущественного развития четвертичных пород легко размокающие суглинки в полужидком состоянии сносятся в тальвег оврага, заполняя его в виде вязкой, пластичной грунтовой массы, медленно движущейся, часто незаметно для глаза, в сторону падения тальвега. Заполнение дна оврага подобным грунтовым потоком коренным образом меняет его форму, создавая впечатление старого оврага трапециевидной формы.

В сухое время года грунтовая масса этих потоков высыхает и покрывается редкой травянистой растительностью. Склоны оврагов не имеют древесной и кустарниковой растительности, за исключением некоторых оврагов в верховьях отдельных левобережных логов долины р. Оскольца.

Головная часть оврагов в зоне распространения меловых пород развивается в большей части за счет выхода грунтовых вод и в меньшей — за счет поверхностного стока, т.е. суффозионным путем. Это видно из того, что головные части многих оврагов, врезаемых на глубину залегания переотложенного мела, не имеют никаких следов поверхностного стока в овраг, и здесь наблюдаются вертикальные стенки с нишами вымывания на уровне дна оврага.

Местами на склонах наблюдаются пологие перегибы, прослеживаемые на небольшие расстояния по простиранию. Обусловлены они, вне сомнения, особенностями геологического строения, т.е. наличием более устойчивых пластов коренных пород на некоторой глубине под наносами.

Бассейн р. Оскольца обладает средней расчлененностью склонов; при этом расчлененность склонов логов левобережья относительно меньше расчлененности логов правобережья, что также можно объяснить экспозицией. Склоны долин логов пере-

ходят в водораздельное плато путем постепенного выполаживания. Оползневых явлений нигде не констатировано.

Местами на крутых склонах наблюдаются мелкие осыпи меловых пород. Гораздо чаще по склонам логов наблюдаются делювиальные шлейфы, подпружинивающие отдельные участки логов; при пропиливании этой подпруды временными водостоками в тальвеге образуются характерные пороги, в разрезе которых местами видна отчетливая мелкая слоистость.

Современные овраги образуются на участках, сложенных в основном делювиальными суглинками как на склонах логов так и в их верховьях (Лебедок, Моздовский, Березовый и др.).

В основании склона долины р. Оскольца на уровне пойменной террасы, а также у уреза реки во многих пунктах наблюдаются выходы подземных вод, обладающих иногда слабым напором (у сс. Кандауровка, Рождественское и др.). Судя по температуре (8°C), это воды меловой толщи. В пойме р. Оскольца, вероятно, разгружаются также воды сеноманской песчаной толщи, которые перекрываются отложениями пойменной террасы.

Пойменная терраса р. Оскольца большей частью сильно заболочена вследствие пологого ($0,001$) ее падения. На некоторых участках встречаются торфяники, местами разрабатываемые.

Направление долины р. Оскольца почти широтное; залегание пород горизонтальное. Продольный профиль долины весьма пологий, падение плавное. Продольный профиль боковых логов совершенно плавно сопрягается с продольным профилем главной долины т.е. является согласованным.

Как уже упоминалось, во всем бассейне не констатировано более высоких террас, чем пойменная. Мощность отложений пойменной террасы достигает, по данным бурения, $20-11\text{ м}$; у краев она примыкает непосредственно к коренным породам (песчий мел), перекрываясь иногда делювиальными накоплениями. Отсутствие более высоких террас в бассейне р. Оскольца позволяет сделать следующий интересный научный вывод. Поскольку террасы являются отражением отдельных этапов эрозии, их отсутствие говорит о том, что этот район испытывал непрерывное равномерное поднятие (эпейрогеническое) в течение всего четвертичного периода и указывает на наличие одного этапа врезания.

По Н.И.Николаеву (1949) центральная часть Воронежской антеклизы за четвертичное время испытывала суммарное поднятие с максимальной скоростью 0,2 мм в год или 2 см в 100 лет.

Район бассейна р.Оскольца характеризуется рельефом с выпуклыми склонами, что говорит о возрастающей интенсивности эрозии, т.е. об эпейрогеническом поднятии района и восходящем развитии рельефа. Из приведенного факта можно сделать следующий практический вывод; благодаря указанному поднятию облегчается разгрузка подземных вод сеноманской толщи песков.

2. Геоморфология района Михайловка (бассейн рек Речицы, Черни и Свапы)

Исследованный район обнимает часть бассейна среднего течения р.Свапы в районе впадения в нее притоков: р.Усож (слева) с правым притоком последней – рр.Рясник и Речица. В основном изученный район представляет собой бассейн нижнего течения р.Черни; длина ее на данном участке около 13 км при меридиональном направлении (Н.К.Паффенгольц, 1961, карта – рис. 10).

Устье р.Черни находится на абсолютной высоте около 159 м, а наивысшие точки водоразделов в пределах исследованного района имеют отметки до 230 м. Отметка поймы по северной рамке листа определена путем экстраполяции в 175 м. Падение реки в пределах изученного участка равно 1,1 м на 1 км, т.е. около 0,0011.

Геологическое строение района очень однообразное; здесь обнажаются лишь отложения альб-сеномана и частью апта.

Альб-сеноман представлен песками, в основании белыми, а выше – желтыми; в верхах последних встречаются фосфоритовые стяжения. В основании альбских песков на многих участках выходят родники. Водоупор представляют, видимо аптские глины. Вследствие низкого гипсометрического положения они почти всюду скрыты под делювием и аллювием.

Наибольшее площадное развитие имеют здесь четвертичные отложения, представленные чехлом покровных суглинков, а также делювиальными отложениями и пойменными образованиями.

Покровные суглинки представляют породы желто-бурого

и палевого цвета золово-делювиального происхождения. Видимая мощность их достигает 7–8–10 м. Суглинки местами лесовидные, слагают вертикальные стенки высотой до 3–5 м. При размыве образуются характерные столообразные и пирамидообразные останцы. Местами заметна отчетливая слоистость; погребенные почвенные горизонты отсутствуют.

Делювиальные глины желто-бурого цвета, тяжелые, более плотные по сравнению с покровными суглинками. Отложения пойменной террасы представлены песками, глинами, илами и торфом. Вышележащая терраса (мощностью 3,5–4 м) сложена песками и глинами.

По геоморфологическому признаку район принадлежит южному подрайону Центрального района Средне-Русской возвышенности, характеризующемуся скульптурным рельефом. В генетическом отношении рельеф района относится к водно-эрозионному и водно-аккумулятивному типу, в морфологическом – к пластообразному овражно-балочно-долинному типу, а в морфометрическом – среднерасчлененному, полого- и среднесклонному типу.

Долина р. Черни характеризуется широкой пойменной террасой довольно равномерной ширины (до 0,9 км). У слияния р. Черни с р. Свапой объединенная пойма значительно шире. Длина рр. Рясника и Речицы несколько уже (до 0,5 км), лишь у слияния с ручьем Погаршина ширина пойменной террасы (долины) достигает 0,75 км. Все крупные логи – притоки р. Черни обладают отчетливо выраженной пойменной террасой, сливающейся с террасой главных долин (Речицы и Черни). Ширина их около 100–200 м. Относительная высота пойменных террас рр. Речицы и Черни около 1 м.

Форма поперечного сечения главной долины и крупных боковых логов обычно трапециевидная, обусловленная наличием горизонтальной пойменной террасы и слабовыпуклых боковых склонов. Некоторые овраги – “притоки боковых логов” имеют У-образную форму.

Склоны обычно асимметричны, что обусловлено их разной экспозицией; солнечные склоны обычно являются более крутыми. Долины с равномерно освещенными склонами симметричны.

Форма склонов всего этого района обычно всегда слабовыпуклая, что так же, как и для района бассейна р. Оскольца, согласно теории В. Пенка, говорит о возрастающей интенсив-

ности эрозии и восходящем развитии рельефа, т.е. об эпейро-геническом поднятии этого района.

Перегибов на склонах нигде не отмечено, что обусловлено однородным литологическим составом (пески) коренных пород (альб-сеноман), а также равномерностью поднятий и врезаний данного района. Он характеризуется средней расчлененностью склонов, причем наиболее расчленено правобережье р. Черни (см. геоморфологическую карту; 1961, фиг. 10) и, в частности, правобережье р. Речицы. Следует отметить, что в отличие от района бассейна р. Оскольца, здесь овраги развиваются только в покровных породах (четвертичных), так как коренные породы представлены песками (хорошо фильтрующими).

Из особых форм размыва и выветривания в оврагах, сложенных лессовидными покровами суглинками, следует отметить вертикальные отдельности, столбообразные, а также пирамидообразные останцы.

Склоны долин и логов переходят в платообразные водоразделы путем постепенного выполаживания. Оползневых явлений нигде не наблюдается. Осыпи встречены лишь в незначительном количестве пунктов за пределами описываемой территории. Гораздо чаще наблюдаются делювиальные шлейфы, сложенные глинисто-песчаным материалом.

К современным физико-геологическим процессам на исследованной площади относятся заболачивание и оврагообразование.

Как отмечалось выше, в основании альбских песков имеется водоносный горизонт, выклинивающийся в виде родников невысоко над пойменной террасой. Его воды питают пойменную террасу, на которой, в силу незначительного уклона долины реки, образуются заболоченные участки. Местами пойменная терраса покрыта густым кустарником (ива, верба, и др.).

Современные овраги образуются на участках, сложенных делювиальными суглинками как на бортах некоторых логов, так и в их верховьях. На склонах, сложенных коренными породами (песками альб-сеномана), образований оврагов не наблюдается, что обусловлено их литологическим составом (быстрая фильтрация).

Ширина долины на уровне верхней части пологого склона от 1,5 (долина р. Речицы) до 3 км (долина р. Черни). Ширина же пойменных террас — соответственно 0,5 км и 0,9 км.

Направление долины р. Черни почти меридиональное, направление левых притоков широтное, а правобережных – северо-западное. Залегание пород горизонтальное.

Продольный профиль главной долины очень пологий (0,01), плавный. Сопряжение боковых логов с главной долиной согласованное.

Кроме пойменной террасы, в исследованном районе встречаются местами остатки более высокой второй террасы (мощность 3,5–4 м), а за пределами его, выше с. Черняково, была встречена еще и промежуточная терраса (1,5 м), занимающая незначительную площадь.

Вторая терраса была встречена по р. Речица против с. Веретенино, по левому берегу р. Черни у с. Лунино и вне пределов исследованного района у сс. Волково и Черняково. Всюду она занимает крайня незначительные площади. Эти наблюдаемые местами клочки более высокой террасы являются, вне сомнения, локальными, обусловленными подмывом устьевых конусов выноса боковых притоков меандрирующим руслом главной реки и врезанием ее в накопленные аллювиальные наносы, поверхность которых и остается тогда по берегам русла в виде террас до того места, до которого сказывалось влияние местного базиса эрозии.

Морфометрические данные террас:

1. Высота промежуточной террасы – 1,5 м; второй – 3,5 и 4 м.

2. Ширина террас: пойменной – 0,5–0,9 км; второй – до 100 м, длина второй террасы до 1 км.

Морфологические данные: поверхности террас ровные; пойменная терраса заболочена, местами наблюдаются заросшие старицы, а также небольшие озера.

Уступы террас крутые или обрывистые, местами распычатые или размытые.

Остатки второй террасы наблюдаются обычно против излучин реки. Террасы врезаны в коренные породы альб-сеномана.

Возраст пойменной и вышележащей террасы на основании региональных сопоставлений можно считать соответственно $Q_{iv} \text{ } \alpha \ell_1$ и $Q_{iii} \text{ } \alpha \ell_2$, т.е. они моложе калининского века.

Район богат лиственными лесами, занимающими верховья некоторых логов и части водоразделов. По левобережью низовья р. Черни развиты хвойные леса.

ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РАЙОНА, ФОРМАЦИИ КМА И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Геологическое строение осадочного покрова территории КМА довольно сложно, так как различные ее зоны подвергались неоднократным колебательным движениям, что обусловило частичный или полный размыв отдельных ярусов пространенной здесь осадочной толщи. Фации и формации осадков находятся в теснейшей связи с колебательными движениями земной коры (рис. 6).

История геологического развития района КМА в общих чертах представляется в следующем виде. Как уже указывалось, наиболее древними образованиями, слагающими геологический разрез района КМА, являются породы протерозойского метаморфического комплекса, в том числе железистые кварциты. Эти породы по своему генезису являются сравнительно глубоководными морскими осадками, отложившимися в докембрийском водном бассейне, которые подвергались затем диагенезу и преобразовались под воздействием интенсивного метаморфизма, сопровождавшегося метасоматозом. В результате протекших тектонических процессов комплекс метаморфических пород был смят в сложные и крутые складки. Территория КМА вместе с сопредельными районами в конце протерозоя была превращена в горную страну.

Во время кембрийского и силурийского периодов, а также в нижнедевонскую эпоху в районе КМА господствовали континентальные условия, так как трансгрессия моря из Гампианской геосиклинали (с запада) сюда не доходила. В течение этого продолжительного времени докембрийский кристаллический фундамент Воронежской антеклизы представлял со-

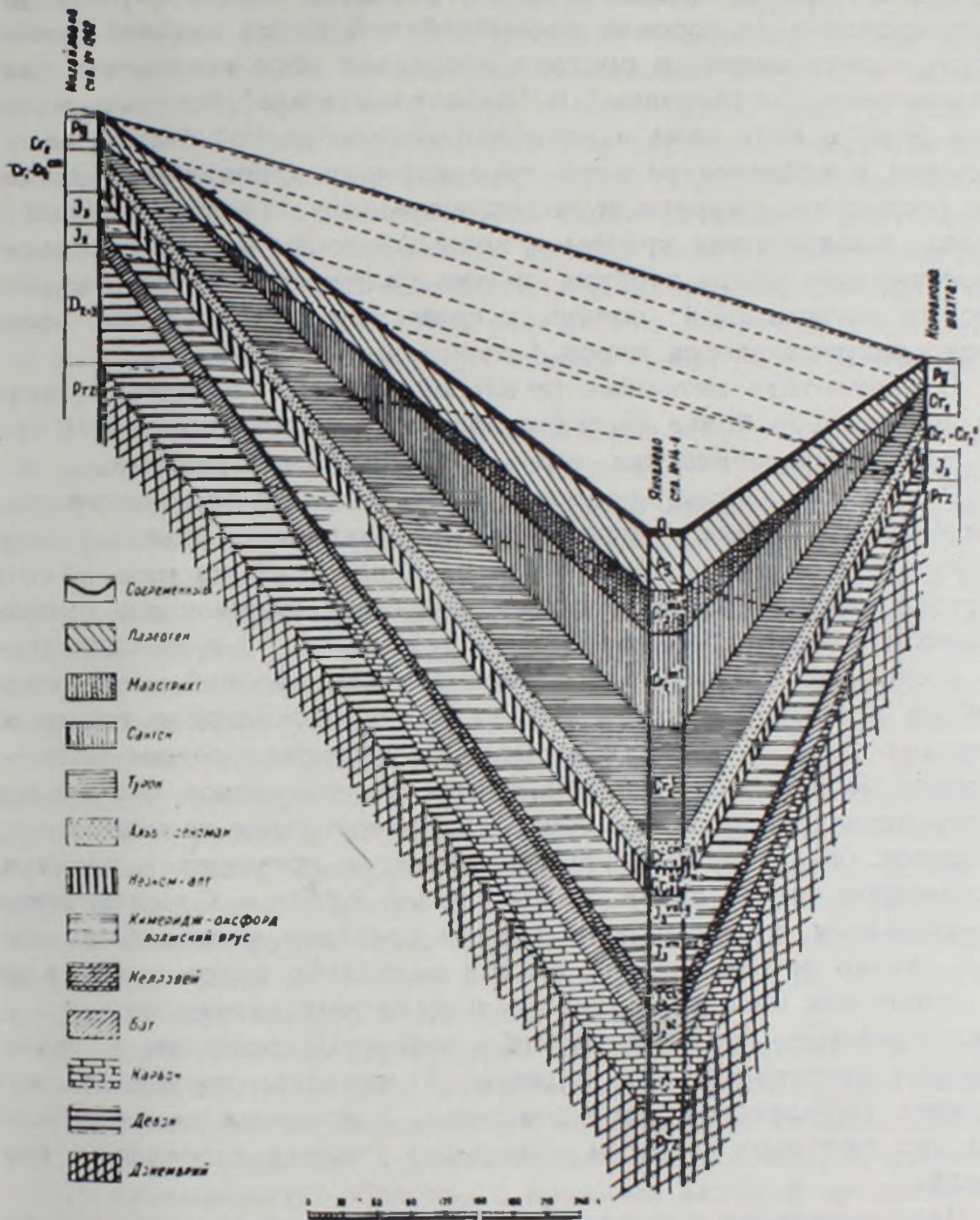


Рис. 6. Блокдиаграмма района КМА.
Составил Н.К.Паффенгольц.

бой сушу, где происходила пенепленизация горной страны и формирование на породах докембрийской толщи мощной зоны коры выветривания; в составе последней образовывались так называемые "остаточные" и "переотложенные" богатые железные руды в виде линз и покровов разнообразной формы на склонах и впадинах рельефа того времени. Эрозионные процессы постепенно разрушали выветрелую зону кристаллических пород, вырабатывая хребты и возвышенности на местах распространения более стойких против разрушения пород (железистые кварциты) и долины и низменности в пределах более легко разрушающихся пород (сланцы).

В результате железные руды района КМА находятся часто на значительно более высоких абсолютных отметках, чем кровля других докембрийских пород в близлежащих районах.

В среднем девоне северная часть Воронежской антеклизы покрывается морем. Герцинский цикл начинается здесь с терригенных образований; область сноса находилась на юге и юго-востоке района. Новые морские отложения начинаются только с верхней части среднего отдела девона (D_2^2) и связываются со второй большой палеозойской трансгрессией моря, шедшей на Уральской геосинклинали. В старооскольское время живетского века на этой территории существовал режим мелководного бассейна, в условиях которого отложились породы глинисто-песчано-конгломератового и известняково-глинистого горизонтов. Эти отложения прослеживаются примерно в десятках километров южнее линии Михайловка – Курск – Старый Оскол. По-видимому, границы моря верхов среднего девона были южнее, однако его отложения в этой зоне либо сохранились в виде отдельных небольших линз в пониженных частях рельефа докембрийского фундамента, либо полностью смыты в более поздние континентальные периоды. В качестве примера может служить Лебединское месторождение, в пределах контура богатых руд которого вскрыты отдельные участки девонских отложений.

Незначительная регрессия после отложения старооскольских слоев сменяется в начале верхнего девона новой трансгрессией, с которой связано образование шигровских слоев. Граница отложений этого моря с юго-запада доходит до линии Дмитровск – Михайловка – Курск – Старый Оскол – Острогожск – Ростов – Богучар. Область размыва остается в южной части

Область размыва остается в южной части территории, захватывая районы Обояни и Белгорода. В начальный период в указанном районе идет накопление каолиновых песков, а затем, с некоторым углублением моря – полосчатых глин. В условиях мелководного моря образовался верхний – мергелисто-глинистый горизонт шигровских слоев (В.Н. Преображенская, 1954). К северу от центральной части антеклизы постепенно наслаиваются в разнообразных фациях слои верхнедевонского разреза, а также слои Елецкого и Данково-Лебедянского подъяруса Фаменского яруса. Все они полого погружаются к северу и северо-востоку, образуя южное крыло Московской синеклизы.

В течение франского века девонское море, сохраняя нормальный режим, продолжает постепенно отступать на север и северо-восток. Область размыва увеличивается, захватывая районы Михайловки, Обояни, Белгорода, Старого Оскола.

Аналогичная картина наблюдается и в фаменский век. Береговая линия верхнедевонского моря в этот отрезок времени проходит через район гор. Орла, между городами Елец и Воронеж и далее на восток по р. Хоперу. В фаменский век на территории КМА устанавливаются континентальные условия.

Местные колебательные движения, происходившие после девонской трансгрессии, приводили к поднятию отдельных участков и размыву коры выветривания докембрийской кристаллической толщи. Продукты этого размыва сносились в ближайшие водоемы, образуя в некоторых случаях переотложенные железные руды. Процессы формирования переотложенных руд происходили не только в девонское время, но и в течение каменноугольного и юрского периодов.

Морской бассейн Днепровско-Донецкой впадины в это время еще не достигал исследованных нами районов. Центральная и южная части Воронежской антеклизы в течение девонского периода сохраняли континентальные условия, представляя собой возвышенную область, в пределах которой продолжалось нивелирование рельефа и образование коры выветривания докембрийских пород. Из вышеизложенного явствует, что отложения девона представляют в целом нижнюю терригенную формацию (формация 1 – Н.К. Паффенгольц, 1961). Осадки девона сменяются известняками нижнего карбона.

В нижнекаменноугольный период происходит погружение

этой области и наступление моря, в результате чего образуется толща довольно однообразных чередующихся темных сланцеватых, песчано-глинистых осадков и серых, то более светлых, то более темных известняков, с прослоями бурых и каменных углей.

Характер каменноугольных осадков в южных районах КМА свидетельствует о наличии здесь в этот период мелководных морских и прибрежных континентальных условий (так называемый "паралический" тип накопления осадков).

Северная граница распространения осадков каменноугольного периода происходит по линии Дмитриев – Обоянь – Прохоровка – Новый Оскол. Осадки мелководного и континентального типов откладывались, по-видимому, и к северу от линии сплошного распространения морских каменноугольных отложений, на что указывает В.Н.Преображенская (1955), обнаружившая в районах Тима и Михайловки комплекс каменноугольных спор. Известняки нижнего карбона составляют известняковую формацию (формация II).

В конце нижнекаменноугольного периода весь район Воронежской антеклизы (и соответственно районы КМА) поднялся над уровнем моря, и на данной территории вновь установился длительный континентальный режим, продолжавшийся до средней юры. Девонские отложения на севере антеклизы и каменноугольные на юге ее начали разрушаться континентальными процессами выветривания и размыва, что привело к накоплению продуктов разрушения в пониженных участках рельефа. На местах, где палеозойские отложения были полностью снесены, размыву подвергалась и кора выветривания докембрийских пород. При выветривании железистых кварцитов продолжалось образование остаточных железистых руд.

Центральная часть Воронежской антеклизы местами, вероятно, покрывалась и девонскими и нижнекаменноугольными осадками, но в этот континентальный период они, по-видимому, были почти полностью эродированы. Можно предполагать, что эти отложения могли формироваться только вдоль отдельных депрессий докембрийского рельефа центральной части антеклизы, по которым проникали заливы палеозойских морей. Анализ биостратиграфии, литофаций, мощностей и особенностей структурно-тектонического развития позволяет выделить на территории КМА три основных этапа геологической истории юрского периода: нижне-, средне- и верхнеюрский. Морские юрские от-

ложения Русской платформы связаны с трансгрессией моря из Средиземноморской геосинклинали. Трансгрессия начинается в средний период в байосский и батский века и продолжается до конца юрского периода. В конце верхнеюрского времени появляется резкое новое течение с севера, которое проходит на юг за пределы платформы.

Таким образом, юрские осадки Русской платформы формировались в условиях миграции двух заливов моря: Тетис-Волжского и залива Северного Ледовитого океана. Оба залива моря Тетис охватывали Воронежскую антеклизу с запада и с востока и соединялись между собой и с заливом Северного Ледовитого океана в районе Подмосковной котловины.

Погружение Днепровско-Донецкой впадины в юрское время обусловило несогласное залегание юрских слоев на палеозойских и докембрийских породах и наклон этих склонов к югу.

В ааленский, байосский и батский века южная часть территории КМА была занята морем. В районе Белгорода откладывались морские глинистые осадки с переходом в прибрежные мелководные в районе Обояни. К северу от этой территории, в районе Михайловки, Курска и Старого Оскола, формировались континентальные отложения.

Начиная с батского века среднеюрского периода море своей прибрежной полосой захватывало краевые части западного и восточного склонов Воронежской антеклизы, оставляя незатопленной область Донского поднятия, которая служила источником поступления терригенного материала.

Глубина среднеюрского моря и характер его осадков постепенно меняются в направлении с юго-востока к северо-западу в сторону обмеления и постепенного перехода от фаций мелкого моря к прибрежным и континентальным. Так, например, в районе Обояни известны глинистые отложения нижнего бата, в Михайловке — песчано-глинистые континентальные отложения, а далее к северу и востоку средней юры на территории КМА не обнаружено.

По В.Н.Преображенской (1954), северная граница объединенных отложений бат-келловей проходит примерно по линии Комаричи-Кромы-Шигры. Представлены они до гор. Курска мелководными осадками, а начиная от линии Потопахино — Боброво-Дворское к югу до Белгорода — прибрежно-континентальными осадками.

В келловейский, оксфордский и кимериджский века почти вся территория КМА была покрыта морем, снос обломочно-го материала в которое происходил с северо-востока.

В келловейский век начинается трансгрессия моря, захватившая всю территорию КМА. В среднем келловее наиболее глубокая его часть находилась в западном и северо-западном районах этой территории (район Михайловского месторождения и гор. Курска). В восточных и северо-восточных районах море было мелководным, и в них в указанный период откладывались более мелководные осадки, переходящие к востоку к прибрежным и континентальным, постепенно выклинивающимся в зоне Донского поднятия, которые вследствие послекелловейского размыва сохранились только во впадинах докембрийского фундамента. Таким образом, западные части Воронежской антеклизы были более прогнуты, чем восточные, примыкавшие к Донскому поднятию.

В оксфордский и кимериджский века условия были примерно одинаковыми. В районе старооскольской группы месторождений сохранились отдельные останцы известковистых глин оксфорда. Западнее Курска развиты мелководные морские песчанистые глины и южнее линии Скородное – Реутец – Рождественское – морские известковистые глины. Примерно те же условия сохранились и в кимериджский век с небольшим смещением береговой линии.

Образования нижневолжского яруса, напротив, пользуются более широким распространением в восточных районах, так как в нижневолжское время наиболее прогнутой зоной является узкая полоса вдоль Донского поднятия (районы гор. Курска, Тима, Шигров, Ржавы, Старого Оскола) и южный склон антеклизы (район гор. Обояни).

Осадки нижневолжского яруса имеют мелководный характер и ограниченное распространение. На остаточной части территории КМА и в нижневолжский, и верхневолжский века господствовали континентальные условия. В северо-западной, наиболее поднятой части антеклизы (район с. Михайловка), если и были незначительные накопления осадков волжского яруса, то во время континентального перерыва, наступившего после отложения нижневолжских осадков, они подвергались размыву и келловей-оксфордские образования в этой районе перекрываются непосредственно меловыми породами.

С конца юрского периода до начала альба на всей территории КМА господствовали континентальные условия, так как по всей области Воронежской антеклизы наступает временная регрессия моря. В этот промежуток происходил частичный размыв верхней зоны юрских образований, а на отдельных выступающих участках докембрийского рельефа – железистых кварцитов и их коры выветривания (Михайловский район).

Структурно-тектоническое развитие было определяющим в размещении и смене литофациальных комплексов и их мощностей. Общая тектоническая неустойчивость территории зафиксирована серией перерывов в осадконакоплении, которые указывают на переломные моменты в преобразовании тектонического плана территории КМА в юрский период.

Рассматривая юрские отложения территории КМА, в целом, можно выделить пять районов. Все три основные группы месторождений КМА лежат в различных районах по возрасту и составу юрских осадков, так как расположение основных месторождений КМА в зоне миграции береговой полосы обусловило характерную пестроту литологического состава юрских пород и больше колебания их мощности (рис. 6).

В начале мелового периода во время валанжинского, готеривского, барремского и аптского веков продолжалось поднятие территории КМА, которая представляла собой сушу, где господствовал континентальный режим. В этот период времени район КМА представлял собой область сноса и отсутствия осадконакопления. Альпийский цикл начинается, на основании вышеизложенного, с терригенных отложений юры и нижнего мела ($J_{2-3} - C_{74-2}$) представляющих собой вновь терригенную формацию (формация III – Н.К. Паффенгольц, 1961).

В альпийский век происходит восстановление морского режима, временами господствуют то морские, то континентальные условия. Осадки территории КМА представляют собой чередование морских и континентальных отложений. Постепенное прогрессивное все же опускание суши обусловило смену прибрежных фаций фациями открытого моря.

В сеноманский век трансгрессия моря захватила всю территорию КМА. В верхнюю эпоху мелового периода направление морского бассейна резко отличается от юрского и нижнемелового. Вместо меридионального направления оно получает широтное и море Восточной Европы соединяется с морем Запад-

ной Европы. На Воронежскую антеклизу верхнемеловое море двигалось с востока и образовало как бы большой залив.

На территории КМА известны как обычные морские осадки, так и мелководные; в районе Михайловки, Старого Оскола и Белгорода они представлены обычными морскими осадками. Между этими районами находится мелководный залив, захватывающий район Курска и Обояни, в котором откладывались мелководные осадки.

В конце сеномана в туронский и коньякский века, в связи с новой трансгрессией, изменяется характер морских осадков. Вместо толщи песков накапливается сначала песчанистый мел, а затем с дальнейшим углублением моря и чистый белый мел. Благодаря продолжающемуся формированию Днепровско-Донецкой впадины, слои меловых отложений имеют наклон к югу, в этом же направлении возрастает и мощность толщи. В верхнем сеноне описываемая область находилась в прибрежной части моря, где происходило отложение песков и мергелей. В конце мелового периода море отступает на юг и в датский век территория КМА становится сушей, на которой идут процессы размыва меловых отложений и формирование ложбин стока. Наиболее полный разрез мела представлен на юге (Белгородская группа месторождений), наиболее сокращенный – на севере.

Из сказанного видно, что меловые породы и мергели верхнего мела, естественно, выделяются в мергельно-известковую формацию (формация 1У – Н.К.Паффенгольц, 1961). Следует отметить, что в отложениях верхней юры и верхнего мела Коробковского месторождения (гор. Губкин) нами выявлена отчетливая ритмичность. Констатируются ритмы в осадконакоплении, повторяющиеся через 3,5 м; таких ритмов 7 (последний неполный). Процесс осадконакопления был непрерывно-прерывистым, местами (четвертый ритм) скачкообразным. Эта ритмичность связана с колебательными движениями ядра антеклизы; в более же удаленных частях ее – в районах Яковлева и Михайловки эти колебания естественно отражались на осадконакоплении уже в гораздо меньшей степени.

В начале третичного периода продолжались континентальные процессы формирования рельефа.

Новая трансгрессия моря в палеогеновую эпоху сопровождалась накоплением прибрежных осадков бучакского, киевско-

го и харьковского ярусов. Нижнетретичное море покрывало лишь южную часть территории КМА, прибрежный характер которого отразился в пещано-глинистых отложениях с остатками продуктов разрушения мергельно-меловых пород.

В конце палеогена происходит поднятие южной части Русской платформы, море отступает, и на территории КМА в полтавском веке устанавливается континентальный режим, сохраняющийся до настоящего времени. Район КМА представлял в это время равнину, на которой шло образование континентальных осадков.

В фондовой работе (1960) автора приведено, по данным В.Н.Преображенской, большое количество литолого-фациальных карт для всех систем и их отделов, ярко иллюстрирующих все вышеизложенное.

Таким образом, для третичного периода, в котором вновь преобладают терригенные отложения, можно выделить новую терригенную формацию (формация У – Н.К. Паффенгольц, 1961).

В течение четвертичного периода на территории КМА продолжают развиваться процессы денудации. Как известно, территория КМА не подвергалась оледенению даже в период его максимального развития, так как в период рисского (Днепровского) оледенения ледник обошел Воронежскую антеклизу в виде двух языков – Донецкого и Днепровского (рис. 4). Влияние ледниковых периодов сказывалось только на более интенсивной эрозии склонов, ввиду увеличения атмосферных осадков и водных потоков в это время. Наиболее распространенными отложениями четвертичного периода на территории КМА являются лессовидные породы.

Из вышеизложенного явствует, что четвертичные отложения на территории КМА составляют внеледниковую равнинную формацию (формация У1 – Н.К. Паффенгольц, 1961), иначе формацию гумидных равнин, и отчасти ледниковую. Однотипные формации разных циклов сходны между собой, но не тождественны.

Как указывает Н.И. Николаев (1949 г.), район Воронежской антеклизы в четвертичное время испытывал неравномерные поднятия, более значительные в его восточной части и менее интенсивные в западной. Максимальная скорость поднятий 0,2 мм в год или 2 см в 100 лет. Наиболее полный разрез надрудной толщи констатирован в районе Яковлевского месторождения –

на юго-западном погружении Воронежской антеклизы; на Коробковском же месторождении (районе гор Губкина), близ ее ядра, наблюдался наиболее сокращенный разрез, так как многие стратиграфические подразделения здесь выпадают, а другие обладают более сокращенными мощностями. Район Михайловского месторождения, хотя и находится на одном пространстве с таковыми гор. Губкина, но приурочен уже к северо-западному погружению Воронежской антеклизы; поэтому этот разрез отличается от предыдущих, занимая некоторое среднее положение между ними (рис. 6).

Вопрос о формациях КМА автором детально разобран в опубликованной статье (1961). В ней приведен громадный личный фактический материал по разрезам буровых скважин и составу минералов тяжелой и легкой фракций (0,01–0,25 мм) изученных пород (из кернов). Описаны разрезы скважин изображенных на блок-диаграмме (рис. 6, Коробково – 3-й ствол шахты; Яковлево, скв. № 14^Г; Михайловка, скв. № 1262), а также разрезы скважины № 1324 – Михайловского месторождения; № 7^Г, 26^Ц, 33^Г – Яковлевского и № 7^С Лебединского месторождения. В наглядных графических изображениях разрезов скважин сопоставляются: 1) литологическое подразделение (литологические комплексы); 2) минеральные зоны песчаных и карбонатных пород; 3) глинистых пород; 4) кривые окрашивания; 5) глинистые минералы; 6) проценты нерастворимого остатка и кальцита; 7) процент MgO и 8) содержание в процентах по гранулометрическому составу ($> 0,25$ мм; $0,25-0,10$ мм; $0,10-0,01$ мм и $0,01$ мм; 1961, рис. 2, 3, 5, 6, 7, 8 и 9). Затем приводится (фиг. 4) сводная таблица изменения среднего содержания в процентах минералов тяжелой и легкой фракций диаметром 0,01–0,25 мм в палеозойских, мезозойских и кайнозойских песчано-глинистых отложениях КМА (с расчленением на минеральные зоны). Основана эта таблица на соответствующих данных, приведенных в фондовой работе автора для различных районов КМА (1960, табл. 52, 53, 54, 55, 56 и 57).

В указанной статье (1964) дается подробное описание формаций, выделенных автором для различных районов КМА, впервые приводится их детальная петрографо-минералогическая характеристика с расчленением формаций на геолого-генетические комплексы, петрографические типы и виды пород. В качестве примера описания скважин приводим неопублико-

Возраст	Литологич. комплекс	Минеральные зоны песчаных и карбонатных пород	Минеральные зоны глинистых минералов	Глубина в метрах	Мощность слоя в метрах	Литологическое подразделение	Разрез	М. Образца	Кривые окрашивания	Глинистые минералы	% нераствор. остатка, кальцита, доломита, CO ₂										% MgO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
									1-2		3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24	25-26	27-28	29-30	31-32	33-34	35-36	37-38	39-40	41-42	43-44	45-46	47-48	49-50	51-52	53-54	55-56	57-58	59-60	61-62	63-64	65-66	67-68	69-70	71-72	73-74	75-76	77-78	79-80	81-82	83-84	85-86	87-88	89-90	91-92	93-94	95-96	97-98	99-100	1	2	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
J ₃ volg	I			325.0	41.00	Песок м/з темносерый с прослоями известковистых песчаников, переходящих вверху в слабый песчаник, оргилитоподобных глин с прослоями известняка, песчаников кварцевых, плотных и серых глин, песчанистых, плотных, слюдяных																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Кривая окрашивания метиле-новым голубым

Кривая окрашивания метиле-новым голубым + КСЕ

- Цвет суспензии, окрашенной МГ
- Цвет суспензии, окрашенной МГ+КСЕ
- △ Цвет суспензии, окрашенной БН
- Одинаковые цвета суспензий, окрашенных МГ и МГ+КСЕ

- Ф — фиолетовый
- Ф-с — фиолетово-синий
- с — синий
- с-г — сине-голубой
- г — голубой
- г-з — голубовато-зеленый
- з — зеленый
- тр-з-з — травяно-зеленый-зеленый
- ж-тр-з — травяно-зеленый-желтый

Кривая процентного содержания нераств. остатка

Кривая процентного содержания доломита

Кривая процентного содержания кальцита

Кривая процентного содержания CO₂

Кривая процентного содержания MgO

Рис. 7. Геологический разрез скважины №26^а, Яколевское месторождение КМА (участок с. Яколево), Составил Н.К. Пяфенгольц

ванный разрез скважины № 26^{II} Яковлевского месторождения (рис. 7).

Далее следует указать, что на основании детального минералого-петрографического анализа фракций 0,01–0,25 мм песчано-глинистых пород осадочной (надрудной) толщи КМА указанные формации расчленяются нами (см. гл. У1, стр. 156–157) на 19 литологических зон с характерными минеральными ассоциациями. В отложениях кайнозоя (формация У) выделяются 2 горизонта; в мелу (формация IУ) – семь; в юре (формация II) – семь; в карбоне (формация III) – один и в девоне (формация IV) – два горизонта.

Учение о геологических формациях имеет важнейшее значение для инженерно-геологической оценки территорий, для построения региональной инженерно-геологической классификации пород и для разработки единой принципиальной методологической схемы изучения пород на всех этапах инженерно-геологических исследований для инженерного строительства.

В условиях КМА такое упорядочение изучения осадочных формаций несомненно имеет большое практическое значение в том смысле, что:

1) определение инженерно-геологических свойств горных пород производится не по случайно выбранным пробам, а по характерным образцам, имеющим надлежащее минералого-петрографическое и структурно-геологическое обоснование;

2) пользуясь таким подразделением формаций создается возможность широких, вполне научно обоснованных экстраполяций инженерно-геологических свойств единичных образцов горных пород по геолого-петрографическим признакам. Иными словами достигается возможность на полученных геологических профилях без проведения дополнительных исследований выделять инженерно-геологические виды пород с ориентировочными показателями водно-физических и физико-механических свойств, т.е. получать уже инженерно-геологические профили;

3) при соблюдении изложенного порядка исследований создается возможность упорядочения общей системы отбора образцов горных пород для исследования их инженерно-геологических свойств в лабораторных условиях, целеустремленно назначая необходимые исследования и сокращая за счет этого общее количество исследований.

4) с помощью такого подразделения осадочных формаций

и геолого-генетических комплексов на петрографические типы достигается наиболее рациональное и всестороннее изучение свойств пород, распространенных в интересующем нас массиве, и, следовательно, создается возможность наметить однородные инженерно-геологические разности пород, т.е. установить общую схему расчета;

5) при использовании этого метода достигается возможность анализа и обобщения инженерно-геологических характеристик горных пород на основе минералого-петрографических данных, чем устанавливаются зависимости между инженерно-геологическими свойствами горных пород, с одной стороны, и минералого-петрографическими свойствами, с другой стороны.

В условиях КМА такое упорядочение изучения осадочных формаций несомненно имеет большое практическое значение. Значение всестороннего изучения состава осадочных формаций особенно возрастает в том случае, когда требуется давать инженерно-геологические характеристики и выводы для различных районов КМА по общегеологическим данным, до выполнения специальных исследований. Такого рода задачи приходится решать, например, при характеристике новых, еще не изученных месторождений на основании использования данных и опыта эксплуатации хорошо изученных месторождений, что является невозможным без регионально-геологических предпосылок и обоснований.

ОБЩАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА КМА

Подземные воды на территории Курской магнитной аномалии распространены в четвертичных, третичных, меловых, юрских, каменноугольных, девонских и докембрийских отложениях и образуют в них целый ряд водоносных горизонтов, благодаря наличию водоупорных слоев.

1. Водоносность четвертичных отложений. Среди четвертичных отложений, распространенных на территории КМА, водоносной является, главным образом, толща аллювия. Водоносность же элювиальных и делювиальных суглинков является чрезвычайно незначительной и практического значения не имеет.

Практическое значение могут иметь только воды аллювиальных потоков (древний и современный аллювий), направленных в основном вниз по долинам рек и балок; водоносные породы (пески, супеси) чередуются с мало водопроницаемыми глинистыми осадками, почему эти образования обычно имеют невысокую водообильность и местами обладают небольшим напором (некоторые скважины дают самоизливающуюся воду).

Воды аллювиальных потоков широко используются для водоснабжения в многочисленных населенных пунктах, расположенных вдоль долин рек, однако дебит водоразборных сооружений в большинстве случаев невелик. Уровень воды в аллювиальных отложениях обычно находится на глубине около 2 м. Водоупором аллювиальных потоков являются глинистые прослои, при отсутствии которых воды аллювия сообщаются с нижележащим водоносным горизонтом — третичным, мергельно-меловым, сеноман-альбским или юрским (в зависимости от глубины вреза речной долины в толщу коренных пород).

Питание подземных вод в четвертичных отложениях происходит за счет атмосферных осадков, а кроме того за счет дренажа подземных вод третичных, меловых и юрских образований. По химическому составу воды мягкие, слабо минерализованные. При развитии открытых работ в сторону пойм для удерживания откосов карьеров от оплыwania требуется предварительное осушение аллювиальных отложений (пески, супеси, торфянистые грунты и т.д.).

2. Водоносность третичных отложений. Подземные воды в третичных отложениях приурочены к мелкозернистым пескам полтавского яруса и реже к глинистым пескам харьковского яруса. Так как третичные отложения на большей части территории КМА имеют ограниченное распространение в виде отдельных разрозненных останцев на водоразделах, роль третичных водоносных горизонтов в общем балансе подземных вод района КМА невелика.

Водоупором для третичного водоносного горизонта являются харьковские глины или глинистые разности полтавских пород. Незначительная водообильность данного водоносного горизонта обусловлена сильной дренированностью эрозионной сетью и преобладанием в нем мелкозернистых песков. Вблизи выходов источников наблюдается оползание крутых склонов.

Питание данного водоносного горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. По составу вода мягкая (общая жесткость в среднем 11°), пресная (сухой остаток порядка 250 мг/л), гидрокарбонатно-кальциевого типа. Несмотря на небольшую водообильность, воды третичных отложений довольно широко используются для водоснабжения населенных пунктов, расположенных на водоразделах. Уровень воды в колодцах весьма непостоянный и подвержен сильным колебаниям в зависимости от времени года и количества атмосферных осадков.

3. Водоносность меловых отложений. В толще меловых отложений на большей части территории КМА распространены два водоносных горизонта: 1) мергельно-меловой и 2) сеноманальбский.

а) мергельно-меловой водоносный горизонт приурочен к карбонатной толще туронского и сеноманского ярусов, которая в верхней части сложена серовато-белыми мергелями, а в нижней – белым пишущим мелом. Породы верхов мергельно-

меловой толщи сильно трещиноваты, и воды в ней циркулируют по широко развитым системам трещин зоны выветривания, мощность которой достигает 45–50 м. Водоносной является не вся трещина, а только наиболее разрушенная выветриванием трещиноватая верхняя ее зона. При этом распределение трещиноватости мергельно-меловых пород по долинам рек и на водоразделах в неодинаковой степени. Совершенно не трещиноватыми, т.е. водоупорными, являются нижние горизонты толщи, где она достигает значительной (50–60–150–200 м) мощности. Этим обусловлено обстоятельство, что в пониженных частях рельефа водоносность мергельно-меловых пород чрезвычайно велика, так как здесь быстрее и легче происходит инфильтрация атмосферных осадков; приближаясь к водоразделам, она уменьшается, и на самих водоразделах обычно почти совершенно затухает.

Следует отметить, что подобное различие трещиноватости и водообильности пород в долинах и на водоразделах отмечено К.И.Маковым (1944) для Украинского кристаллического массива, где трещиноватые докембрийские породы покрыты маломощными осадочными отложениями.

Общая мощность мергельно-меловой толщи увеличивается с севера на юг, где достигает 275 м. В том же направлении идет и увеличение водообильности мергельно-мелового водоносного горизонта.

В мергельно-меловой толще выше древнего базиса эрозии довольно часто наблюдаются явления закарстованности в виде карстовых полостей, по которым происходит циркуляция подземных вод. При бурении скважин на Лебединском месторождении (80) встречены каверны диаметром до 8–10 см, заполненные мучнистым материалом, а при вскрытии стволом шахты № 1 Коробковского рудника непромороженных карстовых пустот на глубине 40–60 м, произошел прорыв воды, вызвавшей временное затопление шахты.

Мергельно-меловой водоносный горизонт безнапорный и только в местах, где он перекрыт глинистыми отложениями, наблюдается небольшой местный напор.

Этот водоносный горизонт дренируется речной и овражно-балочной сетью, почему движение подземных вод рассматриваемого горизонта направлено к долинам рек и балок. Глубина залегания зеркала воды от земной поверхности колеблется в зависимости от рельефа от 5 до 55 м.

В пониженных частях рельефа северной части района (Шигры, Старый Оскол), где мощность мергельно-меловых отложений мала, водоупор исчезает и имеется полное сообщение с водами сеноман-альбского водоупорного горизонта. Воды мергельно-мелового водоносного горизонта питают многочисленные источники, выходящие по долинам рек и балок, так как здесь свободная поверхность водоносного горизонта выходит наружу. Среди источников встречаются довольно крупные со значительным дебитом (сс. Кандауровка, Теплый колодезь и др.).

При производстве гидрогеологических исследований было установлено изменение водопроницаемости мергельно-меловой толщи в вертикальном разрезе.

Согласно А.А.Дубянскому (1948), на обводненность сантонских мергелей влияет их структура. Так, например, в г. Валулки скважины, вскрывшие мергели зернистой и брекчиевидной структуры, оказались наиболее водообильными.

Производительность буровых скважин, вскрывших подземные воды в мергельно-меловых отложениях Белгородского месторождения, колебалась от 0,29 л/сек до 2,0 л/сек при понижениях уровня соответственно на 40,3 м и 0,65 м. Уд. дебит в этих случаях колебался соответственно от 0,007 до 3,0 л/сек. Производительность скважин на Коробковском месторождении, проведенных до подошвы мела, колебалась от 3,2 л/сек при понижении уровня на 1 м, до 5,5 л/сек, при понижении уровня на 3,1 м.

Питание водоносного горизонта в мергельно-меловой толще осуществляется как непосредственно за счет атмосферных осадков, так и за счет водоперелива из третичных отложений в местах их выклинивания, где всегда возможно соприкосновение водоносных горизонтов.

По составу воды мергельно-меловых отложений отличаются жесткостью (общая жесткость $21-36^{\circ}$) воды пресные (сухой остаток 480-1010 мг/л), гидрокарбонатно-кальциевого и гидрокарбонатно-кальциево-натриевого типа.

б) вторым водоносным горизонтом в меловых отложениях является сеноман-альбский, заключенный в толще песков, подстилающих карбонатные породы верхнего мела.

Сеноман-альбский водоносный горизонт является наиболее выдержанным и наиболее широко распространенным на территории КМА, обладая водой высокого качества. Абсолютные отметки его поверхности понижаются с севера на юг, в районе

гор. Тима около 125 м, снижаясь затем в Ново-Оскольском районе до нуля.

Водоупорным основанием для данного горизонта служат глинистые и песчано-глинистые образования верхней юры и глины апт-неокома, водоупорной кровлей является монолитный мел. Напорными воды становятся по мере продвижения к югу по падению толщи. В центральных частях территории КМА имеет место местный напор. Еще далее к югу и юго-западу сеноман-альбский водоносный горизонт повсюду становится напорным, так как мощность мергельно-меловых отложений значительно возрастает и в нижней части является нетрещиноватой.

Питание сеноман-альбского водоносного горизонта происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков в районе к северу, северо-западу и к северо-востоку от линии Старый Оскол - Курск, где сеноман-альбские пески выходят на дневную поверхность, и за счет поступления воды из мергельно-мелового водоносного горизонта и более южных районах на участках глубокого вреза речных долин. Воды толщи песков сеноман-альба дренируются речной сетью, принимая участие в питании рек.

Движение вод сеноман-альбского горизонта имеет в общем южное направление с резкими местами отклонениями в сторону дренирующих рек. Водообильность песков альба значительно выше, чем сеноманских песков, что связано с различием их гранулометрического состава.

По подсчетам Н.К. Гириного и др. (1951), осредненный коэффициент фильтрации для всей сеноман-альбской толщи составлял 15,1 м/сутки, а для песков сеномана - 9,0 м/сутки.

Наиболее подробно сеноман-альбский водоносный горизонт изучен в Старооскольском районе КМА, где установлено, что фильтрационные свойства пород сеноман-альбской толщи даже на незначительных расстояниях сильно меняются.

В районе Михайловского месторождения описываемый водоносный горизонт не имеет большого значения, так как сеноман-альбские пески сильно размыты и сохранились только на водоразделах и имеют мощность не больше 10-15 м. Эта толща сильно дренирована реками. Водоносными здесь являются лишь нижние слои сеноман-альбских песков, дающие иногда источники незначительного дебита.

Как сеноман-альбские и аптские пески, так и в особенности тонкозернистые глинистые пески неокома имеют очень слабую водоотдачу и характеризуются плавунными свойствами.

В Белгородском районе кровля сеноман-альбских песков залегает на значительной глубине (250–300 м), вследствие чего вода в них находится под большим напором. Мощность водоносного горизонта около 30 м, напор воды над его кровлей достигает 200–230 м. Статически уровень воды устанавливается на возвышенных местах на глубине 75–80 м. Дебит скважин составляет 0,54 л/сек при понижении уровня на 5,7 м, а уд. дебит около 0,1 л/сек.

По данным откачек воды из скважин в соседних районах, дебит отдельных скважин достигал 30–35 л/сек, а уд. дебит – 1,5–2,0 л/сек. На Яковлевском участке Белгородского месторождения скважина № 5 с глубины 264 м дала самоизлив воды.

По составу вода довольно мягкая (общая жесткость $10-20^{\circ}$), пресная (сухой остаток 270–450 мг/л), гидрокарбонатно-кальциевого типа. Сеноман-альбский водоносный горизонт является наиболее пригодным для эксплуатации в целях водоснабжения, как обладающий крупными запасами высококачественной воды. Как мергельно-меловой, так и сеноман-альбский водоносные горизонты широко используются для водоснабжения по всей Белгородской и в южной части Курской областей, причем на водоразделах в основном эксплуатируется сеноман-альбский горизонт, а на склонах и по долинам речной сети – преимущественно воды мергельно-мелового горизонта.

При открытых работах пески сеноман-альба в обводненном состоянии будут оплывать с образованием очень пологих углов откосов, по-видимому менее 10° . При таких пологих откосах разработка месторождений открытым способом экономически нецелесообразна. Таким образом, разработка месторождений открытым способом может производиться только после осушения сеноман-альбских песков, что создаст условия для устройства более крутых бортов карьеров.

В этих районах для обеспечения устойчивости бортов карьеров при разработке месторождений открытым способом требуется осушение для предотвращения фильтрации сеноман-альбских вод через эти откосы.

В южных районах КМА, находясь под большим гидростатическим давлением, пески сеноман-альба при разработке месторождений подземным способом могут прорываться в подземные

горные выработки и этим самым в значительной степени осложнять разработку месторождений.

Таким образом, положение сеноман-альбских песчаных отложений по отношению к кровле протерозоя, напорность сеноман-альбского водоносного горизонта, а также литологический состав подстилающих пород являются для значительной части территории КМА основными факторами, определяющими характер и степень обводненности карьеров и подземных выработок.

Породы мергельно-меловой толщи более удалены от кровли отложений протерозоя, чем породы сеноман-альбской толщи. Ввиду этого мергельно-меловой водоносный горизонт может оказывать только косвенное влияние на обводненность рудно-кристаллических пород. При разработке месторождений подземным способом в южных районах КМА (Яковлевское и др. месторождения), когда воды сеноман-альбских отложений могут проникать по трещинам обрушения и сдвижения подстилающих пород непосредственно в горные выработки, перелив вод мергельно-меловой толщи в сеноман-альбский водоносный горизонт будет происходить наиболее интенсивно по долинам рек и их склонам, где указанные горизонты имеют наиболее активную гидравлическую взаимосвязь. По мере удаления от речных долин к водоразделам подток мергельно-мелового водоносного горизонта (при условии сохранения естественных условий залегания мергельно-меловых пород) в сеноман-альбскую водоносную толщу будет постепенно уменьшаться, а нередко и полностью отсутствовать.

Следует отметить, что весьма важное значение с инженерно-геологической точки зрения имеет стойкость мела против химической и механической суффозии при движении агрессивной воды по трещинам. В то время как в известняках и доломитах оба процесса имеют примерно одинаковую интенсивность, в отложениях белого писчего мела и мелоподобных породах механическое разрушение поверхностей трещин в 4-6 раз интенсивнее, чем их растворение, что может способствовать заилению трещин. Скорость химической и механической суффозии может меняться в зависимости от различных факторов, в частности от скорости движения воды в трещинах, ширины последних и т.д.

4. Водоносность юрских отложений, Юрские отложения, представленные сложным комплексом песчано-глинистых пород, об-

ладают незначительной водоносностью и в общей гидрогеологической обстановке территории КМА играют роль водоупора для всех вышележащих водоносных горизонтов.

Так как юрские отложения характеризуются непостоянством своего механического состава и значительной фациальной изменчивостью, то и воды, заключенные в них, могут быть встречены лишь в виде разрозненных прослоев и линз, не образуя выдержанных горизонтов. Воды приурочены к песчаным прослоям и линзам, в то время как глинистые прослои могут быть рассматриваемы как почти или вовсе водонепроницаемые, играя роль экрана, затрудняющего поступление воды из вышележащей толщи в отложения палеозоя и докембрия. Воды юрских отложений используются в некоторых районах как источник водоснабжения и принимают участие в обводнении залежей железных руд.

Наиболее выдержанное распространение описываемый водоносный горизонт имеет в западных районах КМА, где широко развиты юрские пески. Здесь юрские отложения выходят на дневную поверхность к северу от линии Касторное – Поныри-Тросна, почему этот район и является областью питания юрского водоносного горизонта за счет инфильтрации атмосферных осадков. По направлению к югу, где юрский горизонт залегает на глубине и перекрыт, он получает питание также за счет фильтрации вод из вышележащих отложений. На севере водоносные слои ввиду выхода юрских отложений на дневную поверхность, не обладают напором. По мере же погружения юрской толщи к югу воды приобретают напор, который прогрессивно увеличивается в южном и юго-восточном направлениях.

В Михайловском районе среди юрских отложений обводненными являются батские пески. Водоупорным основанием юрского водоносного горизонта здесь являются глины девона, а водоупорной кровлей служат глины верхней юры.

В Белгородском железорудном районе обводненными являются келловейские пески, а также толща известковистых песчаников, известняков и мелкозернистых песков волжского яруса (J_3) общей мощностью около 25 м. Волжский водоносный горизонт в данном районе совершенно еще не изучен и его присутствие здесь устанавливается лишь по литологическому составу пород, слагающих толщу, и поглощению промывных вод в ряде скважин при ее пересечении.

Рассматривая роль верхнеюрских (нижневолжских) отложений в обводненности рудных залежей, можно полагать, что они являются некоторым предохранительным прикрытием, но не могут служить надежной кровлей при разработке богатых руд подземным способом.

В келловее водоносный горизонт (напорный) приурочен к тонкозернистым, глинистым и слюдистым пескам общей мощностью 35–50 м.

Келловейские глины являются кровлей богатых железных руд и железистых кварцитов в центральной части Михайловского месторождения (на площади в 3 км^2) и фактически определяют всю инженерно-геологическую обстановку всего месторождения в целом. Поэтому вопросам изучения устойчивости откосов карьеров, начиная со времени их заложения и особенно при их работе, должно уделяться самое серьезное внимание. Далее следует отметить, что наличие выраженной по мощности толщи келловей-кимеридж-оксфордских глин в южной и западной частях территории КМА является благоприятным фактором при разработке месторождений железных руд подземным способом.

Ряд скважин из юрского водоносного горизонта, расположенных по долинам рек, в ряде мест (Курск, Михайловский район, Новый Оскол и др.) дали фонтанирующую воду.

Когда юрские пески не имеют водонепроницаемого основания или кровли, воды в них сообщаются с соседними водоносными горизонтами, например с сеноман-альбским или каменноугольным в Новооскольском районе, с рудно-кристаллическим водоносным горизонтом в Михайловском районе и т.д.

Песчаные прослои в юре имеют малую водообильность, за исключением участков, где они имеют повышенную мощность. Так, например, в окрестностях Старого Оскола в долине р. Оскола, ряд скважин дали фонтанирующую воду из крупно- и среднезернистых песков с дебитом от 0,1 до 9,5 л/сек.

Фильтрационные свойства юрских отложений Старо-Оскольского района в течение ряда лет определялись полевыми опытными работами и лабораторными исследованиями. Средние коэффициенты фильтрации сильно варьируют: 0,0052 м/сутки; от 0,0043 до 4,3 м/сутки; от 0,0008 до 0,078 м м/сутки; в среднем был принят коэффициент 0,015 м/сутки. Опытные наливывы в скважины дали результаты: 0,0035 до 0,028 м/сутки; 0,001 м

сутки и 3,22 м/сутки (в песках). На Коробковском месторождении (шахта № 1 и 3) коэффициенты фильтрации песчано-глинистых пород составляли соответственно 0,004–4,5 и 0,0012–1,29 м/сутки.

5. Водоносность каменноугольных отложений, Каменноугольные отложения распространены в южной части территории КМА, залегая на породах докембрийского фундамента. Водоносный горизонт приурочен в них к пескам, известнякам и песчаникам нижнего карбона. Он обладает значительным напором, величина которого возрастает в южном направлении. Также в южном направлении наблюдается и снижение пьезометров каменноугольного водоносного горизонта. Абсолютные отметки пьезометрических уровней на Яковлевском месторождении 143 – 146 м, в Новом Осколе 121 м, в Валуйках – 96 м. Каменноугольный водоносный горизонт водообилён. Водоносными в каменноугольной толще Новооскольского района являются мелко- и среднезернистые пески, трещиноватые песчаники и известняки, которые переслаиваются с водоупорными породами (глинами, сланцами, монолитными известняками). Максимальная обводненность у песков и рыхлых песчаников, а известняки ввиду их частой малой трещиноватости и кавернозности обычно мало водообильны. При пересечении скважинами толщи карбона, а также при дальнейшей углубке их в каменноугольных отложениях, в скважинах констатировалось повышение напора и усиление самоизлива.

Данные о возрастании напора при углублении скважин в толщу карбона говорят о затрудненной взаимосвязи между водоносными слоями и объясняются наличием восходящих токов подземных вод по долинам рек из-за дренажа ими верхних водоносных горизонтов.

В Белгородской области планомерное гидрогеологическое изучение территории было начато лишь в 1955 году, тогда же было начато изучение и каменноугольного водоносного горизонта. Наиболее водообильными здесь являются сильно закарстованные и трещиноватые известняки нижнего карбона. Среди толщи известняков наблюдаются прослой углисто-глинистых сланцев и углей.

При проходке скважинами известняков карбона часто наблюдалось полное поглощение промывных вод, борьба с которыми часто представляла значительные трудности и вызывала

необходимость применения большого количества цементирующих и инертных материалов.

По последним данным, приуроченный к каменноугольным известнякам водоносный горизонт, хотя и имеет ограниченные возможности питания, но содержит большие запасы подземных вод, в связи с чем будет оказывать решающее значение на обводненность выработок. Так, на участке детальной разведки Яковлевского месторождения, протяженностью по рудной полосе 4 км, водопритоки из каменноугольных известняков оцениваются в $2000 \text{ м}^3/\text{час}$.

При отсутствии в основании толщи карбона водоупора в виде монолитных известняков воды каменноугольного водоносного горизонта в Белгородской области будут иметь непосредственную связь с водами рудной толщи и принимать участие в обводнении последней. С другой стороны, наличие в кровле рудной толщи монолитных известняков карбона служит благоприятным фактором, могущим облегчить разработку Яковлевского месторождения.

Питание водоносных горизонтов нижнего карбона вероятнее всего происходит за счет фильтрации воды из вышележащих водоносных горизонтов в возможных местах размыва юрских пород или где они представлены водопроницаемыми песчаными породами.

6. Водоносность девонских отложений. Среди девонских отложений, распространенных в северных районах КМА выше линии Яцыно—Солнцево—Ольшанка, водоносными являются пески, песчаники, известняки и брекчии. Водоупорными слоями являются глины. Малая водопроницаемость является также характерной для прослоев алевритов, аргиллитов и алевролитов.

В пределах железорудных месторождений КМА отложения девонской системы часто являются водоупором, так как обычно представлены мало водопроницаемыми глинистыми породами. Но их мощность часто небольшая, а местами породы девона вовсе отсутствуют, что ведет к снижению их роли как водоупорных слоев. В районе Курска, Старого Оскола и в более северных районах девонские отложения на пониженных участках докембрийского рельефа, образованного породами безрудной толщи, обладают значительной мощностью и содержат довольно крупные водоносные прослои песков, используемые для водоснабжения ввиду их повышенной обводненности.

В Старо-Оскольском районе скважины, пробуренные в его восточной части в районе Старого Оскола, дали самоизливающуюся воду из песков, песчаников и известняков, относящихся к старооскольским слоям живетского яруса среднего девона. По наблюдениям А.Т.Савицкого (1936), девонский водоносный горизонт обладает значительным напором.

К северу от Старооскольского района, в районе Ястребовки и Тима, водообильность старооскольских слоев сильно снижается.

На запад и северо-запад водообильность и водопроницаемость девонских отложений также уменьшается. Так, в районе Михайловского месторождения Курской области девонские отложения имеют слабую обводненность и на ряде участков могут рассматриваться как водоупорные породы.

В северных районах территории КМА, где девонские отложения залегают неглубоко или выходят на дневную поверхность по долинам рек, питание девонского водоносного горизонта происходит посредством инфильтрации атмосферных осадков. В районах, где отложения девона залегают в виде останцев в пониженных частях докембрийского фундамента, питание происходит за счет водоперелива из верхних водоносных горизонтов. Снижение пьезометрических уровней девонского водоносного горизонта в пределах территории КМА происходит в южном направлении (в Касторном – 166–168 м, а в Старом Осколе до 144–148 м).

При разработке месторождений КМА в северных и северо-западных районах подземным способом возможны прорывы в горные выработки водоносных девонских песков. Наличие в кровле горных выработок плотных девонских глин мощностью до 40 м исключает существенное влияние вышележащих водоносных горизонтов.

7. Водоносность богатых железных руд и докембрийских кристаллических пород. В верхней части пород докембрийского кристаллического фундамента наблюдается повсеместно развитая трещиноватая зона, обязанная своим происхождением действию тектонических процессов и агентов выветривания. Эта трещиноватая зона кристаллических пород, а также и толща богатых железных руд в ней повсюду обводнена, ввиду чего воды в них составляют единый рудно-кристаллический водоносный горизонт. Он обладает значительным напором на всей территории КМА.

Водоупорным ложем рудно-кристаллического водоносного горизонта являются нетрешиноватые докембрийские породы, а водоупорной кровлей служат в северных районах КМА глинистые отложения юры или девона, в южных – глины или сланцы карбона.

Питание данного водоносного горизонта происходит за счет перелива вод из вышележащих водоносных горизонтов в местах усиления фильтрационных свойств пород водоупорной кровли. Это особенно важно для Ново-Оскольского и Белгородского районов, где устанавливается непосредственное залегание известняков на докембрии.

Фильтрационные свойства богатых железных руд и кристаллических пород докембрийской толши различны. Степень обводненности богатых руд находится в зависимости от степени их трещиноватости, пористости, кавернозности, крупности зерна, а также зависит от условий их залегания и водопроницаемости покрывающей толши.

При проходке горных выработок на Коробковском месторождении наблюдались плавунные свойства рыхлых руд, которые прорывались в эти выработки при бурении шпуров.

Лабораторные определения института Южгипроруда дали величины пористости руд от 8% для плотных разностей до 37% для рыхлых разностей. На Лебединском месторождении, по данным И.А.Русиновича, пористость плотных руд составляет 1–20%, рыхлых – 23–43%. Общий объем полостей трещин и каверн, сообщающихся между собой, подсчитанный по расходу цемента, идущего на цементацию при проходке ствола шахты, составлял около 2,6% от общего объема цементируемой руды.

Богатые железные руды наиболее обводнены среди пород руднокристаллической толши. По материалам опытных откачек института ВСЕГИНГЕО средний коэффициент фильтрации для рудной залежи принят в размере 1,04 м в сутки.

Плотные разности руд являются более водообильными, чем руды рыхлые, причем фильтрационные свойства руд в разных направлениях неодинаковы. Н.К.Гиринским и др. (1951) при подсчете водопритоков Лебединского карьера была принята средняя величина коэффициента фильтрации рудной толши – 0,8 м/сутки.

На Яковлевском месторождении при откачке воды из 40 –

метровой толщи рыхлых руд (скважина подошву руды не вскрыла) был получен дебит 0,87 л/сек при понижении уровня воды на 25,57 м, а удельный дебит скважины составлял 0,33 л/сек.

На Коробковском месторождении в соответствии с различными водопрводящими свойствами руд удельный дебит скважин, вскрывающих рудные воды, был 0,16, 0,12 и 0,04 л/сек.

Водоносность кристаллических пород докембрийского фундамента обусловлена наличием в их массиве более или менее развитых систем различных трещин.

Кора выветривания докембрийского массива Старо-Оскольского района имеет мощность обводненной зоны 20–90 м, причем с глубиной наблюдается существенное сокращение водообильности докембрийских пород. В силу неравномерного развития трещиноватости эти породы характеризуются колебанием фильтрационных свойств в широких пределах.

В районе Михайловского месторождения кора выветривания докембрийских пород часто клинообразно опускается на глубину до 150–200 м от поверхности докембрийского массива. Соответственно мощность обводненной зоны здесь больше, чем в пределах Старо-Оскольского района. По своим фильтрационным свойствам железистые кварциты и богатые руды Михайловского месторождения близки к соответствующим породам Старооскольской группы месторождений.

Согласно данным Ф.В.Кулибаба (1955), коэффициенты фильтрации железистых кварцитов Михайловского района колеблются от 0,008 до 0,17 м/сутки, а коэффициент фильтрации рыхлых мартитовых руд изменяются от 0,006 до 2,3 м/сутки.

В Белгородском районе (Яковлевское месторождение) одна только мощность рудных залежей местами достигает 300 м, а вся мощность измененных выветриванием пород докембрийской толщи (не пересеченная пока буровыми скважинами), по-видимому, значительно больше. Данная кора выветривания является весьма крупным коллектором подземных вод. Здесь следует ожидать повышенную обводненность рудных залежей за счет притока воды из закарстованных известняков карбона.

По своему химическому составу воды рудно-кристаллического водоносного горизонта в верхней обводненной зоне приближаются к водам вышележащих водоносных горизонтов. Минерализация этих вод изменяется от 210 до 460 мг/л, общая жесткость от 8 до 22 Н (преобладающие значения жесткости

12-14°). По своему составу воды этой зоны принадлежат к гидрокарбонатно-кальциевому, гидрокарбонатно-кальциево-натриевому типам. В глубинных зонах, по данным И.Г.Кисина (1955), встречаются воды и хлоридно-натриевого, хлоридно-натриево-кальциевого типов. Минерализация этих вод достигает 1000-1300 мг/л. Воды приурочены к глубоким трещинам кристаллического фундамента и происходят, по-видимому, путем смешения древних (ископаемых) минерализованных вод с пресными водами, поступающими сверху.

ЛИТОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОСАДОЧНОЙ ТОЛЩИ РАЙОНА КМА

В основу наших исследований были положены личные полевые наблюдения, а также данные по лабораторному изучению минералого-петрографического состава некоторых пород, выполнение в лабораториях АН СССР и ВСЕГЕИ.

Для исследования были выбраны полные разрезы надрудной толщи трех групп месторождений КМА: Коробковской, Яковлевской и Михайловской; расположены они на ЮЗ склоне Воронежской антеклизы, причем соединяющие их линии образуют прямоугольный треугольник с гипотенузой (180 км) Михайловка – Коробково и катетами Яковлево–Михайловка (175 км) и Яковлево – Коробково (100 км). Направление указанной гипотенузы примерно совпадает с простиранием пород (СЗ–ЮВ– 135°), а Яковлевская группа (в вершине прямого угла упомянутого треугольника) находится к ЮЗ от линии Михайловка – Губкин, на расстоянии около 70 км вниз (к югу) по падению пород. Площадь района равна свыше 8000 км² (рис. 6).

Для каждой из указанных групп разрезы изучались по кернам нескольких буровых скважин, а в районе Старо-Оскольской группы – также по материалам проходки 3-го ствола шахты. Графическое изображение основных скважин и шахты с литолого-петрографическими данными приведены впервые в работе автора о формациях КМА (1961).

Геологическая характеристика района и стратиграфические подразделения в настоящей работе приведены по данным стратиграфа В.Н.Преображенской, микропалеонтолога Ф.В.Самойловой и нашим исследованиям.

При минералогическом и гранулометрическом исследовании породы подвергались механическому анализу по методам Вильямса и Сабанина. Карбонатные разности пород предварительно обрабатывались 5% HCl на холоду. После гранулометрического анализа фракции 0,25–0,01 мм разделялись по удельному весу в бромформе (уд. вес 2,89). Минералы тяжелой и легкой фракций изучались иммерсионным методом.

Минеральный состав тонких фракций ($< 1 \mu$) определялся при помощи рентгеноструктурного анализа, электронографии и электронномикроскопически, а также при помощи прокрашивания. Для проведения этих анализов тонкие фракции пород были выделены отмучиванием в дистиллированной воде. Эти исследования выполнены в соответствующих лабораториях ВСЕГЕИ – Ю.С.Дьяконовым (рентгенография) и В.А.Шитовым (электронография и электронная микроскопия).

Общая характеристика пород дана на основании изучения под микроскопом шлифов. Всего изучено около 500 шлифов (по Старо-Оскольской группе 170, по Михайловской – свыше 200 и Яковлевской – 130).

Ниже приводится сводное описание разрезов для отдельных групп КМА по различным скважинам (рис. 6).

1. Характеристика девонских отложений (Д2+3)

Осадки девона (представленные верхней частью живетского яруса – Старо-Оскольскими, Мосоловскими и Морсовскими слоями, а также нижней частью франского яруса – нижне-шигровскими слоями), составляющие нижнюю терригенную формацию (формация 1), можно расчленить на кварцево-песчано-глинистый литологический комплекс, имеющий преобладающее значение, и известняковый комплекс, имеющий подчиненное значение. Здесь мощная терригенная формация нарушена наличием известняковой толщи (известняковая субформация), что связано с тектоническими циклами меньших порядков. Отложения девона распространены в основном в северо-западных районах КМА (Михайловское месторождение).

Ввиду того, что накопление осадков девона на территории КМА шло в период нескольких трансгрессий и регрессий моря, отложения этого времени представляют собой чередование морских разной глубины, прибрежных и континентальных осадков.

По гранулометрическому составу среди песчано-глинистых отложений преобладают тяжелые глины, глины и глины песчаные и алевролитовые. Подчиненное значение имеют глинистые пески, алевролитовые песчаники (алевролиты глинистые)^х.

Детальный минералогический анализ фракций 0,01–0,25 мм позволил расчленить песчаные породы на две минеральные зоны с характерными минеральными ассоциациями тяжелой фракции: турмалин – ставролит – циркон – магнетит – лейкоксен – ильменитовую с пиритом и ставролит – турмалин – гранат – лейкоксен – ильменитовую с пиритом, сидеритом и фосфатами (Н.К. Паффенгольц, 1964, табл. 3).

Рентгенографические исследования минералогического состава тонких фракций ($< 0,001$ мм) глинистых отложений ниже-шигровских слоев показали, что они в основном состоят из минералов: каолинита (60%) и гидрослюда (40%).

Электронно-микроскопическими исследованиями этих пород также устанавливается, что в их тонкой фракции присутствует смесь каолинита с гидрослюдой в соотношении $\sim 70:30\%$. Размеры частиц 0,1–0,2–0,3–0,8 μ .

Рентгенографический анализ тонких фракций старооскольских слоев указывает на присутствие каолинита в количестве от 10% до 60% и гидрослюда от 40% до 90%. Данные электронной микроскопии показывают, что минералогический состав тонких фракций этих отложений представлен смесью гидрослюда и тонкодисперсного каолинита примерно в равных пропорциях. Возможно некоторое количество монтмориллонита. Гидрослюда представлена двумя типами кристаллов: изометричными и удлиненными.

Электроннографические исследования тонких глинистых фракций мосоловских слоев показали, что они представлены тонкодисперсной диоктаэдрической гидрослюдой (размеры частиц менее 1 μ), по-видимому, с остаточной серицитоподобной структурой. В качестве примеси имеется монтмориллонит и

^х Здесь и далее по классификации, принятой в грунтоведении, под тяжелыми глинами понимаются породы, содержащие глинистые частицы ($< 0,005$ мм $> 60\%$, а глинами $> 30\%$), которые соответствуют тонкодисперсным и алевролитистым глинам в литологических классификациях Н.П.

каолинит ($\sim 5-10\%$). Не исключено, что гидрослюда и монтмориллонит образуют смешанно-слоистое образование, или, вернее, это есть продукт преобразования в системе гидрослюда-монтмориллонит. Параметры элементарных ячеек следующие: гидрослюда (монтмориллонит?): $a = 5,19 \text{ кХ}$; $b = 8,96 \text{ кХ}$; $c = 20 \text{ кХ}$; $P = 95^\circ$; каолинит: $a = 5,14 \text{ кХ}$; $b = 8,90 \text{ кХ}$;

Электрографический анализ минералогического состава тонких фракций ($0,001 \text{ мм}$) песчано-глинистых отложений морских слоев показал, что основная масса - гидрослюда модификации $2 M_1$ диоктаэдрическая, среднего совершенства структуры, весьма тонкодисперсная, размеры частиц порядка $0,1 - 0,2 \mu$ с размытыми краями. Параметры элементарной ячейки: $a = 5,16 \text{ кХ}$; $b = 8,96 \text{ кХ}$; $c = 19,9 \text{ кХ}$; $\beta = 95,4^\circ$. Возможно присутствие монтмориллонита. Имеются следы каолинита ($10 - 15\%$). Данные электронной микроскопии тонких фракций этих же отложений обнаруживают гидрослуду с небольшой примесью монтмориллонита. Встречаются отдельные кристаллики каолинита. Размер частиц $0,3 - 0,7 \mu$.

Сцементированные песчаные породы девонских отложений разделяются на алевритовые песчаники (цемент контактовый, поровый, контактово-поровый, базальный, по составу серицитовый, глинисто-хлоритовый, глинисто-серицитовый, смешанный, изредка в верхах толщи слюдистый и железистый), неравномернозернистые глинистые песчаники (цемент смешанный - порово-базальный, глинисто-хлорито-серицитовый с наличием гидроокислов железа), грубозернистые кварцевые песчаники неравномернозернистые (цемент базальный, глинисто-хлоритовый, лимонитизированный; нередко цемент полностью железистый, изредка тонкоизмельченный кварцево-полевошпатовый). Величина зерен кварца в песчаниках кверху толщи постепенно увеличивается и алевритовые разности постепенно переходят в тонкозернистые, а последние в мелкозернистые, в том же направлении уменьшается степень лимонитизированности (оже-лезненности) пород. Венчается разрез среднезернистыми и крупнозернистыми кварцевыми песчаниками с контактным серицитовым цементом и базальным кварцево-полевошпатовым.

Обращает на себя внимание присутствие среди преобладающих кварцевых зерен песчаников также зерен полевых шпатов - плагиоглазов и микроклина, а в единичных случаях - циркона и биотита. Форма зерен часто угловатая и остроуголь-

ная, зерна кварца нередко угасают агрегатно. Интересно отметить наличие местами сильно пиритизированных пород, иногда в той или иной степени лимонитизированных. Затем для толщи в целом является характерным прогрессивное увеличение кверху в цементе серицита. Одновременно кверху толщи увеличиваются и размеры чешуек серицита; кроме того, в породе обособляются чешуйки и лейсты светлой слюды длиной до 0,3–0,4 мм.

Все песчано-глинистые породы связаны между собой промежуточными (переходными) разностями.

Результаты термического и рентгеновского исследования девонских глин КМА выраженные соответствующими кривыми приведены за рис. 8 и 9.

2. Характеристика каменноугольных отложений (C_1)

Осадки карбона (представленные яснополянским и окским подярусами визейского яруса), составляющие известняковую формацию (формацию II), можно расчленить на известняковый литологический комплекс, имеющий преобладающее значение, который осложнен песчано-глинистым комплексом, связанным с циклами второго порядка. Отложения карбона распространены только в южных районах КМА (Яковлевское месторождение).

Для условий образования песчано-глинистых осадков карбона характерна влажность климата и сильная забалоченность местности, т.е. песчано-глинистая свита карбона носит характер приморско-болотных условий образования. Мелкое море имеет часто меняющийся режим.

Среди песчано-глинистых отложений выделяются сланцеватые глины, мелкозернистые песчаники, алевро-глины, глинистые сланцы с углистыми прослоями, рассланцованные.

Минералогический анализ фракции 0,01–0,25 мм песчаных отложений устанавливает минеральную зону: шпинель – сфен – гранат – рутил – турмалин – циркон – магнетитовую с пиритом.

Рентгенографический анализ тонких фракций ($< 0,001$ мм) песчано-глинистых отложений карбона показывает, что в их составе присутствует каолинит и смешанно-слоистый минерал монтмориллонит – гидрослюда с преобладанием монтмориллоновых слоев. Последний преобладает по содержанию; имеется очень небольшая примесь кварца.

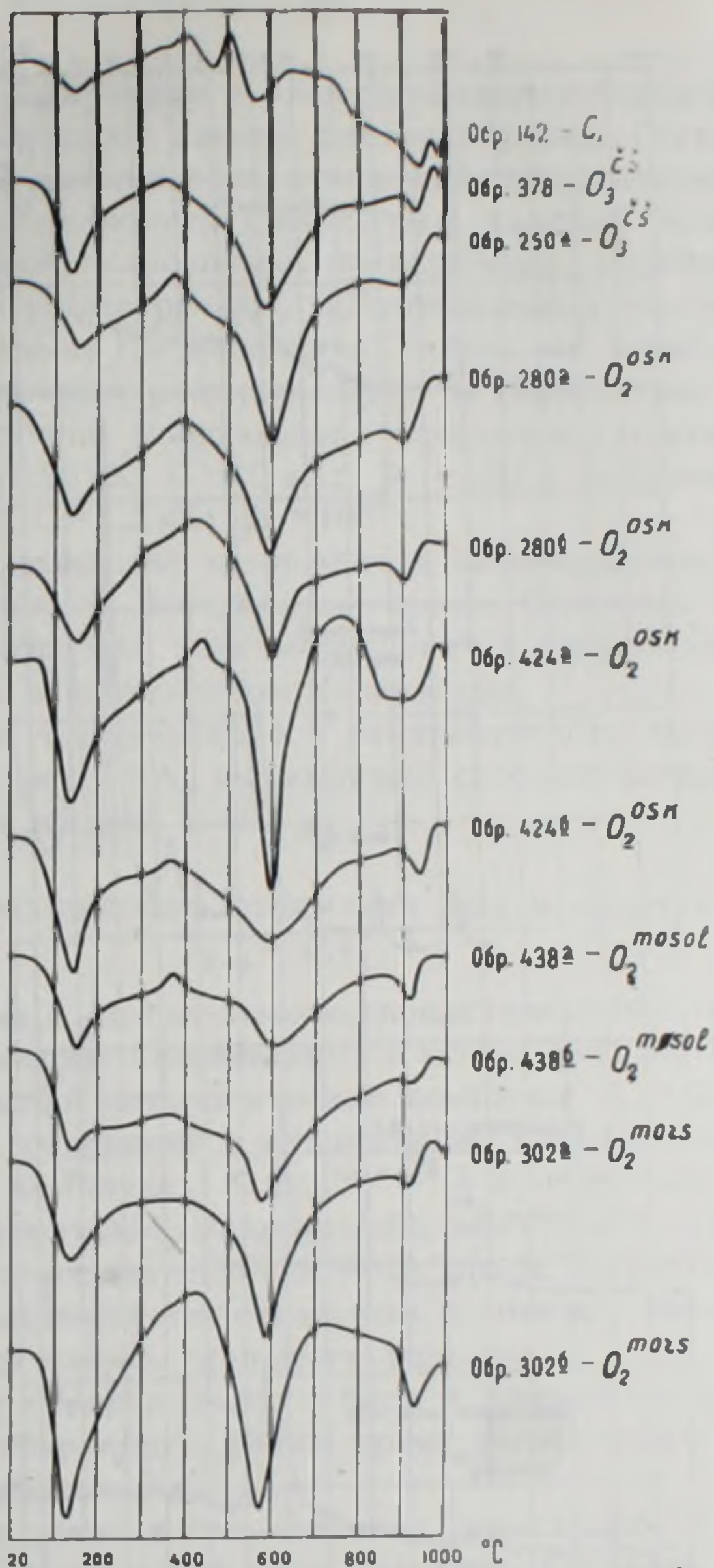


Рис. 8. Термические кривые девонских и карбоновых глинистых пород КМА: обр. 142 - из скв. 7^c (Яковлево); обр. 250^a, 280^b, 302^a, 302^b - из скв. 1324 (Михайловка); обр. 378, 424^a, 424^b, 438^a, 438^b - из скв. 1262 (Михайловка).

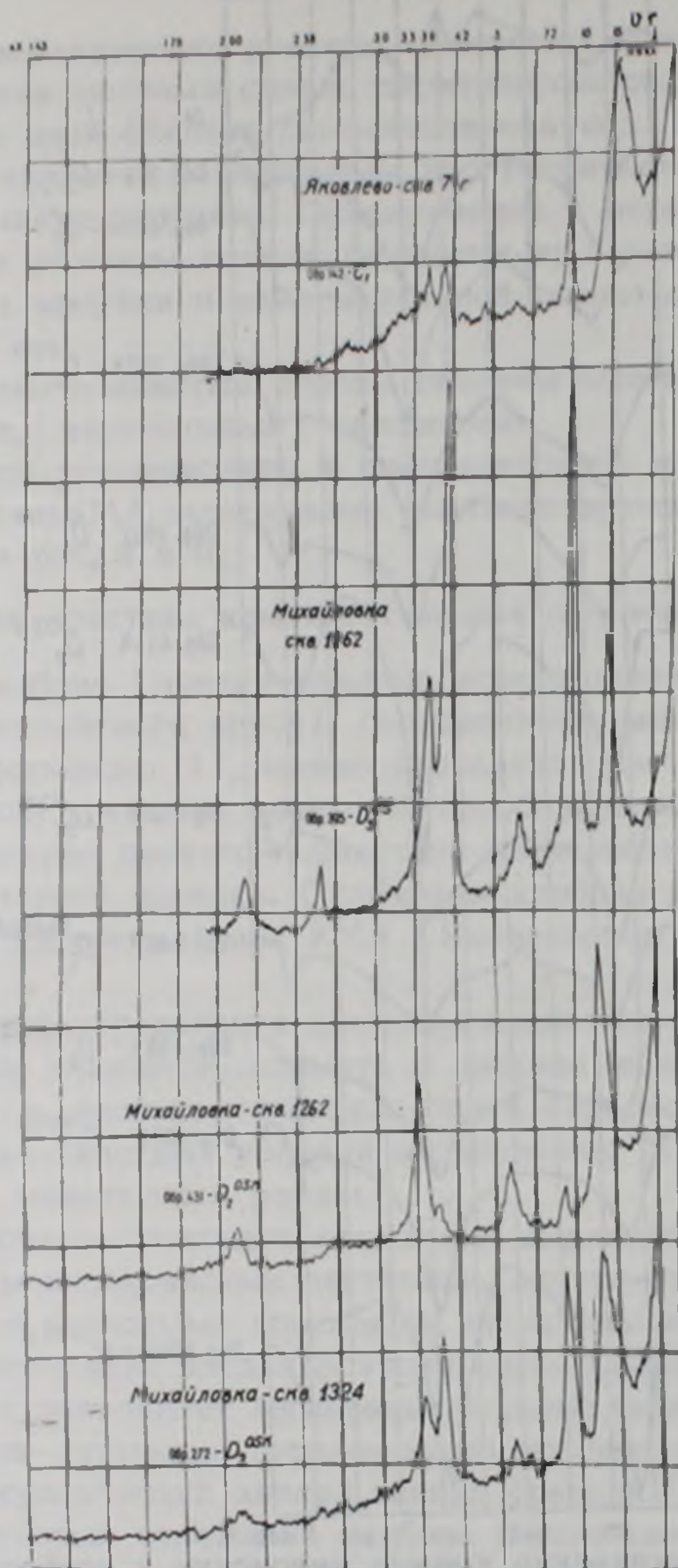


Рис. 9. Дифрактометрические кривые рентгеновского анализа карбоновых и девонских минералогических типов глин КМА.

Электроннографические и электрономикроскопические исследования подтверждают данные рентгенографии. Глинистые минералы тонких фракций этих отложений представлены тройной смесью: монтмориллонита (размытые частицы более 1μ), диоктаэдрической гидрослюда, по-видимому, модификации 1М (не размытые изометричные, полупрозрачные частицы размером 1μ и меньше) и каолинита (отдельные псевдогексагональные кристаллики размером $0,3\mu$). Параметры элементарных ячеек получены следующие: гидрослюда (монтмориллонит) $a=5,17$ кХ; $b=8,96$ кХ; $c=10$ кХ; $\beta=100^\circ$; каолинит — $a=5,14$ кХ; $b=8,90$ кХ; $c=7,3$ кХ; $\beta=105^\circ$.

Структуры входящих компонентов несовершенные, параметры c и β являются псевдопараметрами. Основная масса составляющая образцы, монтмориллонит и гидрослюда, каолинит находится в подчиненном количестве.

Результаты термического и рентгеновского исследования карбонатных глин КМА, выраженные соответствующими кривыми, приведены на рис. 8–9.

3. Характеристика отложений юры и нижнего мела ($J_{2-3} - C_{7_1}$)

Осадки юры и нижнего мела, представляющие собой терригенную формацию (формация Ш) можно разделить на существенно-глинистый литологический комплекс ($J_{2-3} - C_{7_1}^{apt - ac}$) залегающий в основании и существенно кварцево-песчаный литологический комплекс ($C_{7_1-2}^{cm + alb}$) с подчиненной ему глауконитово-фосфоритовой макрофацией, венчающей эту формацию. Кроме того, в южных районах КМА среди терригенной формации можно выделить известняковый комплекс, связанный с тектоническим циклом меньшего размера.

Отложения осадков байос – бата в нижней части разреза представляют береговую фацию трансгредирующего моря, остальная – глубоководная.

Отложение осадков бат-келловей происходило в условиях мелководья – прибрежной зоне морского бассейна, куда с суши сносилось значительное количество растительных остатков, в условиях близких к озерным с застойным режимом, переходя в озерно-болотные осадки еще более мелководного харак-

тера. Отложения келловей в северо-западных районах КМА имеют наиболее глубоководный характер. В южных частях КМА они представлены песками, песчаниками и песчанистыми глинами, представляя береговые отложения небольшой мощности.

Отложения оксфорда представляют нормальные морские осадки; для всего района КМА характерна смена снизу вверх оолитовопесчаных береговых (прибрежных) отложений глинистыми, относительно более глубоководными.

Отложения кимериджа аналогичны отложениями оксфорда. На юге КМА находилась глубоководная часть моря, к северу оно имело мелководный характер ввиду близости береговой линии.

Отложения нижневолжского яруса на юге КМА представляют осадки открытого моря, на севере КМА – мелководные, прибрежные осадки, а на востоке и северо-востоке КМА преобладают прибрежно-лагунные и лагунно-континентальные осадки.

Отложения неоком-апта формировались в озерно-прибрежных или озерно-дельтовых условиях, а также континентально-болотных и озерных условиях.

Отложения песков сеноман-альба на всей территории КМА происходило в условиях мелководного моря.

Петрографо-минералогическая характеристика этих отложений дается отдельно для основных районов КМА.

а) южные районы КМА (Яковлевское и другие месторождения)

Яковлевское месторождение расположено в 35 км к северо-западу от г. Белгород, в районе с. Яковлево. Полный разрез надрудной толщи здесь изучен нами детально по скважине № 14Г; кроме того, юрские отложения, а также отложения нижнего карбона исследованы также по скважинам № 33Г, 7Г, и 26Ц. Этот район находится на юго-западном склоне Воронежской антеклизы, почему отличается, по сравнению с другими, как большей полнотой разреза, так и большей мощностью стратиграфических подразделений.

Скважина № 14Г пройдена на глубину 650 м; докембрийские отложения в ней вскрыты на глубине 554 м; выше, с базальным конгломератом (1 м) в основании, залегают однообразные известняки нижнего карбона мощностью 64 м. Ввиду отсутствия керна они не изучались (см. блокдиаграмму рис. 6).

Выше залегает мощная (142 м) толща песчано-глинистых отложений средне- и верхнеюрского возраста.

Существенно глинистый литологический комплекс представлен отложениями бата, келловей, кимеридж-оксфорда, нижневолжских и апт-неокома, а существенно кварцево-песчаный комплекс — отложениями сеноман-альба.

Существенно глинистый комплекс по гранулометрическому составу в основном содержит тяжелые глины и глины; подчиненное значение имеют тонкозернистые глинистые пески, глины алевритовый и песчаные, песчано-алевритовые глины.

Детальный минералогический анализ фракций 0,01 — 0,25 мм позволил расчленить песчаные породы этого комплекса на три зоны с характерными минеральными ассоциациями тяжелой фракции: 1) апатит — ставролит — гранат — рутил — турмалин — амфибол — эпидот — дистен — циркон — лейкоксен — ильменит — магнетитовую с глауконитом и фосфатами; 2) шпинель — сфен — гранат — рутил — апатит — турмалин — циркон — эпидот — лейкоксен — ильменит — магнетитовую с пиритом, фосфатом, глауконитом и местами с сидеритом; 3) гранат — турмалин — дистен — ставролит — циркон — магнетит — лейкоксен — ильменитовую с фосфатами и глауконитом (Н.К.Паффенгольц, 1964, рис. 5).

Исследования глинистой фракции (0,001 мм) батских и келловейских отложений методом рентгенографического анализа показали, что в породе содержится 50% каолинита и 50% гидрослюды.

Электронографический анализ этих же образцов подтверждает данные рентгенографии. Глинистые минералы, по данным электронографии, представлены смесью дооктаэдрической гидрослюды с остаточной серицитоподобной структурой (модификация 2 M_1) и моноклинного каолинита. Соотношение гидрослюда — каолинит — 70 : 30%. Морфология каолинитовых частиц — гексагональные кристаллики размером 0,2 μ . У гидрослюдистых частиц в значительном количестве имеются частицы размером $\approx 1 \mu$, хотя основная масса частиц все-таки $\sim 0,3-0,5 \mu$. Параметры элементарной ячейки для гидрослюды: $a = 5,17$ кХ; $b = 8,96$ кХ; $c = 20$ кХ; $\beta = 95^\circ$; каолинита: $a = 5,14$ кХ; $b = 8,90$ кХ; $c = 7,3$ кХ; $\beta = 105^\circ$.

Данные электронной микроскопии этих же образцов уста-

навливают смесь тонкодисперсионного каолинита (размером $\approx 0,1 \mu$) с гидрослюдой и незначительной примесью монтмориллонита. Каолинита порядка 35–40%.

Исследования минералогического состава глинистой фракции кимеридж–оксфордских отложений методом рентгенографического анализа показали, что глинистые минералы представлены каолинитом – около 30%, гидрослюдой – около 70%.

Электроннографические и электронномикроскопические исследования подтверждают данные рентгенографии. Глинистые минералы тонких фракций этих отложений представлены диоктаэдрической гидрослюдой и серицитоподобной структурой, модификации $2M_1$ среднего совершенства структуры. Кроме того, электронномикроскопическими исследованиями установлены гексагональные кристаллики каолинита и размытые агрегаты монтмориллонита (?), не подтвержденные рентгеном. Размеры частиц гидрослюды в пределах $0,1 - 0,3 \mu$, каолинита $\sim 0,2 \mu$. Параметры элементарной ячейки для гидрослюды: $a = 5,17 \text{ кХ}$; $b = 8,96 \text{ кХ}$; $c = 19,9 \text{ кХ}$; $\beta = 95^\circ$.

Результаты рентгенографического анализа глинистых фракций образцов нижеволжских отложений указывают на присутствие в них арагонита с примесью кальцита и кварца, имеют следы каолинита и гидрослюды.

Электроннографический и электронномикроскопический анализ этих же образцов указывает на присутствие в составе тонких фракций диоктаэдрической гидрослюды с остаточной серицитоподобной структурой модификации $2M_1$. Низкое совершенство структуры, хотя сохраняется периодичность в два слоя. Размеры частиц, по данным электронной микроскопии, порядка $0,2 - 0,5 \mu$. Возможно присутствие монтмориллонита и каолинита. Параметры элементарной ячейки гидрослюды: $a = 5,17 \text{ кХ}$; $b = 8,96 \text{ кХ}$; $c = 20 \text{ кХ}$; $\beta = 95^\circ$.

Результаты рентгенографического анализа образцов апт–неокомских отложений указывают на полиминеральный состав тонких фракций с присутствием в них каолинита в количестве около 10% и смешано–слоистого минерала гидрослюда – монтмориллонит с преобладанием слюдистых слоев – около 90%.

Электроннографические и электронномикроскопические исследования подтверждают данные рентгенографии, указывая на присутствие очень тонкодисперсионной гидрослюды с размером частиц $\sim 0,1 \mu$, кроме того, имеется монтмориллонит (более крупные частицы с размерами $\sim 0,3 - 0,4 \mu$). Возможно, гидрослюда и монтмориллонит дают смешанно–слоистое образование.

Параметры элементарной ячейки гидрослюдь: $a = 5,16 \text{ кХ}$; $b = 8,96 \text{ кХ}$; $c = 10 \text{ кХ}$; $\beta = 100^\circ$.

Структура гидрослюдь несовершенная. Присутствие каолинита устанавливается наличием на электронномикроскопическом снимке псевдогексагональных кристалликов.

Среди существенно кварцево-песчаного литологического комплекса по гранулометрическому составу выделяются чистые пески и глинистые пески.

Детальный минералогический анализ фракций $0,01 - 0,25 \text{ мм}$ позволил расчленить этот комплекс на три зоны (горизонта) с характерными минеральными ассоциациями тяжелой фракции 1) гранат – турмалин – дистен – ставролит – циркон – магнетит – лейкоксен – ильменитовую с фосфатами и глауконитом; 2) дистен – гранат – эпидот – рутил – циркон – магнетит – ильменитовую с фосфатами и глауконитом; 3) апатит – ставролит – гранат – рутил – турмалин – амфибол – эпидот – дистен – циркон – магнетит – лейкоксен – ильменитовую (Н.К. Паффенгольц, 1964, рис. 5).

Исследования глинистой фракции ($< 0,001 \text{ мм}$) сеноман – альбских отложений методом электронографии и электронной микроскопии показали, что она представлена тонкодисперсной гидрослюдью с серицитоподобной структурой модификации $2M_1$, диоктаэдрической. Размеры частиц – $0,1 - 0,2 \mu$. Имеется примесь такого же тонкодисперсного каолинита, моноклинного с размерами частиц порядка $0,2 \mu$ и менее. Параметры элементарной ячейки для гидрослюдь следующие: $a = 5,17 \text{ кХ}$; $b = 8,97 \text{ кХ}$; $c = 19,9 \text{ кХ}$; $\beta = 95^\circ$

Сцементированные песчаные породы обоих комплексов разделяются на тонкозернистые и алевритовые песчаники (цемент контактный и частью поровый, глинисто-хлоритовый, наблюдается примесь углистого вещества и глауконита), известковистые песчаники; мелкосреднезернистые доломитово-известковые алевриты, среднезернистые и крупнозернистые равномернозернистые кварцево-полевошпатовые песчаники (с базальным цементом у известковистых разностей и контактно-поровым цементом у глинисто-серицитовых разностей), разноезернистые кварцево-полевошпатовые песчаники (цемент контактно-поровый и базальный, карбонатный, криптокристаллический, встречаются зерна глауконита.).

В сеноман-альбских отложениях чаще встречаются известковистые песчаники и песчаные известняки; структура псаммокриптокристаллическая, участками мелкозернистая. В карбо-

натной криптокристаллической основной массе равномерно рассеяны (до 20% объема) зерна кварца полевых шпатов размером до 0,4 мм. Встречаются также песчанистые известняки, сложенные карбонатным веществом с реликтовой органогенной структурой, в котором рассеяны зерна кварца (до 1,5 мм) и полевых шпатов, а также редкие зерна глауконита.

б) северо-западные районы КМА (Михайловское и другие месторождения)

Михайловское месторождение находится к северо-востоку от одноименного селения; состоит из двух основных участков Веретенинского и Курбакинского. Район отличается сложностью геологического строения надрудной осадочной толщи, обусловленной разновысотным положением докембрийского кристаллического фундамента, вскрытого на глубинах от 30 до 235 м.

Геологический разрез изучен здесь по двум наиболее глубоким скважинам – №№ 1262 и 1324, глубиной соответственно 232,65 и 249,9 м. В фондовой работе автора (1960) приводится скрупулезное описание разреза по скважине № 1262, лучше документированной, причем для скважины № 1324 дается параллельно сравнительная характеристика выделяемых свит и горизонтов разновозрастных толщ.

Обе скважины вскрыли средне- и верхнедевонские, средне- и верхнеюрские, нижне- и верхнемеловые и четвертичные отложения общей мощностью около 200 м; изучено по каждой скважине около 100 шлифов, образцы же отбирались через каждые 0,5 м.

Существенно глинистый литологический комплекс представлен отложениями бата, келловей и апт-неокома, а существенно кварцево-песчаный комплекс – осадками сеноман-альба.

Существенно глинистый комплекс по гранулометрическому составу в основном содержит тяжелые глины, глины, песчано-алевритовые глины, глины песчаные и алевритовые. Подчиненное значение имеют пески мелкозернистые и тонкозернистые (алевритовые), как чистые, так и глинистые, а также пески разномелкозернистые, глинистые и чистые.

Детальный минералогический анализ фракций 0,01 – 0,25 мм позволил расчленить этот комплекс на шесть зон (горизонтов) с характерными минеральными ассоциациями тяжелой фракции: 1) апатит – ставролит – гранат – рутил – турмалин – амфибол – эпидот – дистен – циркон – магнетит – лейкоксен – ильменитовую; 2) шпинель – амфибол – гранат – рутил – тур-

малин – апатит – эпидот – циркон – лейкоксен – ильменит – магнетитовую; 3) сфен – амфибол – эпидот – рутил – дистен – турмалин – ставролит – циркон – лейкоксен – магнетит – ильменитовую с пиритом и фосфатами; 4) силлиманит – амфибол – эпидот – рутил – дистен – турмалин – ставролит – циркон – магнетитовую с пиритом, гидроокислами железа и изредка фосфатами; 5) рутил – дистен – ставролит – турмалин – циркон – лейкоксен – магнетитовую с пиритом и гидроокислами железа; 6) рутил – турмалин – дистен – ставролит – циркон – ильменитовую с пиритом (Н.К. Паффенгольц, 1961, рис. 3, 9, 10).

Исследования тонкой фракции ($< 0,001$ мм) батских отложений методом рентгенографического анализа показали, что глинистые минералы представлены каолинитом (60–70%) и гидрослюдой (30–40%).

Электроннографический и электронномикроскопический анализ этих же образцов указывает на присутствие в составе тонких фракций тонкодисперсионного моноклинного каолинита с размерами частиц порядка $0,2 \mu$ и менее с примесью монтмориллонита в незначительном количестве. Соотношение порядка 90 : 10. Параметры элементарной ячейки для каолинита: $a = 5,14$ кХ; $b = 8,90$ кХ; $c = 7,3$ кХ; $\beta = 104,5^\circ$.

Исследования тонких фракций ($< 0,001$ мм) келловейских отложений методом рентгенографического анализа показали, что минералогический состав характеризуется смешанно-слоистым образованием гидрослюда – монтмориллонит, также каолинитом и примесью кальцита.

В смешанно-слоистом минерале преобладают монтмориллонитовые слои. Каолинита содержится меньше, чем смешанно-слоистого минерала.

Электроннографические и электронномикроскопические исследования подтверждают данные рентгенографии.

Основная масса – гидрослюда с размерами частиц в пределах $0,2 - 1 \mu$; имеется монтмориллонит и некоторое количество каолинита ($\sim 10-15\%$); каолинит, по-видимому, триклинный. Структура гидрослюда среднего совершенства, период в два слоя (модификация $2M_1$). Параметры элементарной ячейки следующие: гидрослюда $a = 5,17$ кХ; $b = 8,96$ кХ; $c = 20$ кХ; $\beta = 95^\circ$; каолинита: $a = 5,14$ кХ; $b = 8,90$ кХ.

Данные рентгенографии тонких фракций апт-неокомовских отложений показывают, что в их составе присутствуют каолинит в количестве около 30% и смешанно-слоистый минерал гид-

рослюда – монтмориллонит с преобладанием слюдистых слоев около 70%.

Электроннографические исследования этих же образцов показывают, что глинистые минералы представлены смесью монтмориллонита и каолинита в соотношении 90 : 10%. В монтмориллоните, по-видимому, имеется некоторая упорядоченность в наложении слоев. Параметры элементарной ячейки для монтмориллонита несколько повышенные: $a = 5,18$ кХ; $b = 8,97$ кХ; $c = 10$ кХ; $\beta = 100^\circ$. Для каолинита $a = 5,14$ кХ; $b = 8,90$ кХ. Данные электронографии согласуются с данными электронной микроскопии.

Среди существенно кварцево-песчаного комплекса (сеноман-альб) по гранулометрическому составу выделяются пески разномзернистые, пылеватые^х и глинистые, гравелистые пески мелкозернистые, глинистые. Подчиненное значение имеют пески разномзернистые гравелистые.

Детальный минералогический анализ фракций 0,01 – 0,25 мм позволил расчленить этот комплекс на три зоны (горизонта) с характерными минеральными ассоциациями тяжелой фракции 1) гранат – турмалин – дистен – ставролит – циркон – магнетит – лейкоксен – ильменитовую с фосфатами и глауконитом; 2) ставролит – дистен – гранат – циркон – рутил – эпидот – амфибол – ильменит – магнетитовую с фосфатами и глауконитом; 3) дистен – гранат – эпидот – рутил – циркон – магнетит – ильменитовую с фосфатами и глауконитом (Н.К. Паффенгольц, 1961, рис. 10). Четвертая зона (альб) аналогична апт-неокомским отложениям (переходная).

Исследования глинистых фракций ($< 0,001$ мм) сеноман-альбских отложений под электронным микроскопом показали, что она представлена гидрослюдой с некоторым количеством монтмориллонита. Имеется также тонкодисперсный каолинит с размерами частиц порядка 0,1 м.

Сцементированные песчаные породы обоих комплексов разделяются на песчаники мелкозернистые и среднезернистые, изредка грубо- и неравномернозернистые, цемент большей частью контактный и поровый, реже базальный, глинисто-хлоритовый, иногда железистый и редко тонкоизмельченный кварцево-полевошпатовый; разномзернистые песчаники (цемент базальный, глинисто-серицитовый, контактный, слюдисто-желе-

^х То же, что алевритовые (частицы размером 0,05 – 0,005 мм).

зистый и частью смешанный – контактово–поровый), мелко – зернистые и алеврито–глинистые кварцевые песчаники (цемент песчаников базальный, контактовый и поровый, глинисто–серицитовый, глинисто–хлоритовый, слюдисто–железистый, иногда тонкоизмельченный кварцево–полевошпатовый), различаемые по структуре, характеру, количеству и распределению цемента. Только в отложениях апт–неокома констатирован пласт песчанистого известняка.

Все вышеописанные песчаники кварцевые, но часто присутствуют также зерна полевых шпатов (плагиоклазов и микро–клина) и единичные зерна циркона; всюду встречается рассеянный глауконит (до 0,3 мм) и лейсты светлой слюды. Крупные зерна угасают агрегатно.

в) северо–восточные районы КМА (Лебединское, Коробковское и другие месторождения)

На Коробковском месторождении хороший разрез изучен при проходке опытной шахты № 3, расположенной в районе гор.Губкин (б. Коробково) по левобережью р.Оскольца. Глубина шахты свиты 118 м, из которых до 102 м пройдено по осадочным породам (эоцен – мел – юра), ниже (16 м) – по сильно измененным (разложженным) изверженным породам докембрия.

Лебединское месторождение (“Лебеди”) находится к югу от Коробково, по правобережью р.Оскольца. Здесь разрез мезозойской толщи изучен по скважинам № 4^С и 7^С.

Существенно глинистый литологический комплекс представлен отложениями нижневолжского яруса, а существенно кварцево–песчаный комплекс – отложениями апта и сеноман–альба.

Существенно глинистый комплекс по гранулометрическому составу в основном содержит глинистые пески и песчаные глины. Подчиненное значение имеют глины, алевритовые глины (пылеватые глины).

Отчетливая ритмичность выявлена нами в отложениях верхней юры Коробковского месторождения (г.Губкин). Здесь в результате литолого–петрографического изучения верхнеюрских (нижневолжских) отложений констатируется следующее.

1) на протяжении седиментационного цикла указанного времени наблюдаются определенные ритмы в осадконакоплении, повторяющиеся через 3,5 м; таких ритмов 7 (последний неполный).

2) Начинается ритм песчаниками, кончается глинами: породы связаны взаимными переходами.

3) Первый ритм начинается своеобразными кварцевыми железистыми песчаниками, форма зерен которых (угловатая) указывает на отсутствие следов переноса; это, видимо, был элювий, представляющий обогащенную кварцем кору выветривания докембрийских кристаллических пород. Продукты разложения полевых шпатов и темноцветных компонентов, разрушающихся, как известно, быстрее были вымыты. Железистый цемент появляется значительно позднее, при соответствующих гидрогеологических условиях района.

Очевидно, область сноса находилась еще далеко.

4) Лишь начиная с 4-го ритма в сложении песчаников начинают участвовать также полевые шпаты (плагиоклаз и микроклин), указывающие на размыв (обусловленный поднятием) кристаллических пород (гранито-гнейсов?).

5) С 4-го ритма породы становятся несколько карбонатными, появляются единичные зерна глауконита и рудного минерала; все это указывает на изменение режима морского бассейна, в котором отлагались осадки на известное уменьшение его глубины. Процесс этот, видно, прогрессировал, так как в песчаниках 6-го ритма глауконит встречается уже в существенном количестве.

6) Таким образом процесс осадконакопления был непрерывно-прерывистым, местами (четвертый ритм) скачкообразным.

Детальный минералогический анализ фракции 0,01–0,25 мм показывает, что этот комплекс составляет одну зону (один горизонт) с характерными минеральными ассоциациями тяжелой фракции: амфибол–эпидот–рутил–турмалин–ставролит–дистен–циркон–лейкоксен–ильменитовую, с гидроокислами железа, пиритом, глауконитом и фосфатами (рис. 7).

Исследования тонких фракций ($< 0,001$ мм) нижеволжских отложений методом рентгенографического анализа показали, что в верхах толщи глинистые минералы представлены почти исключительно каолинитом – 99%, на долю гидрослюда приходится около 1%. В остальных частях разреза каолинит составляет 60%, а гидрослюда – 40%.

Электроннографический и электронномикроскопический анализ этих же образцов указывает, что в верхах толщи глинистые минералы представлены смесью триклинного каолинита с весьма совершенной структурой и диоктаэдрической гидрослюдой,

модификации 1М. Размеры частиц каолинита — $0,3 \mu$, гидрослюда — $0,8 \mu$ и более до $1,2 - 1,6 \mu$. Соотношение каолинит — гидрослюда — 50 : 50%. Параметры элементарных ячеек: для гидрослюда: $a = 5,17 \text{ кХ}$; $b = 8,96 \text{ кХ}$; $c = 10 \text{ кХ}$; $\beta = 100,5^\circ$; каолинита: $a = 5,14 \text{ кХ}$; $b = 8,90 \text{ кХ}$; $c = 7,4 \text{ кХ}$; $\beta = 91,5^\circ$; $\beta = 104,5^\circ$.

В остальных частях разреза, по данным электронографии и электронной микроскопии, глинистые минералы представлены смесью каолинита (тонкочешуйчатые кристаллики с видимой гексагональной огранкой) и монтмориллонита (крупные с размытыми краями агрегатами размером — $0,8 \mu$). Не исключено, что это есть "бейделлит" в смысле сrostка структур (см. руководство). Параметры элементарных ячеек; каолинит: $a = 5,14 \text{ кХ}$; $b = 8,90 \text{ кХ}$; $c = 7,3 \text{ кХ}$; $\beta = 105^\circ$; монтмориллонит: $a = 5,16 \text{ кХ}$; $b = 8,94 \text{ кХ}$; $c = 10 \text{ кХ}$; $\beta = 100^\circ$.

Исследования глинистых фракций ($< 0,001 \text{ мм}$) из некоторых образцов нижневолжских отложений в центральной части разреза с помощью электронного микроскопа показали, что их минералогический состав представляет собой смесь гидрослюда с некоторым количеством монтмориллонита и каолинита. Размеры частиц $0,2 - 1,2 \mu$.

Среди существенно кварцево-песчаного комплекса (апт — сеноман-альб) по гранулометрическому составу выделяются пески чистые разнозернистые и пески глинистые, алевроитовые и алевроито-глинистые (как плотные, так и рыхлые разности).

Детальный минералогический анализ фракций $0,01 - 0,025 \text{ мм}$ позволил расчленить этот комплекс на четыре минеральные зоны (горизонта) с характерными минеральными ассоциациями тяжелой фракции: 1) гранат — турмалин — дистен — ставролит — циркон — магнетит — лейкоксен — ильменитовую с фосфатами и глауконитом; 2) дистен — гранат — эпидот — рутил — циркон — магнетит — ильменитовую с фосфатами и глауконитом; 3) силлиманит — амфибол — эпидот — турмалин — рутил — ставролит — дистен — циркон — лейкоксен — ильменитовую с фосфатами и глауконитом; 4) дистен — силлиманит — рутил — турмалин — ставролит — циркон — ильменитовую.

Исследования тонких фракций ($< 0,001 \text{ мм}$) аптских отложений методом электронографии и электронной микроскопии указывают на присутствие в их составе моноклинного каолинита. Гексагональные кристаллики размером $\sim 0,3 \mu$, слабо

прозрачные для электронов. Структура невысокого совершенства. Возможна примесь не глинистого вещества. Параметры элементарной ячейки следующие: $a = 5,14 \text{ кХ}$; $c = 7,4 \text{ кХ}$; $\beta = 105^\circ$.

Исследования тонких фракций ($< 0,001 \text{ мм}$) альбских отложений методом рентгенографического анализа показали, что в их минералогический состав входит каолинит, гидрослюда и монтмориллонит, причем преобладает гидрослюда. Количественное соотношение между каолинитом и гидрослюдой примерно $1 : 2$.

Данные электронной микроскопии этих же образцов указывают, что в выделенных фракциях присутствует гидрослюда с незначительной примесью каолинита, улавливаемого по отдельным гексональным кристалликам.

Исследования глинистых фракций ($< 0,001$) сеноманских отложений методом рентгенографического анализа показали, что в их состав входят смешанно-слоистый минерал гидрослюда - монтмориллонит с преобладанием монтмориллонитовых слоев, каолинит, очень небольшая примесь гетита, причем преобладает смешанно-слоистый минерал.

Исследования глинистой фракции этих же отложений методом электрографии и электронной микроскопии показали, что она представлена смесью триклинного каолинита с весьма совершенной структурой и диоктаэдрической гидрослуды модификации 1М с менее совершенной структурой, чем в нижневолжских отложениях. Каолинита несколько меньше, чем гидрослуды: не исключено присутствие монтмориллонита. Параметры элементарных ячеек следующие: для гидрослуды $a = 5,1 \text{ кХ}$; $b = 8,96 \text{ кХ}$; $c = 10 \text{ кХ}$; $\beta = 100,5^\circ$; каолинита $a = 5,14 \text{ кХ}$; $b = 8,90 \text{ кХ}$; $c = 7,4 \text{ кХ}$; $\alpha = 91,5^\circ$; $\beta = 104,5^\circ$.

Сцементированные песчаные породы обоих комплексов разделяются на железистые неравномернозернистые и грубозернистые песчаники (цемент поровый и базальный железисто-карбонатный), мелко- и тонкозернистые песчаники (цемент базальный, кремнисто-слюдистый, а местами глинисто-карбонатный), средне-, крупно- и грубозернистые песчаники, неравномернозернистые (цемент поровый, частью соприкосновения-контактный, глинисто-кремнистый), тонкозернистые песчаники (цемент поровый и контактный, глинисто-хлорито-серпентиновый), грубозернистые песчаники (цемент базальный, гли-

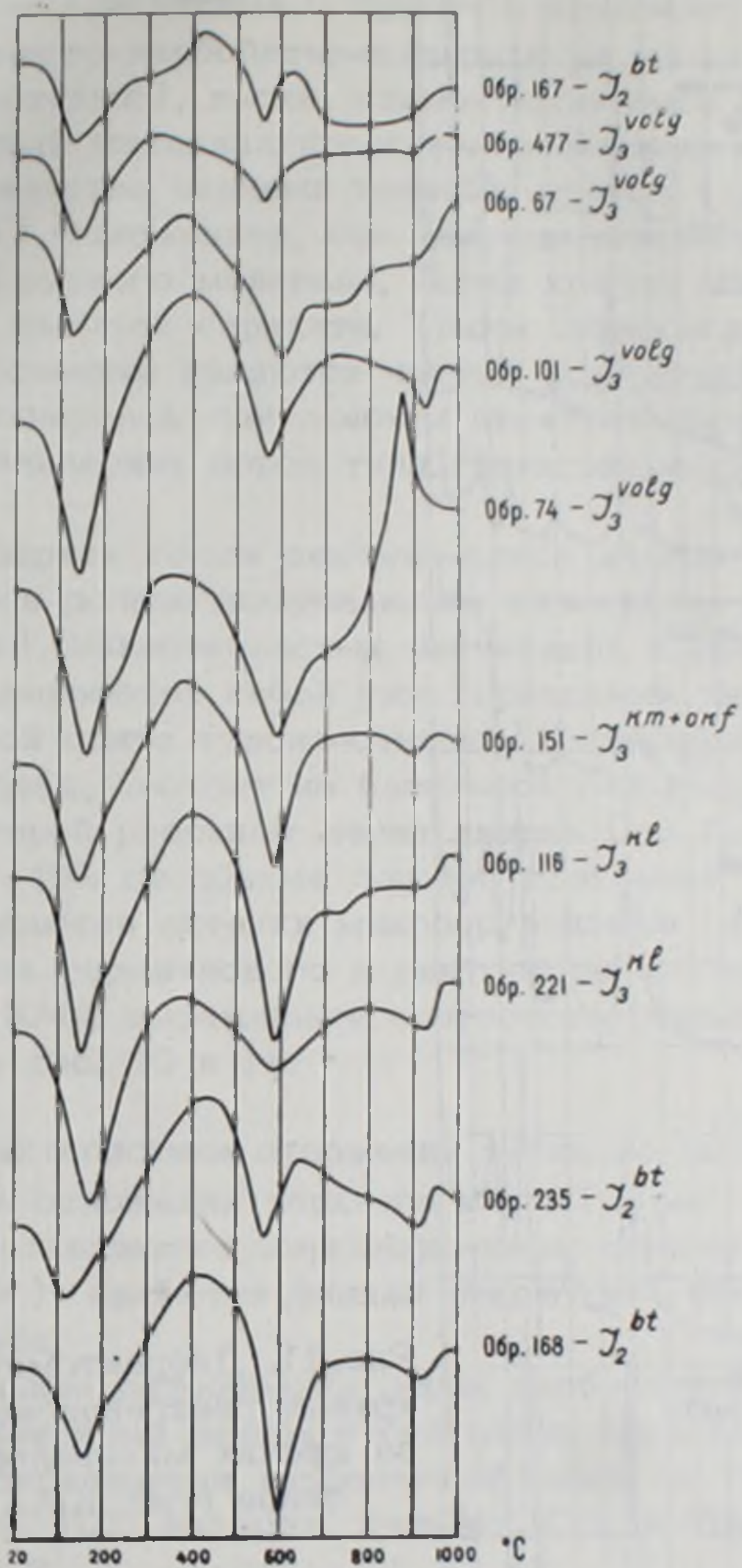


Рис. 10. Термические кривые юрских глинистых пород КМА: обр. 221, 235 – из скв. 1324 (Михайловка); обр. 477 – из скв. 7^с (Лебеди); обр. 67, 74 – из скв. 14^г (Яковлево); обр. 101, 116 – из скв. 33^г (Яковлево); обр. 151, 167, 168 – из 3-го ствола шахты (Коробково).

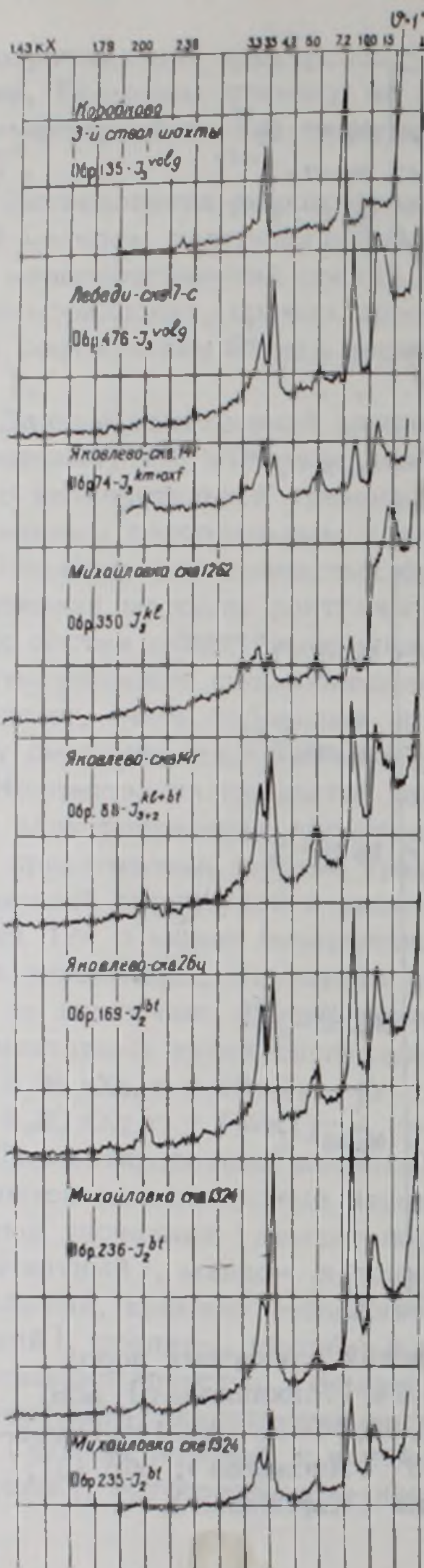


Рис. 11. Дифрактометрические кривые рентгеновского анализа юрских минералогических типов глин КМА.

нисто-хлорито-серицитовый), грубо- и крупнозернистые песчаники с глинисто-карбонатно-железистым цементом смешанного типа (участками), пески, сцементированные фосфоритом.

Псаммитовый материал представлен зернами кварца, в меньшем количестве зернами полевых шпатов (плагиоклаза и микроклина), глауконита, еще раз акцессорные зерна циркона и зерна рудного минерала. Зерна кварца обычно окружены тончайшей каемкой серицита. Таким образом грубо- и крупнозернистые песчаники являются частью аркозовыми. Судя по ассоциации минералов они должны являться продуктами размыва кристаллических пород типа гранитоидов (гранито-гнейсов).

В самих верхах толщи сеноман-альба иногда наблюдаются тонкие прослойки доломитизированного известняка (доломитистого мергеля), известковистых песчаников и песчаных известняков, представляющих собой уже переходные разности к чисто карбонатной свите турона-сантона. Структура этих пород псаммопелитовая; состоит из базальной глинисто-карбонатной массы, в которой рассеяны зерна кварца (до 1 мм) в количестве до 30-40% от объема породы; глауконит уже отсутствует, но наблюдаются остатки микроорганизмов (фораминифер).

Результаты термического и рентгеновского исследования юрских глин КМА выраженные соответствующими кривыми, приведены на рис. 10 и 11.

4. Характеристика отложений верхнего мела

Осадочные отложения верхнего мела (турон-сантон-маастрихт), составляющие мергельно-известняковую формацию (формация 1У), являются фацией открытого, относительно глубокого моря.

Поразительное однообразие пород карбонатной свиты указывает на спокойный режим этого цикла осадконакопления. Результаты определения карбонатных пород по третьему столу шахты (на H_2O , доломит, кальцит, CO_2 и MgO) приведены в таблице 2.

Результаты термического и рентгеновского исследования меловых глин КМА представлены соответствующими кривыми на рис. 12 и 13.

Таблица 2

№ п/п	№ образца	% н/о	% доломита	% кальцита	% CO ₂	% MgO
1	17	31,00	6,90	58,60	29,1	1,5
2	23	1,40	3,70	94,50	43,40	0,80
3	29	1,40	3,70	94,00	43,20	0,80
4	35	57,00	1,40	38,20	17,50	0,30
5	41	1,60	3,70	95,10	43,70	0,80
6	47	3,20	3,20	92,40	42,20	0,70
7	53	1,00	3,70	94,00	43,20	0,80
8	59	3,80	3,20	91,50	41,80	0,70
9	63	2,20	3,70	93,50	43,00	0,80

Классификация карбонатных пород по данным химического анализа сведена в табл. ?

Таблица 3

№ образца	по П.А.Чистякову	по С.Г.Вишнякову	по Л.Б.Рухину
17	Доломитисто-пелитовый мел	Доломитистый мергель	Слабо-доломитистый мергель
23	Чистый мел	Чистый мел	Чистый мел
29	Чистый мел	Чистый мел	Чистый мел
35	Известковый пелитолит	Глинистый мергель	Глинистый мергель
41	Чистый мел	Чистый мел	Чистый мел
47	Чистый мел	Чистый мел	Чистый мел
53	Чистый мел	Чистый мел	Чистый мел
59	Чистый мел	Чистый мел	Чистый мел
63	Чистый мел	Чистый мел	Чистый мел

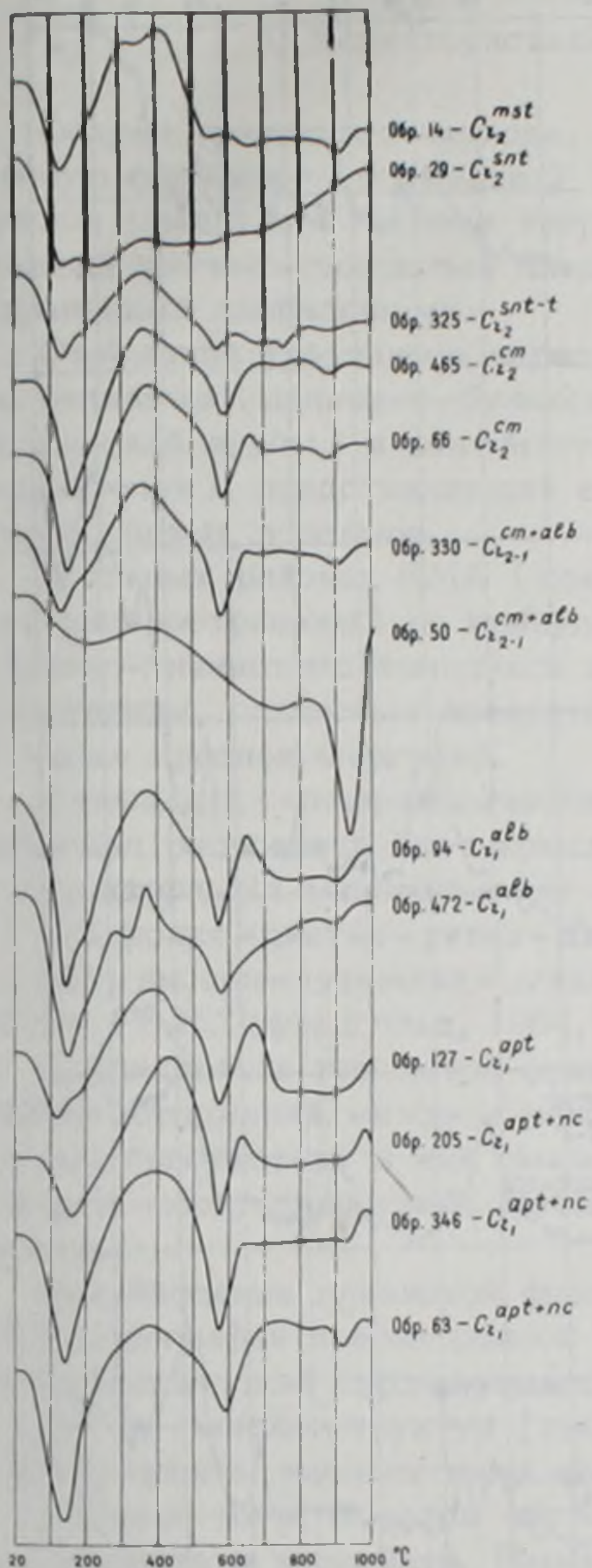


Рис. 12. Термические кривые меловых глинистых пород КМА: обр. 14, 205 – из скв. 1324 (Михайловка); обр. 325, 330, 346 – из скв. 1262 (Михайловка); обр. 465, 472 – из скв. 7^С (Лебе-ди); обр. 29, 50, 63 – из скв. 14^Г (Яковлево); обр. 66, 94, 127 – из 3-го ствола шах-ты (Коробково).

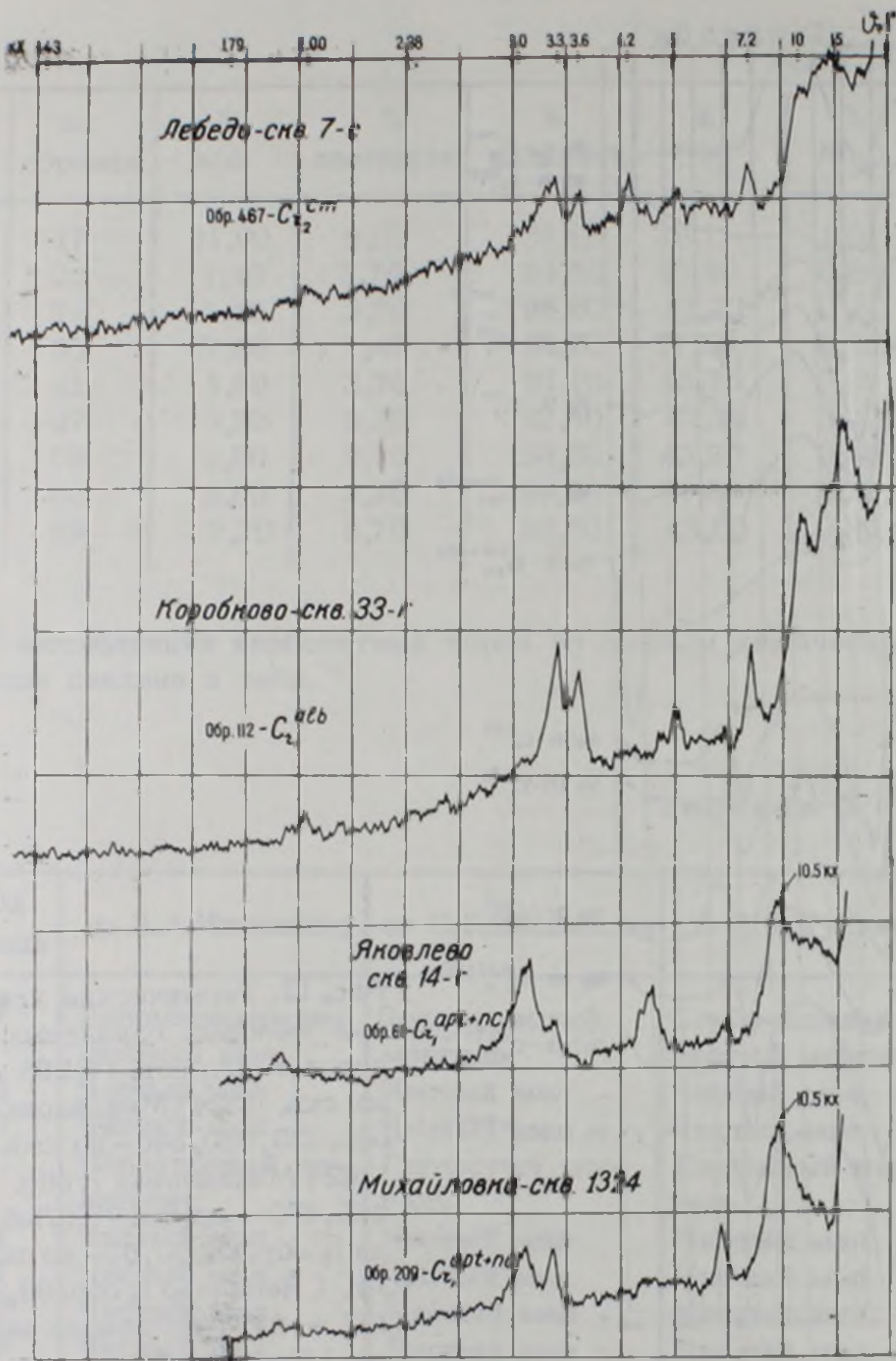


Рис. 13. Дифрактометрические кривые рентгеновского анализа меловых минералогических типов глин КМА.

5. Характеристика третичных отложений

Осадки третичного периода, составляющие верхнюю терригенную формацию (формация У) геологического разреза осадочной (надрудной) толщи территории КМА, составляют смешанный песчано-глинистый литологический комплекс, распространенный спорадически.

Отложения третичного периода разделяются на морские нижнетретичные (палеоцен-бучакский, киевский, харьковский и полтавский ярусы) и континентальные верхнетретичные (неоген-миоцен), представляющие собой осадки континентальных пресноводных водоемов.

В южных районах КМА (где третичные отложения наиболее распространены) по гранулометрическому составу среди песчано-глинистого комплекса встречаются глины, песчаники, алевролиты, глинистые алевроиты, пески глинистые и чистые, а также прослой мергелей.

Детальный минералогический анализ фракций 0,01–0,25 мм позволил расчленить этот комплекс на две зоны (горизонта) с характерными минеральными ассоциациями тяжелой фракции: 1) ставролит-дистен-рутил-циркон-ильменитовую и 2) ставролит-дистен-турмалин-рутил-циркон-лейкоксен-магнетитовую (Н.К.Паффенгольц, 1964, рис. 5).

Исследования глинистой фракции ($< 0,001$ мм) нижнетретичных отложений методом рентгенографического анализа показали присутствие в них смешанно-слоистого минерала гидрослюда-монтмориллонит. Наблюдается примесь $\angle$ - кристобалита.

Исследования глинистой фракции этих же образцов методом электронографии и электронной микроскопии показали, что минералогический состав представлен, по-видимому, "бейделлитом" в смысле структур (см. руководство по изучению глин, 1957), причем каолинитовый компонент в небольшом количестве. Кроме того, имеется чисто механическая смесь монтмориллонита и каолинита. Параметры элементарных ячеек следующие: для монтмориллонита: $a = 5,16$ кХ; $b = 8,94$ кХ; $c = 10$ кХ; $\beta = 100^\circ$; для каолинита: $a = 5,14$ кХ; $b = 8,90$ кХ; $c = 7,3$ кХ; $\beta = 105^\circ$.

Исследования глинистой фракции ($< 0,001$ мм) верхнетретичных отложений методом рентгенографического анализа по-

казали присутствие в них каолинита в количестве около 40% и смешанно-слоистого минерала монтмориллонит-гидрослюда примерно с равным содержанием слюдистых и монтмориллонитовых слоев около 60%.

Исследования глинистой фракции этих же образцов методами электронографии и электронной микроскопии показали, что их минералогический состав представлен смесью дисперсной гидрослюда (размеры частиц $\sim 0,2\mu$) и монтмориллонита (размеры частиц $\sim 0,5\mu$). Не исключен каолинит в количестве 5 - 10%. Структура гидрослюда глауконитоподобная с параметрами элементарной ячейки: $a = 5,21 \text{ кХ}$; $b = 9,03 \text{ кХ}$; c и β обычные.

Сцементированные песчаные породы разделяются на среднезернистые и мелкозернистые песчаники. Песчаники обычно слабые (с глинистым цементом), но местами встречаются и крепкие их разновидности (с кремнистым цементом).

В основании толщи песчаники средне-мелкозернистые (до 0,5 мм): структура псаммо-алеврито-пелитовая, участками алевропелитовая; текстура слоистая. Сложена зернами кварца (до 0,4 - 0,5 мм) и полевых шпатов (последние несколько меньших размеров) с примесью зерен глауконита, обычно равномерно рассеянного. Встречаются единичные зерна циркона. Цемент базальный, глинисто-серицитовый; серицит распределяется в глинистой массе неравномерно, слагая местами отдельные участки (в виде "сыпи"). По всей породе рассеяны в беспорядке (разнонаправленные) редкие лейсты (до 0,7 мм) светлой слюды. Количество цемента достигает 50% объема породы.

Кверху количество цемента уменьшается, местами он чисто глинистый (серицит отсутствует) или тонко измельченный кварцево-полевошпатовый. Количество глауконита кверху заметно увеличивается, достигая 15-20% объема породы. Лейсты светлой слюды также имеют разное направление.

В верхней части толщи преобладают алеврито- и мелкозернистые кварцево-полевошпатовые песчаники с контактным и частью поровым цементом, то глинисто-хлоритовым, то серицитовым. В таких разностях количество глауконита (равномерно рассеянного) возрастает до 25-30% объема породы. Интересно отметить также наличие единичных зернышек циркона. Изредка песчаники сильно ожелезнены, что обусловлено, видимо, разложение глауконита; в сильно лимитизированных раз-

ностях наблюдаются зерна бурого железняка в псевдоморфозах по глаукониту. Венчается толща алеврито-мелкозернистыми песчаниками (кварцево-полевошпатовыми), сильно глинистыми, неясно слоистыми; количество равномерно рассеянного глауконита достигает 10% объема, местами порода слабо лимонитизирована.

В районе Коробковского месторождения (северо-восток КМА) песчаные породы разделяются на пески и разнозернистые песчаники. Структура песчаников неравномернотернистая, цемент базальный, контактно-поровый, глинисто-карбонатный.

Под микроскопом структура псаммо-алевро-пелитовая, неравномернотернистая; цемент базальный. Кластическая часть состоит из различно окатанных, то совершенно округлых, то угловатых зерен кварца, к которым присоединяется подчиненное количество зерен полевого шпата, единичные обломки известняка (до 3 мм) и остатки микроорганизмов. Цемент служит глинисто-карбонатное вещество, содержащее местами новообразования глауконита. Местами цемент имеет алевропелитовую структуру, состоит из карбонатно-глинистого вещества, содержащего остроугольные обломочки кварца и, реже, полевых шпатов (до 0,050 – 0,1 мм). Цемент песчаника резко преобладает над псаммитовым материалом. Глинистые породы в основном представлены алевритовыми глинами.

Результаты термического и рентгеновского исследования третичных глин КМА представлены в виде соответствующих кривых на рис. 14 и 15.

6. Характеристика четвертичных отложений

Отложения четвертичного периода в районе КМА составляют внеледниковую равнинную формацию (формацию гумидных равнин), которая нами расчленяется на следующие геолого-генетические комплексы: 1) аллювий (древний разного возраста и современный), 2) делювий нерасчлененный, 3) делювий склона, 4) делювиальный шлейф, 5) озерно-болотные образования.

Петрографо-минералогическая характеристика этих отложений дается отдельно для основных районов КМА.

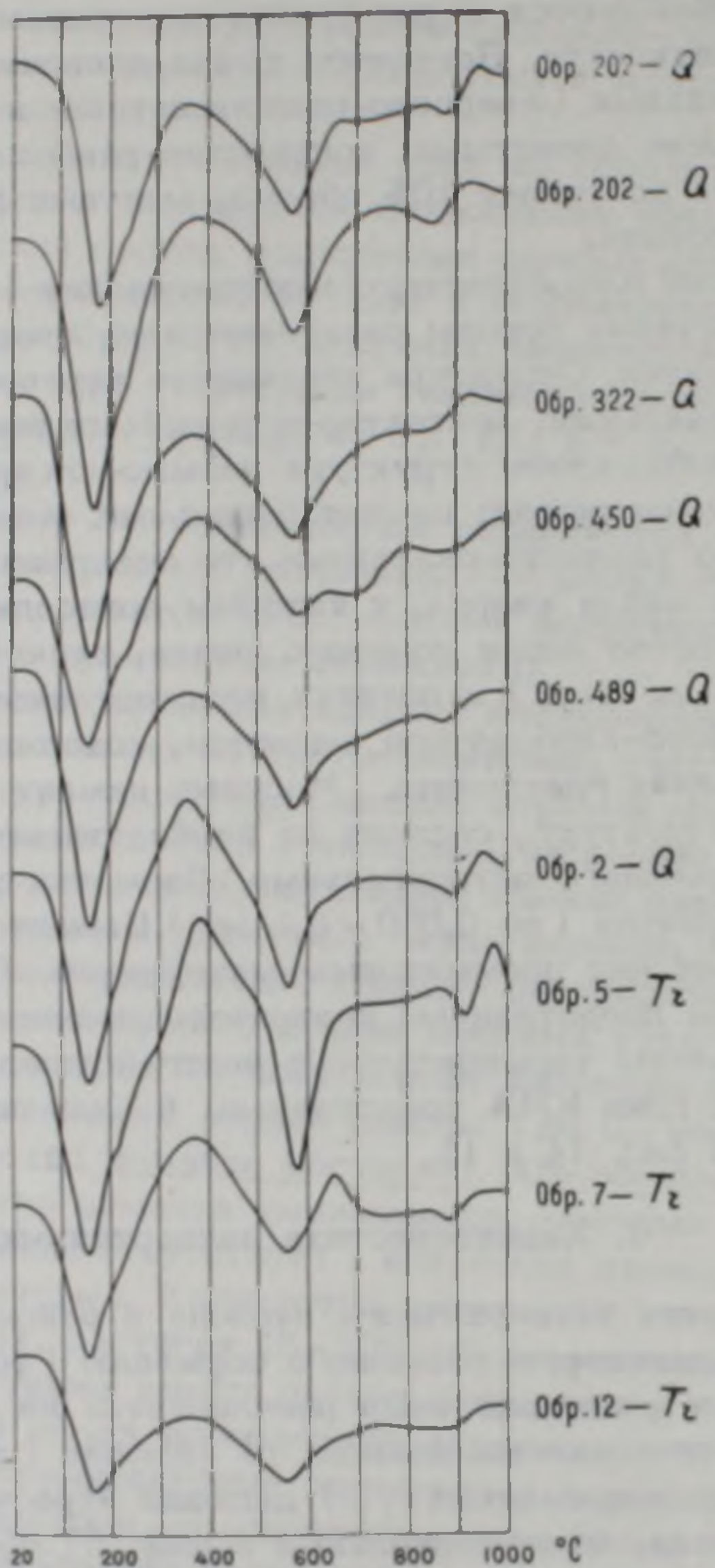


Рис. 14. Термические кривые третичных и четвертичных глинистых пород КМА; обр. 7; 202 - из скв. 1324 (Михайловка); обр. 322 - из скв. 1262 (Михайловка); обр. 450 - из скв. 7^с (Лебеди); обр. 2 - из 3-го ствола шахты (Коробково); обр. 5 и 12 - из скв. 14^г (Яковлево).

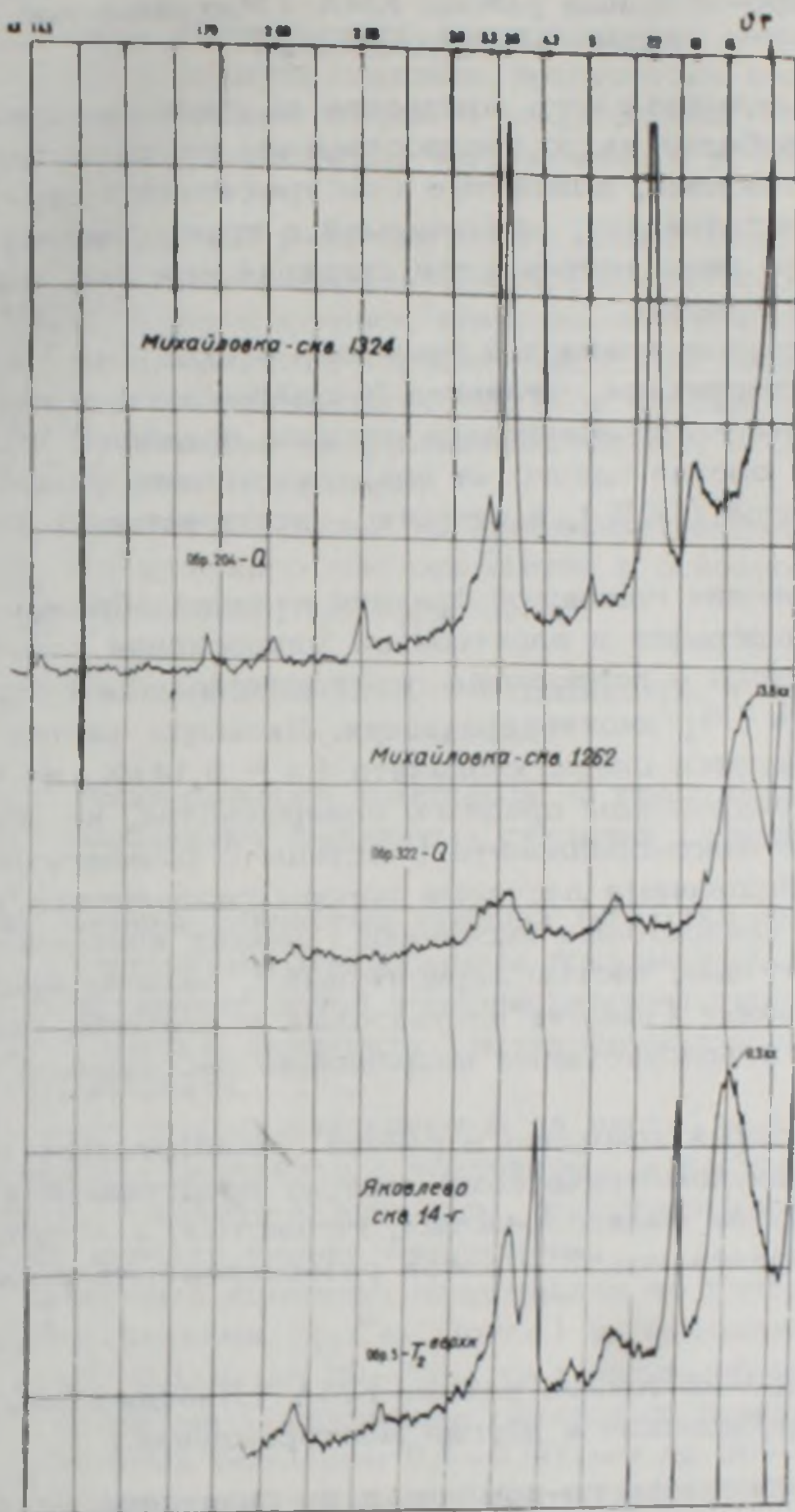


Рис. 15. Дифрактометрические кривые рентгеновского анализа четвертичных и третичных минералогических типов глин КМА.

Северо-западные районы КМА (Михайловское и другие месторождения)

Среди делювиального комплекса по гранулометрическому составу наиболее часто распространены глины пылеватые и суглинки тяжелые, пылеватые (по трехчленной гранулометрической классификации, применяемой в грунтоведении. Н.П.). Значительно реже встречаются суглинки средние, пылеватые и суглинки средние.

Исследования глинистой фракции ($\leq 0,001$ мм) двух образцов четвертичных суглинков Михайловского месторождения методом рентгенографического анализа показали, что минералогический состав одного из них представлен каолинитом (70%) и гидрослюдой (30%), а второго — исключительно монтмориллонитом.

Исследования глинистой фракции второго образца методами электронографии и электронной микроскопии показали, что основная масса — гидрослюда глауконитоподобной структуры модификации $1M_1$ диоктаэдрическая. Размеры частиц порядка $0,2 \mu$. Имеются следы каолинита ($a = 5,14$ кХ, $b = 8,90$ кХ). Структура гидрослюды среднего совершенства, не исключено присутствие монтмориллонита (частицы с размытыми краями).

Сцементированные песчаные породы разделяются на плотные пески, алевроитовые песчаники (цемент контактный, глинисто-хлоритовый, частью серицитовый), разномерные кварцевые песчаники (цемент контактовый и поровый, глинисто-хлоритовый с присутствием неправильно рассеянного глауконита).

Аллювиальный комплекс в районе Михайловского месторождения по гранулометрическому составу представлен тремя типами: 1 — песок мелкозернистый, глинистый, 2 — супесь тяжелая, грубопесчаная, 3 — песок разномерный средней крупности.

Северо-восточные районы КМА (Лебединское, Коробковское и другие месторождения)

Среди делювиального комплекса по гранулометрическому составу распространены глины пылеватые и суглинки пылеватые (тяжелые, средние и легкие).

Исследование глинистой фракции ($\leq 0,001$ мм) одного об-

разца суглинка Лебединского месторождения методом рентгенографического анализа показало присутствие кальцита, незначительной примеси кварца и следы глинистого минерала (каолинита или гидрослюда, чего именно — установить невозможно).

Песчаные породы разделяются на пески, среднезернистые кварцево-полевошпатовые песчаники (цемент базальный или контактный соприкосновения, кварцево-полевошпатовый, глинисто-хлоритовый, глинисто-карбонатный). При базальном цементе количество кварца достигает 30% от объема породы. Местами цемент окрашен гидроокислами железа в ржаво-желтые цвета. Глауконит отсутствует.

Аллювиальный комплекс по гранулометрическому составу в районе Лебединского месторождения в основном представлен супесью тяжелой, мелкопесчаной.

Южные районы КМА (Яковлевское и другие месторождения)

Среди делювиального комплекса по гранулометрическому составу преобладают пылеватые суглинки (средние и тяжелые).

Исследования глинистых фракций ($< 0,001$ мм) этих суглинков под электронным микроскопом показывают, что основная масса представляет собой тонкодисперсную гидрослуду с небольшой примесью каолинита (псевдогексогональные частицы) и монтмориллонита.

Песчаные породы разделяются на пески, мелкозернистые и алевритовые песчаники с контактным и частью поровым цементом, то глинисто-хлоритовым, то серицитовым, причем песчаники изредка сильно ожелезнены.

Аллювиальный комплекс представлен то грубозернистыми гравийными песками (р. Сев. Донец) с содержанием фракций размером 3–0,5 мм до 30–45%, то глиноподобными иловатыми образованиями (содержание глинистых фракций в них 15–30%, а песчаных размером 0,5–0,005 мм до 36–40%).

Результаты термического и рентгеновского исследования четвертичных глин КМА представлены в виде соответствующих кривых на рис. 14 и 15.

7. Петрографическая характеристика глин осадочной (надрудной) толщи КМА

(D_{2+3} ; J_{2+3} — C_{72}^{ap1-nc})

Глинистые породы обладают пелитовой алевропелитовой, микропелитобластовой алеврито-пелитовой и псаммо-алевропелитовой структурой; текстура обычно слоистая, но нередко и массивная, изредка строение глинистой массы спутанно-волокнистое или ориентированно-волокнистое, пятнистое (хлопьеватое). Сложена глинисто-хлоритовым и глинисто-серицитовым веществом в различных сочетаниях; серицит то в виде мельчайших рассеянных чешуек, то образует скопления их ("сыпь"), иногда рассеяны равномерно по всему шлифу в виде точек. Иногда глинистая масса является лимонитизированной и сложена частично карбонатным веществом.

Глины связаны постепенными переходами с алеврито-глинистыми разностями, обладающими хорошо выраженной слоистой структурой, благодаря чередованию пелитовых и алевритовых полосок. Алевритовая фракция (20–30%) равномерно или ориентированно распределена в глинистой массе и состоит из различно окатанных зерен кварца, реже полевых шпатов, лейст и чешуек мусковита, биотита и серицита; встречаются единичные зерна глауконита. Кварц рассеян или сгруппирован в прослой и линзы более или менее равномерно по всей породе, в виде мельчайших зернышек до 0,1 мм. В песчанистой разности глин размеры зернышек достигают 0,2–0,3 мм, причем количество их достигает 5–10% объема породы. Местами они обособляются в незначительные линзочки, вытянутые в направлении слоистости.

В породе нередко содержатся пелитоморфные зерна карбонатов, обычно обособленные в гнезда и остатки раковин, изредка встречаются друзы гипса.

В значительном количестве содержится пирит и сидерит в виде отдельных алевритовых зерен, гнезд и вытянутых линзовидных скоплений, окруженные ободком ржаво-бурого цвета, обусловленного присутствием окисных соединений железа благодаря окислительным процессам.

Органическое вещество содержится в породе в виде бурочерных прожилок и рассеянного вещества, включений растительных остатков, местами замещенных порошкообразным пиритом.

Распространение глинистых минералов и их ассоциаций в палеозойских, мезозойских и кайнозойских отложениях КМА показано на рис. 16.

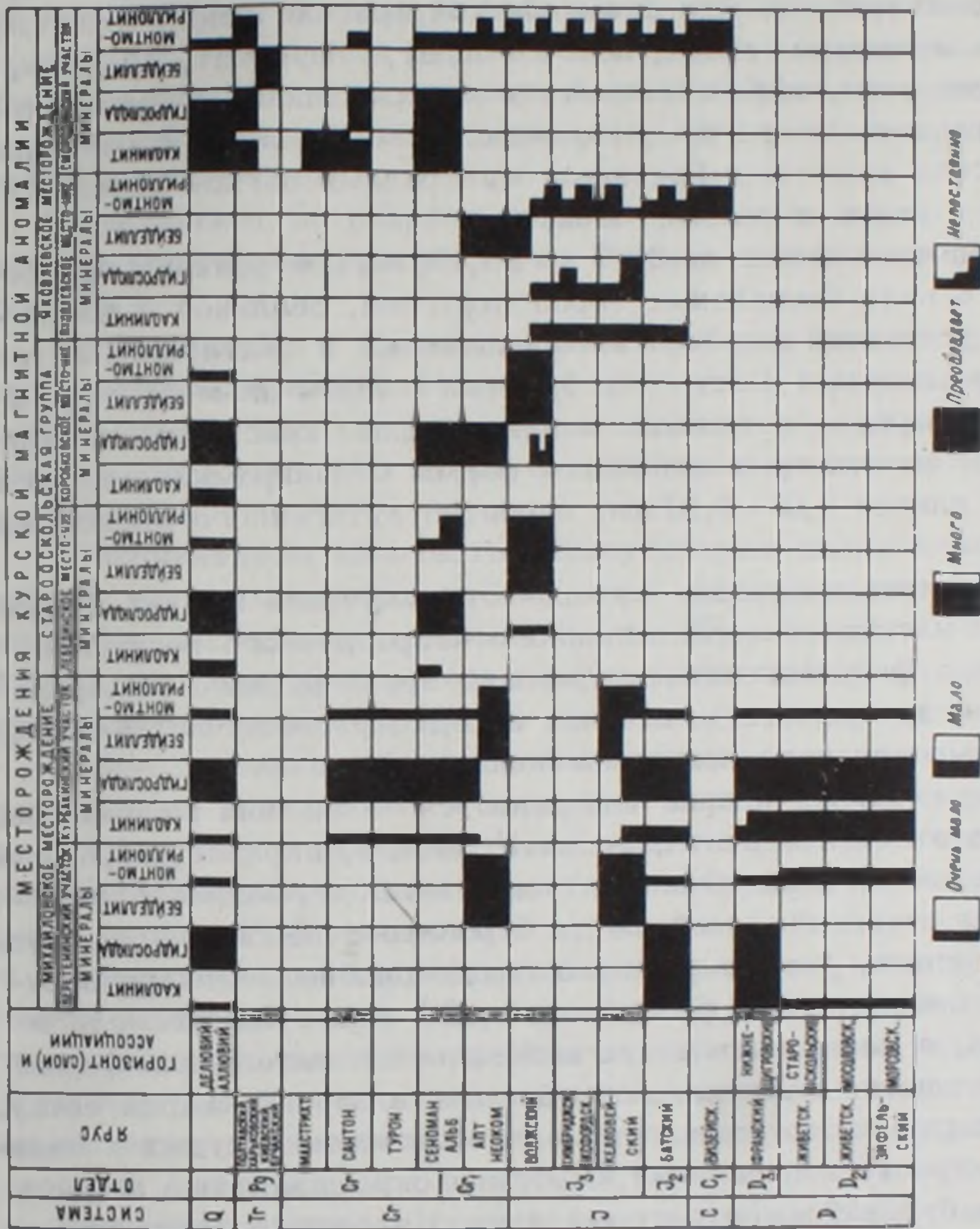


Рис.16. Распространение глинистых минералов и их ассоциаций в палеозойских мезозойских и кайнозойских отложениях КМА. Составил Н.К. Паффенгольц.

8. Минералогическая характеристика песчано-глинистых пород осадочной (надрудной) толщи КМА

Минералогическому исследованию подвергались тяжелая и легкая фракция 0,25–0,1 мм, являющиеся наиболее распространенными и присутствующие во всех исследованных образцах.

Легкая фракция. В составе легкой фракции обнаружены следующие минералы: кварц, полевой шпат, глауконит, кремень, халцедон, опал, слюда бесцветная и окрашенная, фосфаты, хлорит, слюдистые агрегаты, измененные минералы, битуминозное и углистое вещество. Главными минералами легкой фракции являются кварц и полевые шпаты.

Кварц составляет от 33,5 до 99,4% легкой фракции. Встречается в виде бесцветных зерен округлой, овальной и неправильно угловатой формы, слабо окатанных и окатанных, а также остроугольных (острос ребристых) зерен диаметром 0,02–0,25 мм. Изредка встречаются идиоморфные кристаллы призматической и короткопризматической формы с бипирамидальными вершинами длиной 0,05–0,10 мм, вероятно аутигенного происхождения.

Зерна кварца нередко мутные от включений мелких (пылевидных) частиц тонкораспыленного непрозрачного вещества буровато-коричневого цвета (мелкие зерна рудного минерала?). Мелкие непрозрачные включения нередко располагаются в виде тонких цепочек параллельными полосками.

Часто в зернах кварца наблюдаются включения мелких кристалликов и зерен апатита, биотита, рутила, циркона, бурой слюды, зеленой роговой обманки, глауконита, турмалина с плеохроизмом от бледно-желтого до буровато-зеленого цвета, рудного минерала, светло-зеленого слюдоподобного минерала, пузырьков бесцветного (газообразного?) вещества, углистого вещества, а также включения игловидной и нитевидной формы неопределенного минерала, образующие в зернах кварца сетку. Зерна кварца часто содержат мелкие включения рудного минерала (гидроокислы железа), местами окрашивающего зерна кварца в буровато-желто-серый цвет. Некоторые зерна кварца трещиноваты, по трещинкам развивается хлорит.

Зерна кварца имеют спокойное и часто волнистое или мозаичное погасание. Имеющиеся нередко выраженное волнистое (мозаичное) погасание указывает на возможное происхождение кварца из метаморфических пород.

Полевые шпаты составляют от 0,2 до 52,5% легкой фракции. Встречаются в виде свежих, бесцветных, бледно-желтовато-серых, буровато-желтых и коричневых зерен призматической овальной, неправильной формы, окатанных, неокатанных, угловатых и слабо окатанных, длиной 0,03–0,25 мм. Зерна часто выветрелые, мутные, в небольшой степени пелитизированы (замещены глинистым бурым веществом) и серицитизированы, часто окрашены гидроокислами железа в буровато-желтый и буровато-коричневый цвет и частично замещены непрозрачным рудным веществом.

Преобладают по разрезу калиевые полевые шпаты; в подчиненном количестве присутствуют кислые плагиоклазы (до олигоклаза).

Зерна калиевого полевого шпата наиболее распространены, представлены преимущественно решетчатым и нерешетчатым микроклином, часто с решетчатым полисинтетическими двойниками. Присутствуют зерна с тонкими полисинтетическими двойниками.

В подчиненном количестве присутствуют плагиоклазы, в зернах которых нередко наблюдаются полисинтетические двойники. Их показатель преломления по N^1 немного более 1,543, что позволяет отнести зерна к олигоклазу. В зернах плагиоклаза наблюдаются тонкие полисинтетические двойники.

Более половины зерен в значительной степени замещены вторичными минералами и содержат мелкие вкрапления окисленного рудного минерала. Чаше всего зерна частично замещены непрозрачным рудным веществом (средняя часть зерен), реже – глинистым веществом и чешуйками бесцветной слюды и бледно-зеленого хлорита, также серицитом, в центральной части замещены часто непрозрачным буровато-коричневым (битуминозным?) веществом. Многие зерна полевых шпатов по трещинам замещены зеленым хлоритоподобным веществом. Зерна выветрелого плагиоклаза почти полностью замещены слюдистыми (серицит) и глинистыми минералами.

Глауконит обычно и составляет от 0,2 до 22,5% легкой фракции. Встречается в виде зерен округлой, овальной и неправильной формы, часто пластинчатых, длиной 0,01 – 0,25 мм.

Цвет глауконита ярко зеленый и буровато-зеленый, реже цвет зерен буровато-желтый, желтовато-зеленый, серовато-зеленый, темно-зеленый, бледно-зеленый. Зерна часто мутные

от включений непрозрачных мелких частиц. Показатель преломления ярко-зеленого глауконита немного меньше, чем 1,621. У буровато-зеленых и желтовато-зеленых зерен глауконита показатель преломления по N_g больше, по N_p меньше 1,594, а в некоторых зернах 1,597. Показатель преломления глауконита желтовато-зеленого цвета, му тного, по-видимому выветрелого, немного менее 1,606. Обычные показатели преломления $\geq 1,615$ и $< 1,618$. Для зерен глауконита характерны низкие цвета двупреломления и агрегационное погасание.

Мусковит встречается эпизодически, составляя от 0,6 до 14,8% легкой фракции. Встречается в виде бесцветных пластинок округлой, овальной и неправильной формы с угловатыми неровными очертаниями, частью угловато-округлых со сглаженными контурами диаметром 0,03–0,25 мм.

Биотит встречается эпизодически в единичных образцах, составляя 0,2–4,0% легкой фракции. Встречается в виде ярко-оранжевых, желтовато-зеленых, бледно-зеленых и желтовато-коричневых пластинок (и зерен) округлой и овальной формы длиной 0,10–0,25 мм коричневого цвета по N_g .

Хлорит встречается спорадически, составляя 0,2–5,4% легкой фракции. Бледно-серовато-зеленые, иногда почти бесцветные изотропные пластинки округлой, овальной и неправильной формы с угловатыми контурами диаметром 0,05–0,20 мм. Иногда они содержат довольно многочисленные включения мелких кристалликов пирита.

Фосфаты встречаются спорадически, составляя 0,4–6,3% легкой фракции. Зерна округлые, овальные и неправильной формы буровато-желтого, желтовато-серого, буровато-серого, зеленовато-желтого, оранжево-желтого и бледно-желтого цвета, мутные, диаметром 0,02–0,05–0,10 мм, с низким, часто агрегационным двупреломлением, или почти изотропные и изотропные пластинки неправильной формы диаметром 0,05 мм. Зерна содержат иногда мелкие включения непрозрачного вещества, часто затемняющего большую часть поля зрения зерен.

Показатели преломления: 1 – оранжево-желтого фосфата; N_g немного более 1,634; N_p немного более 1,631; 2 – серовато-желтого фосфата, почти изотропного – немного больше чем 1,606. Судя по показателям преломления и другим оптическим константам, эти фосфаты относятся к даллиту.

Халцедон и кремень встречаются эпизодически, составляя

0,6 – 16,7% легкой фракции. Зерна неправильной, округлой и овальной формы диаметром (длиной) 0,05 – 0,10 – 0,15 – 0,22 мм буровато-желтого, зеленовато-желтого (при примеси мелких чешуек хлорита), буровато-серого и желтовато-серого цвета. Зерна мутные, загрязнены тонкой вкрапленностью глинистого вещества, иногда содержащие мелкие чешуйки бесцветной слюды и хлорита. Показатель преломления немного ниже, чем у кварца – 1,543, низкие цвета интерференции, мелкоячеистое агрегатное погасание в скрещенных николях, агрегационная поляризация крупноячеистая, реже микроячеистая, а также мелко- и среднеагрегационная поляризация. Зерна являются слабо агрегационно двупреломляющими (мелкоагрегатное двупреломление) с низкими цветами интерференции.

Некоторые из этих зерен наполняют разложенную фельзитовую основную массу. Не исключена возможность, что часть этих зерен относится к разложенным вулканическим стеклам.

Опал встречается эпизодически, в основном в районе Яковлевского месторождения, составляя 0,6 – 8,7% легкой фракции. Зерна овальной, округлой, неправильной и удлиненно-призматической формы, длиной 0,05 – 0,25 мм с узким каналом в средней части зерен также брусковидной, иногда древовидной формы (по-видимому, по растительным остаткам). В зернах призматической формы в центральной части наблюдается стержень с пылеватыми включениями непрозрачного вещества. Зерна бесцветные или бледно-желтые, изотропные с показателем преломления $\leq 1,408$.

Слюдистые агрегаты встречены только в районе Яковлевского месторождения, составляя 1,2 – 6,0% легкой фракции. Зерна овальной и удлиненно-овальной формы, длиной 0,05 – 0,10 мм, состоящие из мелких чешуек бесцветной слюды, иногда с примесью небольшого количества бледно-зеленого хлорита, кремнистого вещества и карбоната. Показатель преломления выше 1,543.

Измененные минералы встречены в келловейских отложениях Яковлевского месторождения и составляют от 2,0 до 7,5% легкой фракции. Зерна округлые и неправильной формы бледно-зеленовато-серого и бурого цвета, в скрещенных николях имеющие низкое, часто агрегационное двупреломление. В некоторых зернах наблюдается мелкочешуйчатое строение. По-видимому, минерал заместился слюдой и кремнистым веществом. Показа-

тель преломления немного более 1,543. Изменены, вероятно, полевые шпаты, а может быть, частично и разложенные эффузивные породы.

Помимо вышеперечисленных минералов в легкой фракции присутствует большое количество зерен минералов (по-видимому, плагиоклаза), замещенного слюдисто-глинисто-кремнистым веществом. Они бесцветные или слабо окрашены гидроокислами железа в буровато-желтый цвет, имеют низкие цвета интерференции и агрегационное погасание.

Битуминозное глинистое вещество встречено в апт-неокомских отложениях Михайловского месторождения и юрских отложениях Яковлевского месторождения и составляет 1,2–26,1% легкой фракции. Зерна округлой, неправильной формы диаметром 0,05–0,15 мм, часто угловатые, буровато-коричневого цвета от слабо двупреломляющих до непрозрачных в скрещенных николях, буровато-коричневых при косом освещении, с показателями преломления в пределах 1,543–1,570.

Подобное же бурое вещество развивается и по некоторым другим зернам фракции, особенно полевым шпатам. Вообще очень многие зерна фракции окрашены в подобный этим зернам буро-желтый цвет.

Встречаются также в легкой фракции (1,0–1,5%) обуглившиеся органические (растительные) остатки и углистое (?) вещество в виде углеватых зерен неправильной формы, брусковидной, удлиненнопризматической, реже округлой формы. Длина брусковидных зерен 0,25 мм, овальной формы зерен 0,05–0,10 мм и неправильной формы угловатых зерен диаметр 0,05–0,25 мм. Зерна длиной 0,05–0,10 мм часто замещены пиритом или углистым веществом (псевдоморфозы по органике). Зерна непрозрачные, черные, изотопные в скрещенных николях, иногда в краях просвечивающиеся темно-коричневым цветом, при косом освещении черные с матовой поверхностью и с тусклым блеском.

В опубликованной работе автора (1964) приведены в табличной форме данные о составе минералов тяжелой и легкой фракций диаметром 0,01–0,25 мм по Михайловскому месторождению КМА (скв. 1262 и 1324; табл. 3, 9 и 10), Яковлевскому (табл. 5), Коробковскому (3-й ствол шахты; табл. 15) и Лебединскому (скв. 7-а, табл. 16).

Кроме того даны результаты гранулометрического анализа

по методу Вильямса с разделением на тяжелую и легкую фракцию песчаных отложений Михайловского месторождения (скв. 1324) в процентном содержании (без подогревания; табл. 1), Яковлевского, Лебединского и Коробковского (там же, табл. 2).

На основании этих данных составлена сводная таблица 4 изменения среднего содержания в процентах минералов тяжелой и легкой фракций диаметром 0,01 – 0,25 мм в палеозойских мезозойских и кайнозойских песчано-глинистых отложений КМА (с расчлененными на минеральные зоны).

Тяжелая фракция. Тяжелая фракция изученных пород составляет обычно 0,04 – 0,99%. Лишь в редких случаях ее содержание поднимается до 1,50 – 6,90%. Такое увеличение тяжелой фракции объясняется обогащением породы пиритом, сидеритом, а также фосфатами и лимонитом. В составе тяжелой фракции обнаружены следующие минералы: циркон, рутил, турмалин, гранат, апатит, шпинель, дистен, ставролит, лейкоксен, черные рудные (ильменит, магнетит), гидроокислы железа (лимонит), пирит, сидерит, тремолит, клинопироксены, моноклинный пироксен, гиперстен, амфиболы – зеленая, коричневая и щелочная роговая обманка, силлиманит, сфен, анатаз, андалузит, хромшпинелиды, шпинель, апатит, везувиан, целестин, гр. эпидота, эпидот-клиноцоизит, биотит, хлорит, мусковит, барит, цоизит, глауконит, фосфаты, X – минералы.

Главными минералами тяжелой фракции являются рудные (ильменит, магнетит и др.) минералы, циркон, рутил, турмалин, гранат, дистен, ставролит, лейкоксен.

Обычны: апатит, шпинель, амфиболы – зеленая роговая обманка, эпидот – клиноцоизит, сфен, пирит, фосфаты, гидроокислы железа (лимонит), клинопироксены.

Спорадически встречаются: щелочная и коричневая роговая обманка, моноклинные пироксены и клинопироксены, апатит, анатаз, мусковит, хлорит, биотит, эпидот, сидерит, глауконит, гиперстен, X – минералы, хромшпинелиды, силлиманит, тремолит, сидерит, шпинель, везувиан, целестин, барит, цоизит, андалузит.

Рудные минералы являются главной частью тяжелой фракции, составляя от 2,7 до 88,5% тяжелой фракции.

Ильменит наиболее распространен и составляет от 0,9 до 72% тяжелой фракции. Встречается в виде зерен округлой,

овальной, октаэдрической и неправильной формы хорошо окатанных, реже полуокатанных и слабо окатанных и даже угловатых диаметром 0,02–0,25 мм. Также встречаются зерна таблитчатой формы, окатанные и слабо окатанные, нередко с алого цвета побежалостью на поверхности зерен, диаметром 0,05–0,20 мм. В косом свете зерна нередко имеют свежую поверхность, но чаще они имеют выветрелый облик, окислены и частично переходят в лейкоксен. Очевидно, он является продуктом разложения ильменита и других титанистых минералов. Зерна черные, с металлическим блеском при косом освещении, поверхность обычно блеклая с красноватой, алой, красновато-желтой или буровато-желтой побежалостью при косом освещении. Ильменит изредка в виде мелких зерен включен в зерна сидерита.

Магнетит составляет от 1,0 до 34,0%, тяжелой фракции (?). Встречается в виде неокатанных и слабо окатанных зерен неправильной округло-угловатой формы, также угловатых остроугольных зерен и зерен октаэдрической формы, диаметром 0,01–0,03–0,05–0,15–0,25 мм, непрозрачных, черных с металлическим блеском при косом освещении. Встречаются также зерна округлой овальной и неправильной формы окатанные и полуокатанные зерна, диаметром 0,05–0,20 реже более миллиметра, нередко с алого цвета побежалостью на поверхности зерен. Зерна обычно частично окисленные, сильно выветрелые и замещенные гидроокислами железа.

Рудные минералы, кроме ильменита и магнетита, возможно, представлены и хромитом. О присутствии последнего можно косвенно судить по наличию мелких октаэдрических форм зерен черного при косом освещении рудного минерала наряду с довольно многочисленными зернами коричневой шпинели.

Пирит распространен по всему разрезу осадочной толщи, но встречается не во всех исследованных образцах. Составляет 0,5–83,0% тяжелой фракции. Встречается в виде остроугольных и угловатых зерен неправильной формы, округлой формы, окатанных и слабо окатанных диаметром 0,03–0,25 мм, брусковидных зерен удлиненной формы длиной 0,10–0,20 мм. Пирит часто представлен также в виде кристаллов – пентагон-додекаэдров, зерен шаровидной формы диаметром 0,01–0,20 мм, кристаллов преимущественно октаэдрической формы диаметром 0,03–0,05 мм, в виде идиоморфных кристаллов кубической фор-

мы диаметром 0,05 – 0,25 мм. Мелкие зерна шаровидной формы и кристаллы пирита образуют часто агрегатные скопления достигающие диаметра 0,15 – 0,20 мм. Они образуются, по-видимому, по органическим остаткам. В нижних частях разрезов отдельных ярусов очень распространен пирит в виде удлиненнопризматических зерен (псевдоморфоз по растительным остаткам). Зерна пирита желтовато-серые, латунно-желтые, землисто-серые и тускло-желтые с металлическим блеском при косом освещении.

Гидроокислы железа (лимонит) имеют спорадическое распространение и составляют от 0,3 до 67,8% тяжелой фракции. Зерна округлой, овальной, октаэдрической формы, также угловатые и неправильной формы, иногда пластинчатые, окатанные и слабо окатанные диаметром 0,03 – 0,25 мм. Развиваются главным образом по магнетиту. Зерна непрозрачные, изотропные. Цвет зерен ржаво-бурый, буровато-желтый, охристо-желтый, буро-коричневый, красновато-оранжевый, и красновато-коричневый при косом освещении.

Лейкоксен распространен по всему разрезу, составляя от 0,6 до 42,2% тяжелой фракции. Встречается в виде зерен округлой, овальной и реже неправильной формы, слабо окатанных, диаметром 0,03 – 0,25 мм, непрозрачных, изотропных, или слабо двупреломляющих в краях. Зерна белые, желтовато-белые, фарфоровые, желтовато-серые, ватообразные и буровато-желтый при косом освещении. По-видимому, часть этих (последних зерен является измененным эпидотом. Лейкоксен часто образуется также по зернам ильменита и сфена, иногда целиком их замещая.

Сфен имеет спорадическое распространение, составляя 0,2 – 4,3% тяжелой фракции. Встречается в виде зерен округлой, неправильной, призматической, изредка конвертообразной формы, окатанных, слабо окатанных и угловатых, диаметром 0,05 – 0,10 – 0,15 – 0,25 мм. Цвет зерен буровато-желтый, буровато-серый, желтовато-серый, бледно-желтый, буровато-коричневый, серый, реже розовато-желтый. Зерна часто мутные, полупрозрачные, частично переходят в лейкоксен, с очень высокими показателями преломления и двупреломления, а также высокими цветами интерференции.

Циркон широко распространен по всему разрезу и составляет 0,7 – 44,3% тяжелой фракции. Встречается в виде идиоморф-

ных кристаллов призматической, короткопризматической, удлиненнопризматической и тонкоудлиненнопризматической (иногда тонкопризматической) формы с бипирамидальными вершинами, иногда со сглаженными вершинами и контурами длиной 0,03–0,25 мм, изредка зонального строения (с зональной штриховкой параллельной граням).

Наряду с кристаллами встречаются неокатанные угловатые, полуокатанные и окатанные обломки таких кристаллов в виде зерен округлой, овальной и неправильной формы диаметром 0,01–0,25 мм.

Цвет циркона бесцветный, красный, розовый различных оттенков (бледно- и ярко-розовый, розовато-серый, буровато-розовый, желтовато-розовый, оранжево-розовый, коричневатом-розовый), буровато-желтый, иногда с коричневатом-красным оттенком, буровато-коричневый, желтовато-серый, иногда с рыжеватым оттенком и изредка бледно-желтый. Зерна часто мутные, иногда с зональной штриховкой и трещиноватые.

Зерна и кристаллы циркона нередко содержат мелкие минеральные включения иголок, призмочек и зерен апатита, рутила, бесцветного циркона, анатаза, кварца, светло-коричневого рутила, газообразные (?) включения округлой формы, а также стекловидные.

Зерна и кристаллы циркона обладают пониженными показателями преломления и двупреломления, а также пониженными цветами интерференции.

Рутил повсеместно распространен и составляет от 0,7 до 20% тяжелой фракции. Встречается в виде зерен округлой, овальной, удлиненноовальной и неправильной формы, окатанных и слабо окатанных, реже угловатых и остроугольных зерен неправильной формы диаметром 0,03–0,20 мм. Рутил также встречается в виде кристаллов призматической, удлиненнопризматической и веретеновидной формы с бипирамидальными вершинами, со сглаженными контурами длиной 0,05–0,25 мм. Редко встречается в виде сердцевидных и коленчатых двойников.

Цвет рутила бесцветный, желтый, желтовато-серый, бледно-желтый, медово-желтый, янтарно-желтый, буровато-желтый, коричневый, желтовато-коричневый, буровато-коричневый, темно-коричневый, серовато-коричневый, красновато-коричневый, кроваво-красный, светло- и темно-коричневый с красноватым и фиолетовым оттенками. В зернах кроваво-красного цвета из-

редка наблюдается плеохроизм до черно-коричневого цвета, в зернах других цветов иногда наблюдается слабый плеохроизм в коричневых тонах. Зерна рутила обладают очень высоким преломлением и цветами интерференции.

Турмалин повсеместно распространен и составляет от 0,2 до 13,9% тяжелой фракции. Встречается в виде удлиненно-призматических, очень тонкопризматических, тонкоудлиненнопризматических, призматических, короткостолбчатых, короткопризматических кристаллов, слабоокатанных, с различно ограниченными концами, со сглаженными контурами и окатанными углами, иногда ограниченные гранями ромбоэдра и отдельностью по базису.

Также встречается в виде зерен таких кристаллов призматической, короткостолбчатой, округлой, овальной и неправильной формы со сглаженными контурами, окатанных и слабо окатанных. Длина кристаллов и зерен 0,01 – 0,25 мм.

В зернах и кристаллах турмалина изредка наблюдаются мелкие включения частиц углистого вещества, пузырьков газообразного (?) вещества, желтого рутила и других минералов, а также полихромная окраска.

Призматические кристаллы изредка довольно интенсивно регенерированы, а некоторые зерна имеют выветрелую, "корродированную" поверхность и окрашены гидроокислами железа в бурый цвет. Иногда содержат тонкие игловидные включения.

Плеохроизм: 1) бесцветного, бледно-желтого, розовато-серого, бледно-розоватого и желтовато-розового цвета до желтовато-зеленого, желтовато-серого, бледно-зеленого, голубовато-зеленого, буровато-зеленого, серовато-зеленого, зеленого, темно-зеленого, синего и черного цвета; 2) от оранжево-желтого до темно-коричневато-зеленого цвета и от буровато-желтого до желтовато-коричневого и черно-зеленого цвета; 3) от бесцветного до бледно-розового; 4) от бледно-розовато-серого, бледно-розовато-желтого, голубовато-серого до васильково- (лиловато) синего, серо-синего, голубого, темно-зеленого цвета; 5) от бесцветного и бледно-желтого до бутылочно-зеленого, буровато-зеленого и зеленовато-коричневого цвета; 6) от бесцветного, бледно-зеленого, бледно-желтовато-серого до желтовато-зеленого, буровато-зеленого, бутылочно-зеленого и темно-зеленого цвета; 7) от бесцветного до рыжевато-коричневого цвета; 8) от бледно-желтого и розового до рыже-

вато-коричневого и черного цвета; 9) от розовато-желтого до темно-зеленого (бутылочно-зеленого) цвета и черного; 10) от бесцветного и бледно-голубого серовато-синего, зеленовато-голубого, зеленовато-синего, желтовато-зеленого, голубого и синего цветов.

Зерна турмалина имеют умеренное двупреломление и показатели преломления по $N_p = 1,634$ и $N_g = 1,657$. Одноосные, отрицательные. Относятся к шерлу.

Гранат составляет от 0,2 до 13,2% тяжелой фракции. Встречается в виде зерен округлой, овальной, неправильной формы, окатанных и слабо окатанных, реже остроугольных зерен угловатой формы, с неровными, часто зубчатыми краями, иногда в виде полуколец, диаметром 0,03–0,25 мм. Цвет зерен бесцветный, реже розовый, бледно-розовый, оранжево-розовый, желтовато-оранжевый, коричневый, бледно-желтый, желтовато-коричневый, зеленовато-коричневый, бледно-зеленый, красновато-коричневый, розовато-желтый. Иногда зерна граната содержат включения – мелкие зерна коричневого и желтого рутила, кристаллики турмалина с плеохроизмом от бесцветного до желтовато-зеленого цвета, тонкопризматических кристалликов апатита и зерен бесцветного кварца округлой формы.

Зерна граната изотропные, изредка имеющие аномальные, низкие цвета интерференции. Зерна розового граната имеют показатель преломления выше 1,780, белого граната значительно выше 1,780.

Апатит имеет спорадическое распространение, составляя от 0,1 до 5,0% тяжелой фракции. Встречается в виде бесцветных зерен округлой, овальной и призматической формы диаметром 0,03–0,20 мм, также призматических кристаллов длиной 0,05–0,20 мм. Некоторые зерна содержат очень мелкие включения непрозрачного темного вещества в виде мелкой пыли, сосредоточенные обычно в центральной части зерен или пунтирообразно расположенных тонких частиц удлиненной формы, окрашивающие зерна в буровато-серый цвет. Минерал одноосный, отрицательный, с прямым погасанием, с низкими цветами интерференции и низким двупреломлением, имеет отрицательное удлинение. Показатель преломления по N_g немного больше (почти равен) 1,631, по N_p немного меньше этой величины.

Дистен повсеместно распространен за исключением девон-

ских отложений и составляет 0,1–22,4% тяжелой фракции. Встречается в виде бесцветных зерен округлой, овальной, призматической, удлиненнопризматической и неправильной формы, окатанных слабо окатанных со сглаженными контурами, длиной 0,05–0,25 мм (и призматических кристаллов).

Зерна дистена часто содержат включения кристалликов турмалина с плеохроизмом от бесцветного до зеленого цвета и зерна и тонкопризматические кристаллики желтого и янтарно-желтого рутила и апатита. Часто встречаются также включения округлых зерен и призмочек кварца, биотита, рудного минерала и частиц углистого вещества в виде отдельных зерен или агрегатных скоплений очень мелких зерен и пыли, делающих дистен мутным (полупрозрачным). Включения обычно расположены полосами, параллельными граням кристаллов дистена. Иногда зерна дистена частично замещены хлоритом. Двухосный, отрицательный. Показатели преломления: $N_p = 1,709$; $N_m = 1,718$; $N_g = 1,623$. Угол погасания по отношению к (100) 30° .

Ставролит повсеместно распространен, составляя 0,1–19,4% тяжелой фракции. Встречается в виде зерен округлой, овальной, призматической, неправильной и угловатой формы, окатанных и слабо окатанных, диаметром 0,03–0,25 мм нередко мутных с теми же включениями, что и у дистена, но в значительно меньшем количестве. Плеохроизм от бесцветного по N_p до бледно-желтого, желтого, оранжево-желтого и густо-золотисто-желтого цвета по N_g . Двухосный, положительный. Показатели преломления: $N_p = 1,736$; $N_g > 1,738$, но $< 1,754$. Двупреломление низкое.

Шпинель имеет спорадическое распространение и составляет 0,2–2,5% тяжелой фракции. Встречается в виде красновато-коричневого и желтовато-коричневого цвета зерен неправильной формы, слабо окатанных, реже овальной, октаэдрической и округлой формы, диаметром 0,05–0,20 мм. Зерна изотропные с очень высокими показателями преломления, большими чем 1,780. Также встречаются зерна округлой формы и слабо окатанные зерна неправильной формы бледно-зеленого, серовато-зеленого и зеленого цветов диаметром 0,03–0,10 мм.

Зерна изотропные с показателями преломления больше 1,780, у шпинели серовато-зеленого цвета показатель преломления немного менее 1,738.

Хромшпинелиды имеют спорадическое распространение, составляя 0,2–1,5% тяжелой фракции. Встречаются в виде угловатых зерен неправильной формы красновато-коричневого цвета, изотропных, диаметром 0,02–0,05–0,10 мм, зерен неправильной и подковообразной формы диаметром соответственно 0,10–0,25 мм и 0,10–0,15 мм, зеленого цвета, изотропных, с показателем преломления выше 1,780.

Анзатаз имеет спорадическое распространение и составляет 0,3–3,7% тяжелой фракции. Встречается в виде зерен неправильной и таблитчатой формы, неокатанных, бесцветных, с сероватым оттенком, также бледно-желтого и серовато-желтого цвета. Зерна нередко мутные. Диаметр зерен 0,05–0,10 мм. Также встречается в виде кристалликов таблитчатой и бипирамидальной формы диаметром 0,03–0,15 мм. Цвет серый, желтовато-серый, бледно-желтый и бледно-буроватый. Очень высокие показатели преломления и высокие цвета интерференции.

Андалузит имеет ничтожное распространение в мезо-кайнозойских отложениях, составляя 0,2–0,5% тяжелой фракции. Встречается в виде зерен округлой, овальной и призматической формы, окатанных и слабо окатанных, длиной 0,05–0,20 мм с едва заметным плеохроизмом от бесцветного по N_g до бледно-розового цвета по N_p . Двуосные, отрицательные, с отрицательным удлинением, прямым погасанием, с показателями преломления по N_p немного более 1,631, по $N_g = 1,643$.

Силлиманит имеет спорадическое распространение в юрских и меловых отложениях северных районов КМА, составляя 0,3–1,4% тяжелой фракции. Встречается в виде бесцветных призматических кристаллов длиной 0,10–0,15 мм с показателем преломления по $N_g \leq 1,686$, а также окатанных зерен неправильной формы диаметром 0,10 мм. Встречается также в виде зерен округлой и неправильной формы, состоящих из мелких и тонких призмочек силлиманита и мелкозернистого агрегата зернышек силлиманита диаметром 0,05–0,10 мм. Зерна бесцветные или бледно-желтовато-серого цвета, с показателем преломления по $N_g \leq 1,682$.

Клинопироксены (моноклинные пироксены) имеют спорадическое распространение, составляя 0,1–1,3% тяжелой фракции. Встречаются в виде бесцветных и буровато-зеленых зерен призматической, неправильной и овальной формы, полуокатанных, слабо окатанных и неокатанных, длиной 0,05–0,25 мм.

Изредка наблюдаются включения зерен кварца овальной формы. Зерна иногда мутные и имеют слабый плеохроизм. Двухосные, положительные, с положительным удлинением с косым погасанием до 40° с N_g , высоким двупреломлением. Показатели преломления $N_g > 1,738$; $N_p < 1,718$. Чаше всего представлены диопсидом.

Гиперстен встречен в одном образце в третичных отложениях и составляет 0,3% тяжелой фракции. Бесцветные зерна призматической формы, слабо окатанные, длиной 0,15 мм.

Амфиболы. Зеленая роговая обманка распространена по всему разрезу, но встречается не во всех исследованных образцах, составляя 0,2–12,2% тяжелой фракции. Встречается в виде зерен округлой, призматической, удлиненно-призматической и неправильной формы, окатанных и слабоокатанных, диаметром 0,03–0,25 мм. Цвет зерен синевато-зеленый, буровато-зеленый и яркозеленый. Плеохроизм от бесцветного, бледно-зеленого и желтовато-зеленого по N_p до серовато-зеленого, буровато-зеленого, синевато-зеленого, коричневатозеленого и зеленого цветов по N_g . Так же встречается плеохроизм от светло-желтого до серовато-зеленого, от серовато-зеленого до ярко-зеленого, от бледно-желтого до ярко-зеленого, от буровато-зеленого до бледно-зеленого цвета (плеохроизм в зеленых тонах). В удлиненных зернах наблюдается положительное удлинение, косое до 25° с N_g погасание. Двухосная отрицательная фигура; у большинства зерен показатели преломления $N_m = 1,693$, $N_g = 1,697$.

Щелочная роговая обманка встречается очень редко, составляя от 0,1 до 1,0% тяжелой фракции. Зерна призматической формы, почти изометрические, также неправильной формы, слабо окатанные и окатанные, длиной 0,05–0,15 мм, зеленоватосинего цвета. Плеохроизм от фиолетового цвета по N_m до серовато-голубого цвета по N_g и от фиолетового цвета по N_m до синего цвета по N_g . Двухосные, отрицательные, с углом погасания с N_g' около 10° . Показатели: $N_m = 1,651$, $N_g = 1,658$.

Судя по оптическим свойствам, эти амфиболы относятся к ряду глаукофан-рибекит.

Коричневая роговая обманка встречена в одном образце и составляет 0,4% тяжелой фракции. Зерна призматической формы, слабо окатанные, длиной 0,03–0,05 мм с плеохроизмом от бледно-желтого до темно-коричневого цвета.

Гнемолит встречается спорадически в юрских и меловых отложениях северных районов КМА, составляя 0,2–0,9% тяжелой фракции. Встречается в виде бесцветных зерен удлиненнопризматической, призматической и овальной формы, окатанных, длиной 0,05–0,25 мм. Изредка наблюдаются мелкие включения рудного минерала. Зерна с косым погасанием до нескольких градусов с N_g , положительным удлинением, двuosные, отрицательные.

Группа эпидота (эпидот, клиноцоизит, цоизит) имеет повсеместное распространение и составляет 0,3–43,8% тяжелой фракции. Встречается в виде зерен округлой, овальной, призматической и неправильной формы, окатанных, слабо окатанных и угловатых, диаметром 0,03–0,25 мм. Цвет зерен фисташковый, бесцветный, бледно-зеленый, бледно-желтовато-зеленый, желтовато-зеленый и бледно-желтый. Фисташковые зерна заметно плеохроируют.

Зерна часто (больше половины зерен) мутные, выветрелые, от мелких (пылевидных) включений рудного минерала (почти полностью замещенных непрозрачным веществом). Минералы двuosные, отрицательные, показатели преломления: $N_g \geq 1,767$, $N_p \geq 1,730$.

Цоизит встречен в верхней части сеноманских отложений Михайловского месторождения, составляя 0,5–0,8% тяжелой фракции. Овальной и неправильной формы полуокатанные зерна длиной 0,05–0,20 мм бесцветные, с голубовато-серым оттенком, двuosные, положительные, с очень низкими цветами интерференции и показателями преломления: $N_p = 1,699$, $N_m = 1,703$. В зернах цоизита наблюдаются включения тонкопризматических кристалликов желтого рутила и бесцветного минерала в виде зерен неправильной формы, с показателем преломления много ниже, чем у цоизита (кварца?).

Биотит имеет спорадическое распространение, составляя 0,5–1,9% тяжелой фракции. Пластинки округлой, овальной и продолговатой формы, длиной 0,10–0,25 мм. Цвет буровато-коричневый, желтовато-коричневый и ярко-оранжевый. Плеохроизм от бледно-желтого, буровато-желтого до коричневатого-оранжевого, ярко-оранжевого, реже буровато-коричневого цвета.

Мусковит встречен в одном образце келловейских отложений Яковлевского месторождения, составляя 1,0% тяжелой фракции. Бесцветные пластинки овальной формы длиной 0,25 мм.

Хлорит имеет спорадическое распространение, составляя 0,1–0,7% тяжелой фракции. Встречается в виде зерен округлой формы голубовато-зеленого и ярко-зеленого цвета диаметром 0,25 мм, также в виде ярко-зеленых пластинок овальной формы, длиной 0,15–0,20 мм.

Везувиан встречен в двух образцах, составляя 0,2–0,3% тяжелой фракции, слабо плеохроирующие с очень низким двупреломлением и показателем преломления около 1,710. Одноосная отрицательная фигура. Длина зерен 0,03–0,05 мм.

Целестин встречен в одном образце, составляя 0,2% тяжелой фракции. Бесцветное зерно округлой формы диаметром 0,15 мм с низким двупреломлением, двуосной положительной фигурой и показателями преломления по N_m немного меньше 1,631, по N_p' немного больше 1,627.

Барит встречен в одном образце, составляя 0,2% тяжелой фракции. Бесцветное зерно округлой формы диаметром 0,10 мм с низким двупреломлением, двуосной положительной фигурой и показателями преломления: $N_p \leq 1,637$, $N_m = 1,637$.

Сидерит имеет спорадическое распространение, составляя от 0,2 до 77,0% тяжелой фракции. Минерал с очень разнообразной формой зерен: ромбоэдри, часто с искривленными гранями, седловидные зерна, также зерна неправильной, ромбовидной, овальной и округлой формы. От бледно-желтого цвета в тонких зернах до рыжевато- и коричневатого-желтого цвета в толстых зернах; также встречаются зерна бледно-желтовато-серого цвета, буровато-желтые, буровато-серые и бесцветные. Длина зерен 0,05–0,25 мм.

Судя по оптическим константам: очень высокому двупреломлению, одноосной отрицательной фигуре, заметной псевдоабсорбции, показателями преломления – по N_g много больше 1,780, по N_p меньше 1,627 – этот карбонат относится к сидериту. Многие зерна сидерита содержат мелкие включения зерен рудного минерала, нередко в центральной части зерен наблюдаются шаровидной формы зерна рудным минералом, черным, с металлическим блеском при косом освещении. Иногда последний сосредоточен в центральной части зерен в виде непрозрачной сердцевины, почему зерна мутные, просвечивающие обычно лишь в краях.

Глауконит в тяжелой фракции встречается эпизодически, составляя 0,2–1,9%. Зерна округлой, овальной и неправильной,

иногда червеобразной или подковообразной формы. Диаметр округлых зерен 0,03–0,25 мм, длина удлинённых зерен 0,20–0,25 и более миллиметра. Цвет глауконита ярко-зеленый, буровато-зеленый, и бледно-зеленый. Наблюдаются включения мелких частиц непрозрачного вещества, сосредоточенного в центральной части зерен. Зерна глауконита имеют мелкоагрегационное строение, довольно низкие цвета интерференции в скрещенных никелях и показатель преломления $1,620 (> 1,618 \leq 1,621)$. В выветрелых разностях, имеющих желтовато-зеленый цвет, показатель преломления немного меньше 1,618.

Фосфаты имеют широкое распространение, составляя 0,2–79,4% тяжелой фракции. Встречаются в виде полукатанных и окатанных зерен различной формы: округлой, овальной, удлиненно-овальной, призматической, цилиндрической, пластинчатой, напоминающей чешуи рыб и неправильной длиной 0,05–0,25 мм. Реже встречаются угловатые зерна неправильной формы диаметром 0,05–0,10 мм. Цвет зерен бледно-желтый, желтовато-серый, желтый, буровато-желтый, рыжевато-желтый, желтовато-оранжевый, оранжевый, ярко-оранжевый, буровато-серый, буровато-зеленый, зеленовато-серый, и реже светло-коричневый.

Зерна без включений, но чаще с большим количеством отдельных мелких частиц и пылевидных включений черного непрозрачного изотропного вещества. Эти включения расположены беспорядочно или концентрически по полю зрения зерен, или сосредоточены в центральной части зерен, делая их мутными. Они состоят из рудного минерала и изредка мелких кристалликов пирита, с тусклым металлическим блеском при косом освещении. Иногда по зернам фосфата развивается ярко-зеленый глауконит.

Большинство зерен изотропны, или слабо двупреломляют, имея низкие цвета интерференции и часто агрегационную поляризацию. Показатель преломления их равен $1,607 (\geq 1,606 \text{ и } < 1,609)$. Небольшое число зерен цилиндрической или призматической формы имеют двупреломление около 0,012, отрицательное удлинение, прямое или косое до нескольких градусов погасание с N_p одноосную отрицательную фигуру (в одном случае получилась неясно выраженная двуосная отрицательная фигура и нередко двуосные положительные) и показатели преломления $N_p = 1,602$ и $N_g = 1,614$. В некоторых зернах

Таблица 4

№ п/п	Возраст	Номера минеральных зон	Число определений	Содержание тяжелой фракции в %	Тяжелая фракция																			Легкая фракция																					
					широк	рутил	турмалин	гранат	апатит	шпинель	хромшпинель	дистен	ставролит	андалузит	силлиманит	роговая обманка	тремолит	клинопироксен-гиперстен	эпидот-клиноцоизит	сфен	анатаз	лейкоксен	ильменит	магнетит	лимонит	пирит	хлорит	биотит	сидерит	глаукозит	фосфаты	мусковит	фосфаты	глаукозит	кремнезистый халцедон	опал	кварц	полевые шпаты	мусковит	биотит	хлорит	слоистые сланцы	битуминозные известняки	№ п/п	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	
ЯКОВЛЕВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ (Смординский участок)																																													
1	Pg ₂₋₃	1	1	0,43	13,5	11,6	1,6	-	-	-	-	8,0	2,8	0,5	-	0,5	-	1,2	0,3	-	-	2,7	53,8	-	1,8	-	-	-	-	-	0,5	-	-	-	0,8	-	82,4	16,8	-	-	-	-	-	-	1
2		2	1	0,89	11,1	10,9	5,4	0,7	-	-	-	4,3	4,0	-	-	-	-	1,4	1,3	4,3	-	17,6	-	39,0	-	-	-	-	-	-	-	-	12,0	5,6	-	56,0	22,5	3,8	-	-	-	-	-	2	
3	Cr ₂ O ₃	4	2	0,70	14,6	2,8	2,8	2,8	-	-	-	5,1	3,0	-	-	-	-	0,4	-	-	-	7,5	13,4	20,9	13,4	-	-	-	0,2	0,4	13,3	-	-	1,0	-	88,6	0,2	-	-	-	-	-	-	3	
4		6	2	0,78	10,4	4,8	2,8	6,2	-	-	-	1,6	0,6	-	-	0,2	-	-	0,6	1,0	-	12,0	12,0	31,6	6,4	-	-	-	-	1,0	8,8	-	2,1	4,2	0,3	0,8	81,8	8,8	1,2	-	-	0,6	0,2	4	
5	Cr ₂ O ₃	7	2	0,34	12,1	3,8	1,3	2,7	0,2	-	-	3,0	4,8	-	-	2,8	-	0,6	1,0	0,2	-	1,0	25,0	31,3	5,6	4,4	-	-	-	0,2	0,4	-	1,3	4,4	-	3,4	79,7	5,8	1,8	-	-	3,0	0,8	5	
6	Cr ₂ O ₃	7	2	3,84	10,1	1,2	2,4	4,2	2,0	-	-	0,2	0,5	-	-	0,5	-	-	4,4	0,20	-	12,6	3,2	6,0	-	27,2	0,4	-	23,7	0,4	0,80	-	0,5	1,7	11,6	-	68,7	15,8	0,3	-	0,5	0,7	-	6	
7	J ₃ ^{at}	11	3	1,25	12,5	1,8	2,0	2,3	2,2	0,8	-	1,4	1,6	-	-	0,5	-	0,1	5,5	0,1	-	3,0	25,0	33,0	0,4	0,8	0,3	0,2	0,4	0,3	0,7	-	0,4	0,7	6,2	-	57,0	31,2	1,3	0,2	0,6	-	2,4	7	
8	J ₃ ^{at}	12	1	1,81	7,3	8,8	7,2	1,7	-	0,3	-	2,8	0,8	-	-	-	-	-	5,8	2,6	0,3	-	-	18,9	5,5	20,6	-	-	13,7	-	2,4	-	0,5	2,4	1,2	8,7	50,2	32,0	3,4	0,2	0,2	-	1,2	8	
ЯКОВЛЕВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ (Яковлевский участок)																																													
9	J ₃ ^{at}	11	2	1,06	14,6	2,1	3,4	2,3	1,4	0,8	-	0,8	1,0	-	-	1,3	-	-	16,7	-	-	12,2	-	41,0	-	-	-	1,0	-	0,2	0,5	0,5	0,4	1,8	5,4	0,6	61,1	27,4	2,4	-	-	0,8	-	-	9
10		12	4	1,52	6,2	1,7	2,6	1,6	2,1	1,3	-	0,3	0,4	-	-	0,8	-	-	30,0	1,8	0,2	12,8	6,3	28,8	-	1,2	0,2	0,5	0,8	0,2	-	0,1	3,5	2,4	0,2	40,1	46,8	2,4	-	0,7	-	3,7	-	10	
11	Cr ₂ O ₃	18	1	6,10	8	7,0	7,7	6,7	-	0,7	-	0,1	0,3	-	-	0,3	-	-	0,7	2,6	0,4	0,7	2,2	2,2	-	58,7	0,7	-	-	-	-	-	-	1,4	-	61,0	17,4	14,8	-	5,4	-	-	-	11	
ЛЕБЕДИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ																																													
12	Cr ₂ O ₃	4	1	1,58	5,2	3,7	2,8	5,0	-	-	-	8,1	5,2	-	-	0,5	-	-	-	0,8	-	7,7	18,0	1,2	-	-	-	-	-	-	41,7	-	-	18,7	-	-	68,7	7,8	3,7	-	-	-	-	12	
13		6	2	0,51	13,0	9,8	6,2	5,4	-	-	-	8,6	8,4	-	-	0,2	-	-	1,4	-	-	5,3	26,0	-	-	-	-	-	-	-	14,6	-	-	12,8	-	-	74,7	9,2	3,5	-	-	-	-	13	
14	Cr ₂ O ₃	8	5	0,72	12,7	10,8	5,0	0,5	-	-	-	8,3	4,8	-	0,6	0,7	0,1	-	1,8	0,1	-	8,6	29,0	1,0	14,1	-	-	-	-	-	0,7	-	-	8,6	-	-	78,0	9,3	4,1	-	-	-	-	14	
КОРОВОКОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ																																													
15	Cr ₂ O ₃	6	4	1,62	5,8	3,0	2,7	4,4	-	-	-	8,5	5,8	-	-	1,0	-	0,6	2,0	1,3	-	8,5	8,4	0,5	1,3	-	-	-	-	-	43,0	-	1,2	7,4	-	-	83,0	7,0	1,4	-	-	-	-	15	
16	Cr ₂ O ₃	8	5	0,52	13,5	9,8	3,3	4,3	-	-	0,1	10,0	7,6	-	0,3	0,6	0,1	0,3	4,4	0,2	-	7,4	33,4	1,1	1,8	0,2	-	-	-	-	1,5	-	8,0	-	-	84,0	6,3	1,7	-	-	-	-	16		
17	Cr ₂ O ₃	8	3	0,50	8,5	3,8	3,2	2,0	-	-	-	1,4	3,4	-	1,2	0,6	0,1	-	0,3	-	-	8,5	68,0	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78,8	17,8	3,3	-	-	-	-	17		
18	J ₃ ^{at}	10	7	1,12	10,8	2,3	3,7	1,3	0,1	-	0,4	2,8	1,9	-	-	0,6	-	-	2,1	-	-	12,8	15,4	3,2	2,7	38,6	-	0,03	-	-	1,5	-	4,8	-	-	70,0	17,2	6,7	0,7	0,5	-	-	18		
МИХАЙЛОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ (Курбакинский участок)																																													
19	Cr ₂ O ₃	3	1	0,49	17,2	4,5	2,5	10,1	-	-	-	7,6	3,2	-	-	0,4	-	0,6	-	-	-	6,8	10,0	18,2	-	-	-	-	-	1,8	17,2	-	6,3	10,6	-	-	68,5	13,6	-	-	-	-	-	19	
20		4	3	0,10	17,9	8,9	8,4	6,5	-	-	-	7,8	8,3	-	-	0,5	-	0,4	1,3	-	-	12,8	15,3	9,7	-	-	-	-	-	0,4	0,5	-	0,3	3,8	-	-	85,9	10,0	-	-	-	-	-	20	
21	Cr ₂ O ₃	5	2	0,14	8,0	7,8	3,9	6,8	0,2	-	-	7,3	2,8	0,2	-	6,8	0,4	0,2	8,6	1,2	-	4,6	20,6	18,0	-	-	-	-	-	-	1,6	-	2,3	-	-	86,5	10,5	0,7	-	-	-	-	21		
22		6	5	0,18	11,3	7,7	4,7	7,9	0,2	0,04	-	6,6	3,3	0,08	-	1,3	0,1	0,2	7,4	0,6	-	6,8	32,2	5,8	1,8	-	-	-	-	0,1	1,7	-	0,7	3,2	0,3	-	85,1	10,2	0,4	0,1	-	-	-	22	
23	Cr ₂ O ₃	7	3	0,07	8,7	7,0	7,3	4,1	0,5	0,1	-	7,8	2,6	0,2	-	6,0	0,5	0,3	5,6	0,3	0,2	14,4	8,7	10,4	14,1	-	-	-	1,2	-	0,2	-	-	2,3	2,2	-	87,2	7,8	0,5	-	-	-	-	23	
24	Cr ₂ O ₃	7	4	0,71	8,0	6,6	3,8	2,8	0,20	-	-	3,8	1,6	0,10	-	1,0	0,20	0,3	2,4	1,2	0,7	12,1	18,2	14,6	1,8	0,8	-	-	18,2	0,4	-	-	1,3	2,8	5,2	-	88,2	10,5	3,6	0,3	1,2	-	6,8	24	
25	J ₃ ^{at}	16	6	0,17	15,1	2,3	6,8	0,6	-	-	0,1	7,1	14,1	-	-	0,6	0,1	-	1,0	0,2	-	12,1	30,8	1,8	1,1	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83,8	4,6	1,8	-	-	-	-	25		
26	D ₃ ^{at}	17	3	0,33	23,8	1,8	5,7	0,2	-	-	0,2	-	10,8	-	-	0,8	-	-	0,8	0,5	-	15,8	25,5	10,4	-	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	85,8	10,5	3,9	-	-	-	-	26		
27	D ₃ ^{at}	18	1	0,08	8,0	-	6,0	13,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	0,8	-	14,4	18,8	3,2	-	18,9	-	-	9,4	-	1,8	-	-	-	-	78,5	17,3	4,2	-	-	-	-	27		
МИХАЙЛОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ (Веретинский участок)																																													
28		11	1	0,50	11,5	4,4	11,0	1,5	-	0,3	-	1,0	1,2	-	-	3,8	0,5	-	2,3	2,2	-	35,5	20,0	-	2,2	2,2	-	-	0,2	-	0,2	-	-	-	-	70,0	23,3	6,7	-	-	-	-	28		
29	J ₃ ^{at}	13	3	0,91	12,1	2,7	6,9	0,3	-	0,1	-	4,7	8,4	-	0,1	2,0	0,1	-	1,8	1,1	-	28,6	13,2	4,2	1,3	11,2	0,03	-	-	-	0,2	-	-	-	-	83,2	8,7	8,1	-	-	-	-	29		
30		14	4	0,81	23,7	2,2	5,8	-	-	-	-	3,2	7,8	-	0,8	2,1	-	0,2	1,4	0,2	-	6,5	4,7	14,3	5,9	20,8	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,2	86,1	6,5	7,2	-	-	-	-	30		
31		15	6	0,68	14,0	4,2	8,0	0,2	-	0,03	-	3,5	4,45	-	0,07	1,35	-	-	0,4	0,7	1,0	12,4	5,3	20,6	6,9	15,8	-	-	-	-	0,07	-	-	-	-	94,2	1,8	3,8	-	-	-	-	31		

при скрещенных николях наблюдается волокнистая структура; волокнистое строение обуславливает волнистое погасание. Погасание также бывает нередко сферическое вокруг нескольких центров, состоящих из непрозрачного (органического?) вещества. Все вышеперечисленные разновидности фосфатов имеют положительную микрохимическую реакцию на фосфор. Судя по оптическим константам фосфаты относятся к даллиту (?).

Результаты изменения среднего содержания в процентах минералов тяжелой и легкой фракции диаметром 0,01–0,25 мм в палеозойских, мезозойских и кайнозойских песчано-глинистых отложениях всего района КМА (с расчленением на минеральные зоны) сведены нами в сводную табл. 4.

Детальный минералого-петрографический анализ фракций 0,01–0,25 мм песчаноглинистых пород осадочной (надрудной) толщи КМА позволил нам расчленить эту толщу на 19 литологических горизонтов (пачек) с характерными минеральными ассоциациями тяжелой фракции.

В качестве руководящих минералов при расчленении изученных отложений были выделены главным образом минералы терригенного происхождения и реже аутигенного. Аутигенные минералы могут быть корреляционными лишь в том случае, если условия среды осадконакопления сравниваемых отложений являются одинаковыми. В противном случае в разновозрастных отложениях различных участков данного района, имеющих общую область сноса, аутигенные минералы могут быть различными. Отмечая второстепенную роль аутигенных минералов при расчленении и корреляции отложений, следует указать важность их изучения при рассмотрении диагенетических и эпигенетических процессов.

Выделяются следующие минеральные зоны (сверху вниз):

- 1) ставролит – дистен – рутил – циркон – ильменитовая (Кз),
- 2) ставролит – дистен – сфен – турмалин – рутил – циркон – лейкоксен – магнетитовая (Кз),
- 3) ставролит – дистен – гранат – циркон – магнетитовая с фосфатами и глауконитом (сантон),
- 4) гранат – турмалин – дистен – ставролит – циркон – магнетит – лейкоксен – ильменитовая с фосфатами и глауконитом (сеноман – альб),
- 5) ставролит – дистен – гранат – циркон – рутил – эпидот – амфибол – ильменит – магнетитовая с фосфатами и глауконитом (сеноман – альб),

- 6) дистен – гранат – эпидот – рутил – циркон – магнетит – ильменитовая с фосфатами и глауконитом (сеноман – альб),
- 7) апатит – ставролит – гранат – рутил – турмалин – амфибол – эпидот – дистен – циркон – магнетит – лейкоксен – ильменитовая (сеноман – альб и апт – неоком, соответственно с щелочным амфиболом и без последнего),
- 8) силлиманит – амфибол – эпидот – турмалин – рутил – ставролит – дистен – циркон – лейкоксен – ильменитовая с фосфатами и глауконитом (сеноман – альб и апт – неоком),
- 9) дистен – силлиманит – рутил – турмалин – ставролит – циркон – ильменитовая (апт – неоком),
- 10) амфибол – эпидот – рутил – турмалин – ставролит – дистен – циркон – лейкоксен – ильменитовая с гидроокислами железа, пиритом, глауконитом и фосфатами (верхняя юра – волжские слои),
- 11) шпинель – амфибол – гранат – рутил – турмалин – апатит – эпидот – циркон – лейкоксен – ильменит – магнетитовая с глауконитом и фосфатами (киммеридж – оксфорд и келловей),
- 12) шпинель – сфен – гранат – рутил – апатит – турмалин – циркон – эпидот – лейкоксен – ильменит – магнетитовая с пиритом, фосфатом, глауконитом, местами с сидеритом (келловей),
- 13) сфен – амфибол – эпидот – рутил – дистен – турмалин – ставролит – циркон – лейкоксен – магнетит – ильменитовая с пиритом с фосфатами (келловей – бат),
- 14) силлиманит – эпидот – амфибол – рутил – дистен – турмалин – ставролит – циркон – магнетитовая с пиритом, гидроокислами железа и изредка фосфатами (бат),
- 15) рутил – дистен – ставролит – турмалин – циркон – лейкоксен – магнетитовая с пиритом и гидроокислами железа (бат),
- 16) рутил – турмалин – дистен – ставролит – циркон – ильменитовая с пиритом (бат),
- 17) шпинель – сфен – гранат – рутил – турмалин – циркон – магнетитовая с пиритом (нижний карбон),
- 18) турмалин – ставролит – циркон – магнетит – лейкоксен – ильменитовая с пиритом (верхний девон),
- 19) ставролит – турмалин – гранат – лейкоксен – ильменитовая с пиритом, сидеритом и фосфатами (верхний девон),

Выделенные детальным анализом минеральные ассоциации и разновидности минералов дали существенные дополнительные критерии для суждения о составе материнских пород и

о последовательности их размыва в периоды формирования отдельных пачек и толщ отложений.

В ы в о д ы

В результате петрографо-минералогического исследования песчано-глинистых пород осадочной (надрудной) толщи КМА можно сделать следующие основные выводы:

1. Структура докембрийского фундамента и рельеф его поверхности, как отражение этой структуры, играли основную роль в формировании и распространении древнейших отложений осадочной толщи.

2. Намечается два крупных этапа формирования осадочной толщи – палеозойский и мезокайнозойский, свидетельствующие о непрерывном расширении площади осадконакопления.

3. Ассоциации терригенных минералов в пределах палеозойского и мезозойского комплексов осадочной толщи КМА во всех ярусах сохраняют один и тот же состав, что указывает на преемственность областей питания в течение соответствующих периодов.

4. Постоянное присутствие в тяжелой фракции песчано-глинистых пород всей осадочной толщи КМА группы устойчивых минералов (циркона, рутила, граната, турмалина) и преобладание кварца в легкой фракции говорит о том, что в составе пород питающих провинций преобладающую роль играли обломочные осадочные породы (главным образом древние или формировавшиеся в обстановке интенсивного выветривания).

5. Наличие в легких фракциях зерен кварца с волнистым и мозаичным погасанием, а также присутствие в тяжелых фракциях дистена, ставролита и граната указывает, что в составе питающей провинции входили и метаморфические породы.

6. Наличие роговой обманки и пироксенов, характерных для изверженных и метаморфических пород докембрийских отложений Воронежской антеклизы и Украинского кристаллического массива, свидетельствует о размыве этих образований.

7. Присутствие в тяжелой фракции песчано-глинистых пород циркона, сфена, изредка апатита и в легкой, кроме кварца, в значительном количестве полевых шпатов, среди которых преобладают калиевые разновидности с хорошо выраженной микроклиновой решеткой, а также мусковита, указывает на то, что среди пород питающей провинции, кроме осадочных и метаморфических пород, могли присутствовать и граниты.

Слабая окатанность и плохая сортировка терригенного материала и значительное содержание в изученных породах полевых шпатов указывают на то, что область сноса в течение палеозоя и мезо-кайнозоя находилась на небольшом расстоянии от зоны осадконакопления. При этом рассматриваемая территория находилась в основном вблизи береговой линии, о чем свидетельствует характер осадков, представленных мелководными, часто рибрежно-континентальными фациями (чередованием тонкослоистых глин и известняков в палеозое с разно- и мелкозернистыми и тонкозернистыми песчано-глинистыми породами, нередко со значительным содержанием ярко-зеленого глауконита и растительных остатков).

9. Наличие глауконита (аутигенного, не переотложенного) в сочетании с фосфатами в мезо-кайнозойских отложениях является надежным признаком морского происхождения осадочной толщи.

10. Широкое развитие в осадочных отложениях девона, юры и нижнего мела – пирита и сидерита служит показателем сильно восстановительной обстановки среды образования этих осадков.

11. Преобладающая мелкозернистость и тонкозернистость терригенного материала и почти полное отсутствие в разрезе палеозоя и мезо-кайнозоя грубообломочных пород свидетельствует о слабом расчленении прилегавшей суши, которая являлась в значительной мере пенепленизированной, что обуславливало преобладание химического разложения над физическим выветриванием.

12. По полученным данным можно проследить связь минералогического состава с гранулометрическим. Так, например, более высокое содержание тяжелых минералов во фракции 0,25–0,10 мм можно объяснить сосредоточением пирита и сидерита в более крупной гранулометрической фракции, что связано с неустойчивостью этих минералов в отношении химического выветривания.

Как известно, процесс идет тем интенсивнее, чем мельче частицы.

В более мелкой фракции (0,10–0,01 мм) наблюдается присутствие мусковита как минерала физически малоустойчивого, но относительно устойчивого в отношении химического выветривания.

По полученным данным можно также проследить зависимость формы зерен от их величины. Зерна кварца фракции 0,25–0,10 мм имеют угловато-окатанную и овальную форму, тогда как зерна кварца фракции 0,10–0,01 мм – угловатую.

13. В заключение следует отметить еще следующие факты. При описании верхнеюрских, меловых и эоценовых (?) отложений неоднократно подчеркивался полевошпатово-кварцевый состав песчаников и песков указанных разрезов. Этот материал уже не мог поступать из докембрийских отложений Воронежской антеклизы, поскольку последняя уже была перекрыта осадочным чехлом девона, карбона и частью средней юры. Единственным источником сноса этого материала мог являться лишь Украинский кристаллический массив, который в это время был, следовательно, значительно (?) поднят.

Кроме того, особенности (различия) литологического состава пород отдельных стратиграфических подразделений разрезов различных районов КМА обусловлены разным положением сравниваемых разрезов по отношению к ядру Воронежской антеклизы.

Отчетливая ритмичность выявлена нами в песчано-глинистых отложениях верхней юры Коробковского месторождения. Она несомненно связана с колебательными движениями ядра антеклизы; в более же удлиненных частях ее – в районах Яковлево и Михайловки эти колебания естественно отражались на осадконакоплении уже в гораздо меньшей степени.

При изучении глинистых минералов коллоидно-дисперсной части песчано-глинистых отложений осадочной (надрудной) толщи КМА выяснилось, что ни один глинистый минерал не образует в них мономинеральных ассоциаций, как по глубине толщи, так и по ее простиранию. Ассоциации всегда состоят от двух до четырех компонентов, причем один реже два, преобладают, а остальные присутствуют в подчиненном количестве.

В составе коллоидно-дисперсной части песчано-глинистых отложений КМА установлено присутствие таких минералов, как каолинит, гидрослюда, монтмориллонит, смешанно-слоистый минерал гидрослюда-монтмориллонит с преобладанием монтмориллонитовых или слюдистых слоев и с равным соотношением, смесь гидрослюда и каолинита, бейделлит, в незначительной степени галлуазит, имеются также аморфные коллоиды.

При выделении минералогических зон по преобладанию тех

или иных глинистых минералов и коррелировании их с определенными стратиграфическими подразделениями выяснилась их полная взаимосвязь с фациальными условиями седиментогенеза, что позволяет уточнить представления о генетических особенностях времен седиментации и о закономерностях распределения глинистых минералов в разрезе и плане.

Отмеченная выше полиминеральность в минералогическом составе коллоидно-дисперсной части песчано-глинистых пород осадочной (надрудной) толщи КМА говорит о формировании этих осадков главным образом путем поступления разнообразных глинистых минералов с областей сноса в соответствующие бассейны в виде взвешенных частиц и их преобразовании в результате различных физико-химических условий минералообразования на дне морей.

По мере удаления от источника сноса и длительности перемывания волнами и течениями происходит изменение минерального состава коллоидно-дисперсной части песчано-глинистых отложений и в ней начинает преобладать какой-нибудь один минерал, наиболее соответствующий степени изменения первичного материала и характеру среды.

Приведенный фактический материал по минералогическому составу коллоидно-дисперсной части изученных палеозойских и мезокайнозойских песчано-глинистых пород позволяет сделать следующие выводы:

1. Изученным разновозрастным песчано-глинистым отложениям одного и того же бассейна соответствует своя определенная ассоциация глинистых минералов.

2. Количественное соотношение минеральных компонентов и преобладающие глинистые минералы в пределах синхронных песчано-глинистых осадков одного и того же бассейна меняются от одного фациального типа отложений к другому.

Эти различия минеральных ассоциаций коллоидно-дисперсной части палеозойских и мезокайнозойских песчано-глинистых отложений КМА как в вертикальном разрезе, так и в плане обусловлены региональной зональностью условий химической и механической дифференциации морских осадков.

3. Преобладание в тонких фракциях мезозойских песчано-глинистых отложений гидрослюд, смешанно-слоистых минералов гидрослюд-монтмориллонит, а иногда и монтмориллонита или бейделлита связано с образованием исследованных пород

в восстановительных условиях морской среды. Примесь каолинита объясняется сменой морских условий континентальными и вследствие этого сменой физико-химических условий среды.

Появление каолинита в результате смены щелочных условий среды кислыми подтверждается наличием их чаще всего во фракции $< 0,5 \mu$, что, по И.Д.Седлецкому, связано с тем, что процесс изменения минералогического состава при изменении физико-химических условий среды начинается с более тонких фракций.

4. Высокое содержание каолинита в девонских песчано-глинистых отложениях объясняется наличием кислой среды в этих осадках, обусловленной интенсивным окислением пирита в зоне активного выветривания при частых континентальных перерывах.

5. Преобладание хорошо раскристаллизованных, малогидротированных глинистых минералов в юрских глинах Яковлевского месторождения объясняется старением коллоидов в процессах диагенетических изменений глин, что связано с большей глубиной залегания и частично с более древним возрастом этих пород по сравнению с глинами других районов КМА.

6. Присутствие в образцах всех типов песчано-глинистых отложений гидроокислов железа как в аморфной, так и в кристаллической форме, объясняется образованием их в результате выветривания пирита, сосредоточенного в более крупных фракциях этих пород.

7. Высокое содержание в глинах неустойчивых минералов пирита и карбонатов объясняется образованием их в процессах диагенетических изменений породы. Присутствие в большом количестве пирита во всех породах осадочной толщи указывает на формирование осадков в восстановительных условиях морской среды. На высокое содержание пирита могли также оказывать влияние породы докембрийского кристаллического фундамента, представленные железистыми кварцитами.

С уменьшением глубины залегания глин во время континентальных перерывов усиливаются процессы выветривания, что приводит к снижению содержания пирита с одновременным увеличением содержания его продуктов выветривания (гидроокислы железа, гипс и др.).

8. Высокое местами содержание карбонатов в глинах можно объяснить наличием в них большого количества известковых раковин и прослоев карбонатных пород. Зерна карбонатов в глинистых породах связаны также с выпадением их из растворов при процессах вторичных изменений глинистых пород.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД НАДРУДНОЙ (ОСАДОЧНОЙ) ТОЛЩИ ТЕРРИТОРИИ КМА

Инженерно-геологические условия добычи железных руд в различных районах территории КМА неодинаковы. Они зависят прежде всего от глубины залегания руд, а также от литологического состава пород осадочной (надрудной) толщи КМА. При наименьших глубинах залегания руд в пределах центральной части Воронежской антеклизы возможен открытый способ разработки железных руд. При увеличении глубины залегания руд на склонах Воронежской антеклизы, а также в результате особенностей морфологии рудных залежей, часто образующих в плане неширокие, но уходящие вглубь полосы наиболее целесообразна добыча железных руд подземным способом. Следует отметить при этом, что в связи с малой прочностью большей части богатых железных руд и затрудненностью создания в них вследствие этого устойчивых целиков разработка их возможна и целесообразна при применении обрушения кровли.

Показатели состава, состояния и других инженерно-геологических свойств пород надрудной (осадочной) толщи территории КМА имеют исключительное значение для определения степени их устойчивости в горно-эксплуатационных работах при разработке железных руд КМА как открытым, так и подземным способом.

При разработке открытым способом (карьерами) для определения степени устойчивости бортов карьеров имеют исключительное значение свойства пород всего разреза надрудной толщи. При подземном же способе разработки для установле-

ния возможных деформаций элементов горных выработок, расчетов давления на крепь, определения устойчивости целиков наибольшее значение имеют свойства пород непосредственной кровли железных руд, хотя на характер сдвижения пород при подземной добыче влияют породы всей надрудной толщи.

Полная сравнительная инженерно-геологическая характеристика состава, состояния, физико-механических, водно-физических и других свойств пород осадочной толщи территории КМА приведена в региональном плане в основной (фондовой) работе автора (Н.К.Паффенгольц, 1960). Здесь же описание дается по условиям печатания, в несколько сокращенном виде. Следует отметить, что свойства пород территории КМА изучены пока еще очень мало и неравномерно. Относительно хорошо изученными являются лишь районы наиболее перспективных месторождений КМА (Михайловское, Лебединское и др.).

Описание и анализ инженерно-геологических характеристик пород приведены по данным лабораторных исследований различных показателей состава, состояния, физико-механических и водно-физических свойств, химического и петрографо-минералогического состава, а также по данным наблюдений за поведением пород в скважинах в период их бурения и проведения специальных гидрогеологических опытных работ.

Инженерно-геологическая характеристика показателей свойств пород дается в стратиграфическом порядке (снизу вверх), с их выделением по возрасту, генетическому типу и литологическим разностям.

1. Характеристика отложений девона

Девонские осадки распространены в северной части территории КМА (см. гл. III). Исследованию с инженерно-геологической точки зрения подвергались в основном девонские отложения Михайловского и Лебединского месторождений, причем отдельные горизонты изучались весьма неравномерно. Кроме того, следует подчеркнуть, что исследованиям подвергались только глинистые породы, тогда как на значительных площадях в разрезе девонских отложений преобладают известняки.

а) Район Лебединского месторождения. Девонские отложения на Лебединском месторождении представлены глинами, пес-

чаниками и рудной брекчией. Инженерно-геологические свойства указанных пород здесь изучены в двух скважинах экспедициями институтов "Фундаментпроект" и "ВСЕГИНГЕО", соответственно для алевроитового песчаника и алевроитовой глины, так как в других инженерно-геологических скважинах девонские отложения встречены не были.

Из данных гранулометрического состава породы (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 1) видно, что содержание песчаных частиц колеблется в пределах 9,6%–45,2% (в среднем 27,1%), причем преобладает тонкий песок (0,1–0,05 мм) – 5,1–45,2% (в среднем 21,6%); пылеватых – в пределах 33,0–76,4% (в среднем 54,6%), причем преобладает крупная пыль (0,05–0,01 мм) – 24,5–65,5% (в среднем 45,8%); глинистый в пределах 11,4–32,4% (в среднем 18,3%).

Удельный вес породы равен 2,63–2,85 (в среднем 2,7), объемный вес 2,04–2,26 (в среднем 2,13), объемный вес скелета 1,7–1,96 (в среднем 1,84). Пористость равна 27,4–40,3% (в среднем 32,0), коэффициент пористости 0,379–0,674 (в среднем 0,479). Гигроскопическая влажность равна 0,15–2,42% (в среднем 0,6%). Естественная влажность достигает 13,4–19,8% (в среднем 11,4%), относительная влажность равна 0,84–1,0 (в среднем 0,93%).

В диспергированном состоянии порода пластична за счет цементирующего глинистого вещества. Верхний предел пластичности составляет 22,7–30,0% (в среднем 27,1), нижний предел пластичности 14,8–17,2% (в среднем 15,7), а число пластичности 7,9–15,0 (в среднем 11,4). Показатель уплотненности $K_d = 0,42–1,26$ (в среднем 0,88), что говорит о пластичном и переуплотненном состоянии породы. Показатель консистенции B меняется от –0,3 до +0,32 (в среднем 0,02), что соответствует твердой и пластичной консистенции породы. Полная влажность составляет 14,42–23,2% (в среднем 18,8).

Показатель пластичности породы $M_p : M_c$ не превышает 0,72; показатель гидрофильности $M_f : M_c$ варьирует в пределах 0,92–1,8 (в среднем 1,25). Сопротивление на раздавливание составляет 12,4–26,7 кг/см² (в среднем 21,6). Исследование на размокание показало, что порода неоднородна на размокаемость образцов по разрезу пласта. Водоустойчивость и механическая прочность цемента неодинакова.

Свойства алевроитовой глины на Лебединском месторождении исследовались только на одном образце.

Из данных гранулометрического анализа породы (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 2) видно, что в составе породы резко преобладает пылеватая фракция ($0,05 - 0,005$), достигающая 78,96%, причем преобладают крупные частицы ($0,05 - 0,01$ мм) 44,65%, содержание глинистых частиц ($< 0,005$ мм) составляет 20,04% преобладают крупнопелитовые ($0,005 - 0,001$ мм) частицы (15,63%), а содержание песчаных частиц – 1%. Порода представляет собой, по 3-членной классификации, суглинок тяжелый пылеватый. Удельный вес породы 2,72, объемный вес 1,97, а объемный вес скелета 1,6, Пористость достигает 40,97%, а коэффициент пористости 0,694. Гигроскопическая влажность равна 0,18% максимальная молекулярная влагоемкость составляет 14,46%, а естественная влажность равна 22,7%. Глина слабо пластична, число пластичности равно 3,31. В естественном залегании порода находится в твердом состоянии, так как естественная влажность ($W = 22,7\%$) меньше нижнего предела пластичности ($W_p = 23,45$). Показатель консистенции глины $B = 0,23$, что говорит о твердой консистенции породы. Показатель уплотненности глинистой породы $K_d = 0,38$, что соответствует пластичному состоянию породы. Показатель пластичности глины $M_p : M_c = 0,16$, а показатель гидрофильности $M_f : M_c = 1,34$, что говорит о ничтожной способности минералов, образующих глинистую фракцию, связывать воду в пределах пластичного состояния породы и значительной гидрофильности минералов при верхнем пределе пластичности.

Данные по испытаниях глины на сдвиг ($tg \varphi = 0,5$; $\varphi = 26^{\circ}23'$, $C = 0,75$ кг/см²) и на компрессию ($a = 0,005$ см² кг) при вертикальной сжимающей нагрузке $P = 0 - 2$ кг/см² говорят о ее сопротивлении сдвигу, плотности и слабой сжимаемости.

б. Район Михайловского месторождения. Шигровские и староскольские слои на Михайловском месторождении представлены главным образом глинами и тяжелыми глинами, подчиненное положение занимают глины песчаные и алевроитовые, а также глинистые пески и песчаники, тонкозернистые и алевроитовые. Мощность их достигает 108 – 114 м.

Гранулометрический состав тяжелых глин характеризуется (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 3) содержанием глинистых фракций размером менее 0,005 мм в пределах 73 – 90% (в среднем 84,4%), причем преобладает тонкопелитовая фракция ($< 0,001$ мм) 64,0 – 85% (в среднем 71,6%). Пылеватых фракций тяжелые

глины содержат в пределах 1,0–25% (в среднем 10,5%), а песчаных в пределах 1–22% (в среднем 5,0%), причем в пылеватых и песчаных фракциях ни одна фракция не преобладает.

Удельный вес тяжелых глин колеблется в пределах 2,75–2,83 (в среднем 2,8), объемный вес 1,75–2,15 (в среднем 1,91), объемный вес скелета 1,32–1,79 (в среднем 1,56). Пористость достигает 44,4–47,6% (в среднем 46,6), коэффициент пористости соответственно составляет 0,806–0,910 (в среднем 0,864). Естественная влажность породы колеблется в границах 19–31,5% (в среднем 4,8%). Относительная влажность равна 0,73–0,78 (в среднем 0,74).

Определение форм консистенции и пластичности тяжелых глин установило, что текучесть тяжелых глин варьирует в пределах 57–69% (в среднем 61%), пластичность – в пределах 26–35% (в среднем 29%), а число пластичности колеблется в пределах 28–38% (в среднем 32%), что указывает на высокую пластичность этих глин. Показатель уплотненности тяжелых глин равен 0,82–1,0 (в среднем 0,91), что указывает на сравнительно высокую плотность породы и на ее пластичное состояние, близкое к переходу в полутвердое.

Показатель консистенции тяжелых глин V колеблется в пределах от 0 до –0,36 (в среднем –0,19), что указывает на консистенцию, близкую к пластичной и полутвердую. Показатель пластичности этих глин колеблется в пределах 0,37–0,77 (в среднем 0,43), показатель гидрофильности в пределах 0,69–0,85 (в среднем 0,74), что говорит о практической негидрофильности породы. Коэффициент набухания этих глин очень велик, достигая 270,96%.

С точки зрения размокания большинство образцов в грунтовой воде не размокает.

Глины характеризуются содержанием глинистых фракций в пределах 33,58,1% (в среднем 41,7%), причем также преобладает тонкопелитовая фракция ($< 0,001$ мм) – 18–50% (в среднем 29,1%). Пылеватых фракций глины содержат в пределах 31–52,9% (в среднем 40,4%), причем преобладает крупная пыль (0,05–0,01 мм) – 14,2–40,0% (в среднем 27,8%), а песчаных – в пределах 6,0–33,0% (в среднем 17,9%), причем преобладает тонкая фракция (0,1–0,05 мм) – 3,0–32,0% (в среднем 13,8%).

Удельный вес глин колеблется в пределах 2,78–3,22 (в среднем 2,96), объемный вес 1,88–2,10 (в среднем 1,98), объемный вес скелета 1,43–1,7 (в среднем 1,59). Пористость достигает 42,3–50,5% (в среднем 46,8%), коэффициент пористости – 0,733–1,022 (в среднем 0,887). Естественная влажность породы колеблется в границах 17,9–32,8% (в среднем 24,5%) гигроскопическая влажность – 1,11–3,3 (в среднем 2,28%). Максимальная молекулярная влагоемкость составляет 12,23–21,7% (в среднем 16%). Относительная влажность равна 0,73–0,96 (в среднем 0,87).

Определение форм консистенции и пластичности глин установило, что предел текучести глин варьирует от 46 до 60% (в среднем 50,1%). пределы пластичности – 16,7–28,0% (в среднем 23,4%), а число пластичности колеблется в пределах 21,1–32,8% (в среднем 26,7%), что также указывает на высокую пластичность этих глин. Показатель уплотненности глин 0,53–1,06 (в среднем 0,79), что указывает на пластичное и твердое состояние породы.

Показатель консистенции глин В колеблется в пределах от – 0,23 до 0,36, что указывает на консистенцию пластичную и твердую. Показатель пластичности этих глин колеблется в пределах 0,36–0,80 (в среднем 0,52), а показатель гидрофильности – в пределах 0,81–1,2 (в среднем 0,96), что говорит о практической негидрофильности породы. Коэффициент набухания этих глин достигает 61,07–114,01% (в среднем 82,9%). С точки зрения размокания большинство образцов в грунтовой воде не размокает.

Глины песчаные и алевритовые содержат глинистых фракций в пределах 17–29% (в среднем 22,8%), причем преобладает тонкопелитовая фракция – 10,7–24,0% (в среднем 16,8%), пылеватых – 18–78,4% (в среднем 41,6%) и песчаных 2–63% (в среднем 35,8%), Среди пылеватых фракций преобладает крупная пыль (0,05–0,01 мм) – 13,0–51,4% (в среднем 32,5%), а среди песчаных фракций – тонкие частицы (0,1–0,05 мм) – 0–49% (в среднем 26,9%).

Удельный вес песчаных и алевритовых глин колеблется в пределах 2,65–2,88 (в среднем 2,71), объемный вес 1,78–2,46 (в среднем 2,18), объемный вес скелета 1,54–2,38 (в среднем 1,95). Пористость достигает 23,9–36,58% (в среднем 30,42%), коэффициент пористости соответственно составляет

0,314–0,577 (в среднем 0,443). Естественная влажность породы колеблется в границах 7,6–19,7 (в среднем 13,95%), гигроскопическая влажность – в пределах 0,24–5,2% (в среднем 1,48%). Максимальная молекулярная влагоемкость составляет 9,03–15,29% (в среднем 12,42%). Относительная влажность равна 0,62–1,0 (в среднем 0,86).

Предел текучести пород варьирует в пределах 13,6–33,0% (в среднем 26,1%), предел пластичности – в пределах 10,6–21,0% (в среднем 16,8%), число пластичности колеблется в пределах 3,0–14,8% (в среднем 9,2%), что говорит об их среднепластичности.

Показатель уплотненности песчано-алевритовых глин 0,0–1,26 (в среднем 0,8), что указывает на пластичное и переуплотненное (полутвердое) состояние породы.

Показатель консистенции В колеблется в пределах от – 0,73 до +0,56 (в среднем – 0,19), что указывает на консистенцию твердую, полутвердую и пластичную. Показатель пластичности этих глин колеблется в пределах 0,12–0,59 (в среднем 0,34), показатель гидрофильности – в пределах 0,55–1,82 (в среднем 0,98), что говорит о ничтожной способности минералов, образующих глинистую фракцию, связывать воду в пределах пластичного состояния породы и о некоторой гидрофильности породы при верхнем пределе пластичности.

Коэффициент набухания песчано-алевритовых глин значительно меньше предыдущих типов, достигая лишь 13,28–50,0% (в среднем 31,6%). С точки зрения размокания 6 образцов в грунтовой воде не размокали.

Данные по испытаниям двух образцов песчано-алевритовых глин на компрессию дают значения коэффициента сжимаемости при нагрузке 2–0 кг/см² – 0,0095 и 0,001 см²/кг, при нагрузке 4–2 кг/см² – 0,007 и 0,0005 см²/кг и при нагрузке 6–4 кг/см² 0,0055 и 0,002 см²/кг. Таким образом, песчано-алевритовые глины являются породой среднесжимаемой и слабосжимаемой.

Гранулометрический состав алевритовых песчаников девона характеризуется содержанием глинистых фракций размером менее 0,005 мм – 11–38% (в среднем 22,2%), причем также преобладают тонкопелитовые частицы – 11,0–27,0% (в среднем 17,5%), пылеватых фракций в пределах 8–48% (в среднем 35,5%) и песчаных фракций в пределах 16,0–80,0% (в среднем 42,3%).

Среди пылеватых частиц преобладает крупная пыль (0,05–0,01 мм) – 8–46% (в среднем 31,8%), а среди песчаных частиц – тонкий песок (0,1–0,05 мм) – 0,0–78,0% (в среднем 37,3%).

Удельный вес алевритовых песчаников колеблется в пределах 2,66–2,68 (в среднем 2,67), объемный вес 1,86–2,42 (в среднем 2,11), объемный вес скелета 1,58–2,28 (в среднем 1,9). Пористость составляет 14,82–29,93% (в среднем 22,33%), коэффициент пористости 0,174–0,427 (в среднем 0,300). Естественная влажность породы колеблется в границах 6,0–17,9% (в среднем 11,6%), гигроскопическая влажность – в пределах 0,5–1,35% (в среднем 0,78%). Максимальная молекулярная влагоемкость составляет 7,8–12,0% (в среднем 9,3%).

Относительная влажность равна 0,62–0,92 (в среднем 0,77%). Полная влажность составляет 6,5–16,05% (в среднем 11,27%).

В диспергированном состоянии алевритовый песчаник не пластичен, определяется только предел текучести, который составляет 18,0–29,0% (в среднем 23,4%). Размокание имеет чешуйчатый и комковый характер. Коэффициент сжимаемости при нагрузке 2–0 кг/см² – 0,0005 см²/кг, а при нагрузках 4–2 и 6–4 кг/см² он равен нулю, что говорит о практической несжимаемости породы.

Как в данном, так и в предыдущих случаях испытания образцов на сопротивление сжатию (компрессионные свойства) производились при замачивании водой с начала опыта.

Гранулометрический состав глинистых песков характеризуется (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 4) содержанием песчаных фракций в пределах 26,14–87,3% (в среднем 70,87%), причем преобладает тонкая фракция (0,1–0,05 мм) – 19,7–52,8% (в среднем 38,34%). Пылеватых фракций глинистые пески содержат в пределах 8,4–57,3% (в среднем 21,15%), причем преобладает крупная пыль (0,05–0,01 мм) – 5,20–50,4% (в среднем 16,0%), а глинистых фракций в пределах 4,7–16,6% (в среднем 8,7%), причем преобладает тонкопелитовая фракция ($< 0,001$ мм) – 3,2–11,3% (в среднем 5,7%).

Удельный вес глинистых песков колеблется в пределах 2,65–2,67 (в среднем 2,66), объемный вес рыхлого песка в пределах 1,02–1,3 (в среднем 1,2%), объемный вес плотного песка в пределах 1,55–1,72 (в среднем 1,6).

Пористость рыхлого песка колеблется в пределах 51,1–61,5% (в среднем 55%), пористость плотного песка в пределах 35,8–41,5% (в среднем 39,6%). Коэффициент пористости рыхлого песка соответственно колеблется в пределах 1,046–1,599 (в среднем 1,234), коэффициент пористости плотного песка в пределах 0,558–0,709 (в среднем 0,658). Коэффициент уплотняемости песков варьирует в пределах 0,58–1,25 (в среднем 0,88), что говорит о плотности песков.

Естественная влажность глинистых песков колеблется в пределах 6–17,9% (в среднем 13,2%), а гигроскопическая влажность в пределах 0,12–0,60% (в среднем 0,20%). Капиллярная влагоемкость этих песков составляет 23,62–25,25% (в среднем 24,8%), полная влагоемкость 28,3–34,7% (в среднем 31,42%). Водоотдача этих песков составляет 7,08–8,26% (в среднем 7,67%), коэффициент фильтрации в пределах 0,04–1,64 м/сутки (в среднем 0,71 м/сутки). По данным опытных откачек средний коэффициент фильтрации девонских песков составляет 0,4 м/сутки. Угол естественного откоса песков под водой составляет 31–41° (в среднем 35°), в сухом состоянии 39–45° (в среднем 41,8°).

в) Другие районы КМА. На Тим-Панковском участке девонские отложения представлены шигровскими слоями, причем преобладают глины, подчиненное положение занимают тяжелые глины, песчаные глины и глинистые пески. Гранулометрический состав шигровских глин характеризуется содержанием глинистых фракций в пределах 37–57% (в среднем 48%), пылеватых 18–47% (в среднем 34%), песчаных 7–52% (в среднем 18%).

Объемный вес типичного образца глины на Тим-Панковском участке равен 2,13, удельный вес составляет 2,71. Пористость равна 33,9%, а естественная влажность – 17,8%. Верхний и нижний пределы пластичности соответственно равны 67,5 и 21, а число пластичности 46,5. Образец песчаной глины с Тим-Панковского участка характеризуется следующим гранулометрическим составом: содержание глинистой фракции ($< 0,005$ мм) – 25,2%, пылеватой (0,05–0,0005 мм) – 11,2%, песчаный (0,25–0,05 мм) – 63,4%, песчаный ($> 0,25$ мм) – 0,2%. Объемный вес составляет 2,07, а удельный вес 2,68. Пористость равна 28,6%, а естественная влажность 8,2%. Верхний и нижний пределы пластичности соответственно равны 29,8 и 13,1, а число пластичности 16,7. Полная влажность равна 18,9–14,9% $K = 0,94–0,55$.

Показатель уплотненности глины составляет 0,39–1,04, показатель консистенции $B = -0,07$ и $-0,29$. Показатели пластичности и гидрофильности равны соответственно 0,66–0,88 и 1,18–1,28.

В северных и восточных районах преобладают песчаные и алевроитовые глины (воронежские, елецкие и задонские слои), которые охарактеризованы только единичными образцами. Типичный образец глины из северных районов имеет следующий гранулометрический состав: глинистой фракции ($0,005\text{ мм}$) – 15%, пылеватой ($0,05–0,005\text{ мм}$) – 81% и песчаный – 4%. Число пластичности равно 12, а верхний и нижний пределы пластичности – 32 и 20. Показатели пластичности и гидрофильности равны соответственно 0,80 и 2,13.

Типичный образец песчаной глины из восточных районов имеет содержание глинистой фракции ($< 0,005\text{ мм}$) – 27,8%, пылеватой ($0,05–0,005\text{ мм}$) – 34,2%, песчаной ($0,25–0,05\text{ мм}$) – 23% и песчаной ($> 0,25\text{ мм}$) – 15,0%. Верхний и нижний пределы пластичности равны соответственно 33,2 и 15,7, а число пластичности 17,5. Показатели пластичности и гидрофильности равны соответственно 0,63 и 1,19.

На Ястребовском участке осадки девона представлены глинами и песчаными глинами. Глины характеризуются содержанием глинистой фракции ($< 0,005\text{ мм}$) – 55,8%, пылеватой ($0,05–0,005\text{ мм}$) – 36,9%, песчаной ($0,25–0,05$) – 3,3%, песчаной ($> 0,25\text{ мм}$) – 4%. Глина песчаная характеризуется содержанием глинистой фракции ($< 0,005\text{ мм}$) – 14,8%, пылеватой ($0,05–0,005\text{ мм}$) – 26,9% песчаной ($> 0,25\text{ мм}$) – 40%.

На Огибьянском участке из девонских отложений исследовался один образец, представляющий тяжелую глину. Данные гранулометрического состава в процентах следующие: глинистой фракции ($< 0,005\text{ мм}$) – 76,4%, пылеватой ($0,05–0,005\text{ мм}$) – 17,9%, песчаной ($0,25–0,05\text{ мм}$) – 2,8%, песчаной ($> 0,25\text{ мм}$) – 2,9%. Верхний и нижний пределы пластичности равны соответственно 39 и 22,2, а число пластичности 16,8. Показатели пластичности и гидрофильности равны соответственно 0,22 и 0,51.

Сравнительная сводная характеристика физико-механических свойств типичных образцов девонских глин на всей территории КМА приведена на табл. 5.

Физико-механические свойства типичных образцов доловских глин всей территории КМА
(по месторождениям и участкам)

Составил Н.К.Парфентюк

Место-взятия образцов	Название породы	Гранулометрический состав, %				Объемный вес, г/см ³	Удельный вес, г/см ³	Пористость, %	Естественная влажность, %	Пределы пластичности, %		Число пластичности	Полная влажность	Относительная влажность	Показатель уплотненности	Показатель пластичности	Показатель гидрофильности	
		Фракции, мм								верхний	нижний							
		> 0,25	0,25 - 0,05	0,05 - 0,005	< 0,005													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Огибинский участок	Глина тяжелая	2,9	2,8	17,9	76,4	-	-	-	-	38	22,2	16,8	-	-	-	-	0,22	0,51
Лебединское месторождение	Алеврит глинистый	-	1,3	78,7	20,0	1,97	2,72	41	83,1	25,7	23,4	3,3	25,6	0,82	0,348	-0,09	0,16	1,33
Ястребовский участок	Глина	4	3,3	36,9	65,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
То же.....	Глина песчаная	40	18,3	26,9	14,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Восточные районы	То же	15,0	23,0	34,2	27,8	-	-	-	-	33,2	15,7	17,5	-	-	-	-	0,83	1,18
Тим-Панковский участок	Глина	-	6,4	40,9	52,7	2,13	2,71	33,9	17,8	67,5	21	46,5	18,9	0,94	1,044	-0,07	0,88	1,28
То же.....	Глина песчаная	0,2	63,4	11,2	25,2	2,07	2,68	28,6	8,2	29,8	13,1	16,7	14,8	0,55	0,891	-0,26	0,66	1,18
Михайловское месторождение	Глина тяжелая	-	9	5	86	1,87	2,82	47,1	25,2	61	27	34	31,6	0,80	0,866	-0,05	0,38	0,71
То же.....	Глина	2	4	37	57	1,86	-	-	17,9	46	22	24	-	-	-	-0,17	0,42	0,81
То же.....	Глина песчаная	1	48	33	17	1,97	2,76	36,8	12,5	28	18	10	20,9	0,60	0,710	-0,55	0,59	1,65
То же.....	Глина алевритовая	2	12	57	29	2,13	2,7	33	17,4	30	19	11	18,3	0,86	1,088	-0,14	0,38	1,03
Северные районы	То же	-	4	81	15	-	-	-	-	32	20	12	-	-	-	-	0,80	2,13

2. Характеристика каменноугольных отложений

Каменноугольные отложения на территории КМА по возрасту относятся к нижнему карбону и представлены в основном глинисто-известковой толщей. Они, как правило, являются непосредственной кровлей богатых железных руд Белгородского железорудного района, за исключением отдельных локализационных участков в пределах Покровской и Гостишевской железорудных полос, где кровлей являются глинистые отложения средней юры.

Инженерно-геологические свойства отложений нижнекаменноугольного возраста изучены только на Ярославском месторождении, причем исследованию подвергались только прочность известняков и свойства сланцеватых глин.

Каменноугольные отложения здесь изменяются в значительных пределах по мощности, литологическому составу и степени водообильности. Преобладают известняки, среди которых на разных горизонтах встречаются прослой глини и глинистых сланцев (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 6, 7).

Среди известняков преобладают скрытокристаллические крепкие сливные известняки, причем встречаются как очень прочные окварцованные разновидности, так и слабые глинистые. По химическому составу известняки подразделяются на чистые известняки, доломитистые известняки и известковистые доломиты и доломитистые глинистые мергели.

Объемный вес известняков колеблется в пределах 2,4–2,8^{г/см³}. Сопротивление раздавливанию составляет 340–1061 кг/см², причем изредка встречаются образцы с сопротивлением 1478 кг/см². Наиболее распространенные значения сопротивления раздавливанию 400–900 кг/см².

Модуль пропорциональности варьирует соответственно в пределах 116200–208800. Коэффициент Пуассона колеблется в ничтожных пределах – от 0,08 до 0,1. Таким образом, известняки нижнекаменноугольного возраста характеризуются довольно высокой прочностью "в куске" и, по классификации М.М.Протодяконова, относятся к крепким породам.

Следует отметить, однако, что в массиве известняки трещиноваты, кавернозные и закарстованы, а также переслаиваются с сланцеватыми глинами, причем кавернозность и трещиноватость известняков развиты неравномерно.

Показатели физико-механических свойств известняков в

"куске" нельзя распространить на всю толщу пород карбона даже при отсутствии прослоев глинистых сланцев и сланцеватых глин.

Глинистые сланцы и сланцеватые глины, переслаивающие толщу известняков карбона, являются по своим свойствам породами весьма неоднородными. При бурении скважин через рыхлые глины с промывкой водой происходило обрушение стенок стволов скважин, что говорит о необходимости бурения только с применением глинистого раствора, так как эти породы являются весьма неустойчивыми.

Гранулометрический состав сланцеватых глин характеризуется содержанием глинистой фракции (менее 0,001 мм) в количестве 40–50%. Действительный объемный вес равен 2,76, объемный вес скелета – 2,47, удельный вес 1,90. Пористость составляет 38,4%, коэффициент пористости 0,623. Естественная влажность равна 11,6%, полная влажность 32,78%. Сланцеватые глины характеризуются высокой гигроскопичностью и набухаемостью, величина которой достигает 13,4% (по объему). Сопротивление раздавливанию глин больше 20 кг/см². Карбонатность глины равна 4. Приведенные данные характеризуют глину как относительно прочную породу.

В районе Нового Оскола каменноугольные известняки разделяются на детритусовые, глинистые и песчаные, в различной степени рекристаллизованные и часто окремненные. Отсюда известняки весьма неоднородны по прочности. Здесь встречаются также каолиновые "сухарные" глины. Гранулометрический состав характеризуется содержанием глинистой фракции ($< 0,001$ мм) до 71%. Глины очень твердые, совершенно непластичные, не размокают в воде.

Известняки среднекаменноугольного возраста в районе Валуек характеризуются меньшей прочностью по сравнению с нижнекаменноугольными. Здесь выделяются известняки слабо перекристаллизованные мелкодетритусовые, а подчиненное значение имеют глинистые и песчанистые известняки.

Каменноугольные пески района КМА по данным ВСЕГИНГЕО характеризуются разнородностью механического состава. Преобладающее значение имеют мелко- и среднезернистые пески, реже встречаются пески тонкозернистые, глинистые и разнотонкозернистые пески с гравием.

3. Характеристика юрских отложений

Отложения юры на территории КМА имеют широкое распространение (см. гл. III). Юрские глинистые породы составляют существенную часть разреза надрудной толши и поэтому требуют детального инженерно-геологического изучения. Состав, свойства и состояние юрских глин района КМА в большинстве случаев определяют условия открытой разработки месторождений железных руд в отношении устойчивости откосов карьеров, оценки горного давления в горных выработках и в отношении гидроизоляции от вышележащих водоносных горизонтов.

Микрослоистая текстура глинистых пород сообщает им анизотропность в отношении механической прочности и других инженерно-геологических свойств. Восстановительные условия морской среды являлись неблагоприятным фактором в формировании инженерно-геологических свойств юрских глин. В результате этих условий они имеют высокое содержание пирита (0,40–2,50%), органического вещества (0,20–3,83%), гипса (до 1,3%), высокодисперсных, гидрофильных глинистых минералов, что способствует неустойчивости этих глин и склонности их к выветриванию. Окисление пирита, разложение органического вещества и другие изменения в минералогическом составе юрских глин в зоне активного выветривания резко снижают их прочность, ухудшая инженерно-геологические свойства. Кроме того, неблагоприятным фактором является наличие континентальных перерывов в отложении юрских глин, что приводило к выветриванию их, частичному размыву и процессам усадки. В результате этих факторов глины обнаруживают скрытую трещиноватость, повышенную влажность и разуплотнение, что приводит к общему ослаблению породы,

Высыхание играло в то же время и положительную роль, способствуя повышению минерализации порового раствора и выпадению из него гипса и карбонатов, что способствует образованию дополнительных кристаллизационных связей.

Положительную роль в формировании инженерно-геологических свойств юрских глин играют также диагенетические процессы, как дегидратация, перекристаллизация, старение коллоидов и гравитационное уплотнение для юрских глин Белгородского и Михайловского районов КМА, залегающих на больших глубинах. Глубина залегания пород и их возраст определяют

стадию формирования их и степень выраженности вышеназванных процессов.

а) Характеристика среднеюрских отложений

По данным И.Г.Коробановой (1957), все глинистые отложения средней юры района КМА характеризуются содержанием водорастворимых солей. Их количество не превышает 1 г на 100 г абсолютно сухого грунта. Представлены водорастворимые соли сульфатами Ca , Mg , Na и бикарбонатами Ca . Общее содержание карбонатов в глинах Михайловского месторождения доходит до 12%, в глинах района г.Кромы – до 4%, а в глинах Белгородского района КМА составляет только десятые доли процента.

Емкость поглощения глинистых отложений байоса – бата Белгородского района составляет 9,10 мг/экв на 100 г сухого грунта, для глин келловея и келловей–оксфорда района Михайловского месторождения 21–26 мг/экв. и для келловейских глин района г.Кромы 14–27 мг/экв. В поглощающем комплексе преобладают катионы Ca .

Все изученные глины являются высокодисперсными породами с содержанием частиц $< 0,001$ мм 50–70%, по гранулометрическому анализу, с обработкой пирофосфатом Na с растиранием. Содержание песчаной фракции $> 0,05$ мм не превышает 5%.

Алевролитовые и песчаные частицы в глинах Михайловского месторождения и в районе г.Кромы равномерно рассеяны среди основного глинистого материала. В глинах Белгородского района КМА они образуют скопления тонких линз (1–2 мм мощностью). Песчаная фракция сложена главным образом кварцем, пиритом, карбонатом.

Тонкие фракции глинистых отложений средней юры представлены следующими минералами:

1) Глины района Белгорода характеризуются хорошо раскристаллизованными малогидратированными минералами гидрослюдистого типа. Содержание аморфных и слабо раскристаллизованных коллоидов небольшое.

2) В глинах Михайловского месторождения преобладают слабо раскристаллизованные, сильно гидратированные минералы типа гидрослюд, бейделлита и иногда монтмориллонита, а также в большом количестве присутствуют аморфные коллоиды.

3) В глинах района г.Кромы преобладают гидрослюда, а также каолинит и галлуазит. Много аморфных коллоидов. Повышенная гидратация глинистых минералов в зоне активного выветривания обусловила высокое содержание в них аморфных коллоидов. По данным исследований с помощью электронного микроскопа, во всех изученных породах присутствует бейделлитизированная гидрослюда.

Район Яковлевского месторождения. В районе Яковлевского месторождения КМА отложения бат-байоса представлены повсеместно разнообразными глинами.

Гранулометрический состав глин (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 8) характеризуется содержанием глинистых фракций менее 0,005 мм в пределах 22–82%, причем наиболее частые значения 60–70%, почему глины бат-байоса Белгородского района КМА относятся к тяжелым глинам.

Действительный объемный вес составляет 1,9–2,7, объемный вес скелета 1,50–1,90, а удельный вес 2,60–3,24. Естественная влажность колеблется в пределах 13,3–26%, чаще – в пределах 18–20%. Верхний предел пластичности варьирует в пределах 42,4–58,7%, нижний – в пределах 21,0–27,4%. Число пластичности в пределах 20,0–30,0%. Консистенция глин преимущественно твердая, реже пластичная (0,51–0,60).

Глины имеют невысокую пористость, колеблющуюся в пределах 30–45% (коэффициент пористости соответственно равен 0,447–0,822), чаще 22–31%, что связано с большей глубиной залегания. Показатель уплотненности колеблется в пределах 1,33–1,67 по одним данным, по другим – 1,02–1,44, что соответствует переуплотненному состоянию породы. При испытании на сдвиг, согласно данным И.Г.Коробановой (1956), эти глины деформируются как твердые тела – скалываются. Их показатель консистенции (В) меньше 0 [0 – (–0,29)].

Гигроскопическая влажность составляет 0,7–7,64%, максимальная молекулярная влагоемкость колеблется в пределах 10,28–21,18%, полная влагоемкость – в пределах 39,7–60,7%.

Показатель пластичности глины в пределах 0,31–0,52, показатель гидрофильности – 0,66–0,90.

Слабо известковистые глины Белгородского района сильно набухают в воде с увеличением объема от 20 до 38%, причем наиболее характерные значения 21–33%.

Согласно данным И.Г.Коробановой, "сопротивление этих глин

сдвигу (в опытах без предварительного уплотнения), при вертикальных нагрузках $1-3-5-8 \text{ кг/см}^2$, соответственно составило $2,75; 3,45; 4,50; 5,50 \text{ кг/см}^2$. При этом величина сцепления "С" составила $2,35 \text{ кг/см}^2$, а угол и коэффициент внутреннего трения " ϕ " соответственно 22° и $0,40$. Сопротивление сдвигу, по данным Белгородской экспедиции, характеризуется пределами колебания угла внутреннего трения $14^\circ 24' - 40^\circ 42'$ и коэффициента внутреннего трения $\{ \quad - 0,257 - 0,891$. Предварительное уплотнение образцов глин района г.Обояни под нагрузками $2-3-5-8 \text{ кг/см}^2$ снижает сопротивление их сдвигу в $1-1,7$ раза, вследствие нарушения структурных связей и некоторого набухания. Предварительное свободное набухание этих глин снижает сопротивление их сдвигу в $2,6-4,5$ раза.

Согласно тем же данным установлено, что нарушение естественной структуры влияет на инженерно-геологические свойства юрских глин. Снижение сопротивления сдвигу при нарушении естественной структуры характеризуется коэффициентом структурной прочности на сдвиг ($K_{\text{снс}}$). Для глин Белгородского района байос-батского возраста он равен $2,6$. При нарушении естественной структуры начальное сопротивление сжатию для этих глин (в условиях заливки образца водой) снижается в $1,7$ раза, а модуль сжатия при нагрузке 8 кг/см^2 соответственно увеличивается в $8,8$ раза.

Коэффициент фильтрации этих глин составляет $0,00004-0,00006$ м/сутки, что характеризует глины как практически водоупорные породы.

Район Михайловского месторождения КМА. Отложения бата в районе Михайловского месторождения представлены глинами, залегающими в виде линз среди батских песков. Батские песчано-глинистые отложения представлены песками и глинами с чрезвычайно изменчивым составом.

Глины бата на Михайловском месторождении представлены главным образом тяжелыми глинами и глинами, подчиненное положение занимают глины алевроитовые и песчано-алевритовые.

Гранулометрический состав тяжелых глин характеризуется (Н.К. Паффенгольц, 1960, табл. 9) содержанием глинистых фракций размером менее $0,005 \text{ мм}$ в пределах $63-79\%$ (в среднем $70,2\%$, причем преобладает тонкопелитовая фракция ($< 0,001 \text{ мм}$) - $37,2-63,0\%$ (в среднем $49,0\%$). Пылеватых фракций тяжелые глины содержат в пределах $15,0-34,4$ (в среднем $25,1\%$)

а песчаных – в пределах 0–12,0% (в среднем 4,6%), причем в пылеватых и песчаных фракциях ни одна фракция не преобладает.

Удельный вес тяжелых глин колеблется в пределах 2,49 – 2,74 (в среднем 2,58), объемный вес 1,76 – 1,86 (в среднем 1,81), а объемный вес скелета 1,37 – 1,48 (в среднем 1,4). Пористость достигает 44,98 – 45,98% (в среднем 45,33%), коэффициент пористости соответственно составляет 0,817 – 0,851 (в среднем 0,829). Естественная влажность породы колеблется в границах 26,1 – 34,2% (в среднем 29,07%), гигроскопическая влажность – в пределах 1,5 – 6,0% (в среднем 4,07%). Относительная влажность равна 0,84 – 1,0 (в среднем 0,9).

Определение форм консистенции и пластичности тяжелых глин установило, что предел текучести тяжелых глин варьирует в пределах 44,0 – 64,0% (в среднем 55%), предел пластичности – в пределах 23,0 – 35,0% (в среднем 30,5), а число пластичности колеблется в пределах 21 – 29% (в среднем 24,5%), что указывает на довольно высокую пластичность этих глин. Показатель уплотненности тяжелых глин равен 0,61 – 1,05 (в среднем 0,82), что указывает на сравнительно высокую плотность и на ее пластичное состояние, близкое к переходу в полутвердое, а также полутвердому.

Показатель консистенции тяжелых глин V колеблется в пределах от $-0,24$ до $+0,24$ (в среднем $-0,29$), что указывает на консистенцию твердую и пластичную. Показатель пластичности этих глин колеблется в пределах 0,29 – 0,44 (в среднем 0,36), показатель гидрофильности в пределах 0,60 – 0,97 (в среднем 0,78), что говорит о практической негидрофильности породы. Максимальная молекулярная влагоемкость, определенная на одном образце, составила 24,18%, а коэффициент набухания 80,64%.

Сопротивление сдвигу, проведенное на одном образце под водой характеризуется углом внутреннего трения $23^{\circ}22'$, коэффициентом внутреннего трения $\tan \varphi = 0,432$ и сцеплением $C = 0,540 \text{ кг/см}^2$.

Данные по испытаниям двух образцов тяжелых глин на компрессию при замачивании водой показали, что тяжелые глины являются породой среднесжимаемой и слабосжимаемой.

При испытании на размокание образцы (4 образца) при длительности опыта больше 1 суток не размокали. Форму не изменили.

Глины содержат глинистых фракций в пределах 40,3 – 55,3% (в среднем 48,4%), причем преобладает тонкопелитовая фракция – 22,7 – 42,1% (в среднем 32,7%), пылеватых – 18,4 – 51,8% (в среднем 41,9%) и песчаных 3,2 – 26,4% (в среднем 9,6%). Среди пылеватых фракций ни одна фракция не преобладает, а среди песчаных преобладает тонкозернистая (0,1 – 0,05 мм) – 0,0 – 24,16% (в среднем 6,6%).

Типичные образцы глин алевроитовых и песчано-алевритовых содержат глинистых фракций размером менее 0,005 мм соответственно 25,71% и 22,0%, причем преобладает тонкопелитовая фракция ($< 0,001$ мм) соответственно 14,28 и 16,0%. Пылеватых фракций (0,05 – 0,005 мм) алевроитовая глина содержит 52,98% (преобладает крупная пыль – 40,97%), а песчано-алевритовая глина – 39,0% (преобладает крупная пыль – 35,0%). Песчаник фракций (0,5 – 0,05 мм) алевроитовая глина содержит 21,31% (преобладают тонкие частицы – 20,14%), песчано-алевритовая глина – 39,0% (преобладают тонкие частицы – 36,0%).

Показатель консистенции В алевроитовой глины равен 0,21, песчано-алевритовой – 2,08, что говорит соответственно о пластичной и текучей консистенции.

Показатели пластичности алевроитовой и песчано-алевритовой глин равны соответственно 0,43 и 0,22, а показатели гидрофильности – 1,17 и 0,86, что говорит о малой их гидрофильности.

Данные по испытаниям двух образцов песчано-алевритовых глин на компрессию дали значения коэффициента сжимаемости при нагрузке 2 – 0 кг/см² – 0,0305 и 0,015 см²/кг, при нагрузке 4 – 2 кг/см² – 0,004 и 0,009 см²/кг и при нагрузке 6 – 4 кг/см² 0,003 и 0,0055 см²/кг. Испытания на компрессию проводились при замачивании водой с начала опыта. Таким образом, песчано-алевритовые глины являются породами среднесжимаемыми и слабосжимаемыми.

б) Характеристика отложений бат-келловей

Эти отложения имеют более широкое распространение, чем отложения бат-байоса (см. гл. III). Отложения бат-келловей в Белгородском районе литологически разделяются на две части. Нижняя часть толщи состоит из переслаивания глин с песками и 1 – 2 метровыми линзами известняков и песчаников. Верхняя часть состоит из тонкозернистых часто глинистых пес-

ков с растительными остатками и мелкими прослоями угля. Мощность песчаных отложений бат-келловей увеличивается с юга на север.

Район Яковлевского месторождения. В этом районе песчаные породы келловей характеризуются тонкозернистым составом, но нередко содержат прослой песчаников и глин.

Пески келловей представлены (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 10) преимущественно тонкозернистыми разностями (содержание фракций размером 0,1–0,05 мм до 70%), глинистыми (фракций менее 0,005 мм – около 6%).

Среднее значение удельного веса песков – 2,71, а объемного веса 1,28. Пористость варьирует в пределах 39–44% (в среднем 41,9%), полная влагоемкость в пределах 37,8–57,0% (в среднем 46,0%). Максимальная молекулярная влагоемкость колеблется в пределах 7,5–19,3% (в среднем 12%). Угол естественного откоса песков в воздушно-сухом состоянии равен $35^{\circ}30'$ – $36^{\circ}50'$ и под водой $18^{\circ}40'$ – $24^{\circ}40'$.

Как отмечает А.А.Саар (1957), "глинистые разновидности отложений келловей с содержанием фракций размером $< 0,005$ мм в 15–20% имеют значительное сцепление, достигающее $0,8–1,3 \text{ кг/см}^2$, величина угла внутреннего трения при этом достигает $25^{\circ}–34^{\circ}$ ".

Гранулометрический состав келловейских глин характеризуется содержанием фракций размером менее 0,005 мм в 60–70% (1960, табл. 11).

Удельный вес келловейских глин колеблется в пределах 2,64–2,68 (в среднем 2,79), объемный вес при естественной влажности составляет 1,56–2,17 (в среднем 1,99), пористость равна 58,64–67,82% (в среднем 63,46%). Естественная влажность породы составляет 20,26–25,56% (в среднем 22,18%).

Предел текучести породы колеблется в пределах 36,67–56,10% (в среднем 47,98%), предел пластичности составляет 22,69–27,42% (в среднем 25,29%), число пластичности равно 13,98–29,54% (в среднем 22,69%).

Коэффициент уплотненности келловейских глин колеблется в пределах 1,18–1,56 (в среднем 1,33), а показатель консистенции варьирует в границах от –0,12 до –1,52 (в среднем –0,65), что говорит о переуплотненности и твердом состоянии и консистенции пород. Показатель пластичности этих глин колеблется в пределах 0,23–0,49 (в среднем 0,37), а показате-

тель гидрофильности в пределах 0,61–0,94 (в среднем 0,78), что говорит о неактивности этих глин

Влажность набухания келловейских глин Яковлевского месторождения колеблется в пределах 24,11–30,34% (в среднем 27,20%), величина набухания составляет 1,00–8,75% (в среднем 4,73%).

С точки зрения размокания основная масса образцов келловейских глин длительное время не разрушается в грунтовой воде, ни в состоянии естественной влажности, ни после высушивания до воздушно-сухого состояния.

Район Михайловского месторождения. Пески бата здесь представлены четырьмя разновидностями: 1) песками мелкозернистыми и тонкозернистыми, 2) песками мелкозернистыми и тонкозернистыми, глинистыми, 3) песками разнозернистыми, 4) песками разнозернистыми, глинистыми.

Гранулометрический состав мелкозернистых и тонкозернистых песков характеризуется (Н.К. Паффенгольц, 1960, табл. 12,13) содержанием песчаных фракций в пределах 79,5–95,6% (в среднем 89,9%) для неглинистых разностей, для глинистых – 57,0–88,1% (в среднем 74,0%), причем в первом случае содержание мелкозернистых фракций (0,25–0,1 мм) колеблется в пределах 7,5–73,0% (в среднем 43,0%) и тонкозернистой (0,1–0,05 мм) – в пределах 5,8–71,5% (в среднем 35,3%), во втором случае содержание мелкозернистых фракций варьирует в пределах 2,3–48,3% (в среднем 29,2%) и тонкозернистых в пределах 8,8–62,8% (в среднем 39,7%). В обоих случаях в песчаных фракциях имеется примесь гравия (7,2 мм) в среднем 0,15 и 2,63%. Пылеватых фракций (0,05–0,005 мм) мелкозернистые и тонкозернистые пески содержат в пределах 2,9–20,5% (в среднем 9,3%), а их глинистые разности – в пределах 6,07–28,8% в среднем 16,9%). В первом случае ни одна из пылеватых фракций не преобладает, а во втором случае преобладает крупная пыль (0,05–0,01 мм) – 3,4–21,4% (в среднем 11,9%). Глинистых фракций (< 0,005 мм) мелкозернистые и тонкозернистые пески содержат в пределах 0,0–4,1% (в среднем 0,31%), а их глинистые разности – в пределах 5,04–14,2% (в среднем 9,02%), причем в обоих случаях ни одна их пелитовых фракций не преобладает.

Удельный вес мелкозернистых и тонкозернистых песков колеблется в пределах 2,64–2,67 (в среднем 2,65), а их

глинистых разностей - в пределах 2,62 - 2,66 (в среднем 2,64), причем один образец имеет значение удельного веса 2,74. Объемный вес рыхлого песка варьирует в пределах 1,21 - 1,46 (в среднем 1,36), а объемный вес плотного песка - в пределах 1,59 - 1,80 (в среднем 1,69). Для глинистых разностей объемный вес рыхлого песка составляет 1,15 - 1,32 (в среднем 1,21) а плотного песка 1,54 - 1,70 (в среднем 1,61). Действительный объемный вес мелкозернистых и тонкозернистых глинистых песков колеблется в пределах 1,86 - 1,96 (в среднем 1,92).

Пористость рыхлых мелкозернистых и тонкозернистых песков колеблется в пределах 44,9 - 54,17% (в среднем 49,19%), а плотных - в пределах 32,08 - 39,77% (в среднем 36,02%). Для глинистых разностей пористость песков в рыхлом состоянии варьирует в пределах 50,39 - 56,6% (в среднем 54,31%), а в плотном состоянии - в пределах 35,85 - 41,66% (в среднем 38,91%). Для одного образца мелкозернистого и тонкозернистого глинистого песка была получена пористость в естественном состоянии, равная 43,22%. Коэффициенты пористости, мелкозернистого и тонкозернистого, рыхлых песков колеблются в пределах 0,815 - 1,182 (в среднем 0,966), а плотных - в пределах 0,472 - 0,660 (в среднем 0,563). Для глинистых разностей коэффициенты пористости рыхлых песков колеблются в пределах 1,016 - 1,304 (в среднем 1,189), а плотных - в пределах 0,559 - 0,714 (в среднем 0,637). Уплотняемость мелкозернистых и тонкозернистых песков F варьирует в пределах 0,577 - 0,837 (в среднем 0,721), их глинистых разностей в пределах 0,714 - 1,100 (в среднем 0,885).

Естественная влажность мелкозернистого и тонкозернистого глинистого песка определена для образца и равна 26,5%. Гигроскопическая влажность мелкозернистых и тонкозернистых песков колеблется в пределах 0,14 - 0,48% (в среднем 0,23%), а их глинистых разностей в пределах 0,22 - 1,73% (в среднем 0,73%).

Полная влагоемкость мелкозернистых и тонкозернистых песков варьирует в пределах 21,54 - 28,95% (в среднем 25,58%), а у их глинистых разностей - в пределах 24,13 - 45,04% (в среднем 34,58%). Капиллярная влагоемкость песков составляет 20,17 - 31,6% (в среднем 24,34%). Водоотдача мелкозернистых и тонкозернистых песков составляет 9,2 - 12,4% (в среднем 10,5%), а коэффициент фильтрации 0,131 - 5,62 м/сутки

(в среднем $1,613 \text{ с/сутки}$). Для глинистых разностей этих песков водоотдача составляет $1,25 - 7,8\%$ (в среднем $4,76\%$), коэффициент фильтрации $0,014 - 4,94 \text{ м/сутки}$ (в среднем $0,895 \text{ м/сутки}$).

Угол естественного откоса мелкозернистых и тонкозернистых песков в сухом состоянии составляет $40 - 44^\circ$ (в среднем $41,9^\circ$), под водой $30 - 36^\circ$ (в среднем $33,8^\circ$).

Для глинистых разностей этих песков угол естественного откоса в сухом состоянии $36 - 44^\circ$ (в среднем 42°), под водой $29 - 40^\circ$ (в среднем $32,7^\circ$).

Сопротивление сдвигу, проведенное на одном образце под водой для глинистых разностей мелкозернистых и тонкозернистых песков, характеризуется углом внутреннего трения $\varphi = 27^\circ 22'$, коэффициент внутреннего трения $\tan \varphi = 0,525$ и сцеплением $C = 0,262 \text{ кг/см}^2$.

Гранулометрический состав разнородных песков характеризуется содержанием песчаных фракций в пределах $83,4 - 97,6\%$ (в среднем $91,13\%$), для неглинистых разностей, для глинистых в пределах $42,9 - 87,6\%$ (в среднем $70,75\%$), причем в обоих случаях в песчаных фракциях имеется примесь гравия ($7 - 2 \text{ мм}$) в среднем $4,39$ и $6,17\%$.

Угол естественного откоса разнородных песков в сухом состоянии составляет $36 - 44^\circ$ (в среднем $39,3^\circ$), а под водой $30 - 40^\circ$ (в среднем $33,7^\circ$). Для глинистых разностей этих песков угол естественного откоса в сухом состоянии составляет $37 - 44^\circ$ (в среднем $41,1^\circ$), а под водой $31 - 38^\circ$ (в среднем $34,4^\circ$).

Сопротивление сдвигу, проведенное на одном образце под водой разнородных песков, характеризуется углом внутреннего трения $\varphi = 41^\circ 11'$, коэффициентом внутреннего трения $\tan \varphi = 0,875$ и сцеплением $C = 0,052 \text{ кг/см}^2$.

Данные гранулометрического состава, а также показатели воднофизических и физико-механических свойств песков келловей района Михайловского месторождения КМА, исследованные для двух образцов, приведены автором в основной работе (1960, табл. 13). Пески келловей здесь представлены разнородными, глинистыми и тонкозернистыми пылеватыми разностями.

Выводы по инженерно-геологической характеристике бат-келловейских песков

На основании сравнительной характеристики песчаных отложений келловей-бата видно, что они характеризуются боль-

шой неоднородностью, как по площади их распространения, так и в пределах вертикального разреза.

Кроме того, следует отметить, что содержание глинистых фракций в песках уменьшается в северном направлении. Соответственно с этим увеличиваются величины угла естественного откоса и коэффициента фильтрации. Если на Яковлевском месторождении угол естественного откоса песков в воздушно-сухом состоянии равен $35^{\circ}30' - 36^{\circ}50'$, а под водой — $18^{\circ}40' - 24^{\circ}40'$, то в северных районах (по данным ВСЕГИНГЕО) наиболее часты значения $35 - 38^{\circ}$, а на Михайловском месторождении угол естественного откоса песков в воздушно-сухом состоянии равен $36 - 44^{\circ}$ (в среднем 41°).

Коэффициент фильтрации песков на Яковлевском месторождении равен 0,5 м/сутки (по данным кустовой откачки с использованием одной центральной и одной наблюдательной скважин), в северных районах 2,0–8 м/сутки (в трубке Спецгео), а на Михайловском месторождении коэффициент фильтрации этих песков (по данным опытных откачек) колеблется от 0,43 до 3,88 м/сутки.

Неоднородность состава келловей–батских песчаных отложений в пределах вертикального разреза является причиной того, что их свойства изменяются в довольно широких пределах. На Михайловском месторождении уплотняемость песков колеблется в пределах 0,498–1,100, а водоотдача — в пределах от 1,25 до 21,9%.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что в общем показатели инженерно–геологических свойств песчаных отложений бат–келловей, с точки зрения способности последних к осушению и устойчивости их в бортах карьеров, заметно улучшаются в направлении с юга на север. Так, например, по данным института ВСЕГИНГЕО в северных районах сухие бат–келловейские пески, выходящие на дневную поверхность, образуют устойчивые откосы в $30 - 40^{\circ}$.

в. Характеристика верхне–юрских отложений.

Характеристика глинистых отложений келловей и кимеридж–оксфорда

Осадки бат–келловей, представленные в основном песчаными отложениями, перекрыты глинистыми отложениями, относимыми по возрасту к келловей и кимеридж–оксфорду. Среди

глин встречаются прослой песков, песчаных глин и известняков. Мощность глин на Михайловском месторождении составляет 15–60–80 м.

В районе Яковлевского месторождения (в южных районах КМА) песчаные отложения бат-келловей перекрыты толщей плотных, известковистых, ~~ар~~гиллитовых глин кимеридж-оксфорда. Мощность этих глин здесь равна 40–50 м, причем она выдержана в пределах всего Белгородского района КМА. По данным Г.Н.Преображенской, в верхних горизонтах этой толщи мощностью до 10–15 м находится обильная фауна, относимая к ниже-волжскому ярусу.

Район Михайловского месторождения. В районе Михайловского месторождения келловейские глины представлены главным образом тяжелыми глинами, подчиненное положение занимают глины и песчаные глины.

Гранулометрический состав тяжелых глин характеризуется (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 14) содержанием глинистых фракций размером менее 0,005 мм в пределах 60–82% (в среднем 69,08%), причем преобладает тонкопелитовая фракция ($< 0,001$ мм) – 28–63% (в среднем 48,88%). Пылеватых фракций (0,05–0,005 мм) тяжелые глины содержат в пределах 13–38% (в среднем 26,92%), причем преобладает крупная пыль (0,05–0,01 мм) – 4–30% (в среднем 17,08%). Песчаных фракций (1–0,05 мм) тяжелые глины содержат в пределах 0,0–20,0% (в среднем 4,29%), причем ни одна из песчаных фракций не преобладает.

Удельный вес тяжелых глин колеблется в пределах 2,66 – 2,80 (в среднем 2,75), объемный вес 1,63–2,16 (в среднем 1,91), а объемный вес скелета 1,23–1,65 (в среднем 1,48). Пористость достигает 43,33–49,58% (в среднем 46,96%), коэффициент пористости соответственно составляет 0,765–0,983 (в среднем 0,885). Естественная влажность породы колеблется в границах 17,0–39,2% (в среднем 29,61%), а гигроскопическая влажность – в пределах 1,9–10,3% (в среднем 7,39%). Относительная влажность равна 0,83–1,02 (в среднем 0,96).

Определение форм консистенции и пластичности тяжелых глин установило, что предел текучести тяжелых глин варьирует в пределах 60–86% (в среднем 73,9%), предел пластичности – в пределах 28–42% (в среднем 33,03%), а число пластичности колеблется в пределах 31–52% (в среднем 40,87%).

что указывает на высокую пластичность этих глин. Показатель уплотненности тяжелых глин равен $0,86 - 1,21$ (в среднем $1,04$), что указывает на сравнительно высокую плотность породы и на ее полутвердое состояние, местами близкое к переходу в пластичное. При сравнении пределов колебания полной влажности $28,32 - 35,32\%$ (в среднем $31,74\%$) с пределами колебания влажности при нижнем пределе пластичности $28 - 42\%$ (в среднем $33,03\%$), видно, что даже при полном насыщении водой (и сохранении естественной пористости) влажность породы не будет превышать прежний предел пластичности и порода будет оставаться в твердом состоянии.

Показатель консистенции тяжелых глин $В$ колеблется в пределах от $- 0,79$ до $0,15$ (в среднем $- 0,1$), что указывает на консистенцию твердую и полутвердую, близкую к пластичности. Показатель пластичности этих глин колеблется в пределах $0,41 - 0,75$ (в среднем $0,59$), а показатель гидрофильности — в пределах $0,78 - 1,33$ (в среднем $1,07$), что говорит о практической негидрофильности породы.

С точки зрения размокания все изученные образцы (19 образцов) в грунтовой воде не размокают, форму не изменяют (длительность опыта больше 1 суток).

Данные по испытаниям 15 образцов тяжелых глин на компрессию дают значения коэффициента сжимаемости при нагрузке $2 - 0 \text{ кг/см}^2$ в пределах $0,0000 - 0,0170 \text{ см}^2/\text{кг}$ (в среднем $0,0032 \text{ см}^2/\text{кг}$), при нагрузке $4 - 2 \text{ кг/см}^2$ в пределах $0,0000 - 0,0211 \text{ см}^2/\text{кг}$ (в среднем $0,0055 \text{ см}^2/\text{кг}$), и при нагрузке $6 - 4 \text{ кг/см}^2$ в пределах $0,0000 - 0,0170 \text{ см}^2/\text{кг}$ (в среднем $0,007 \text{ см}^2/\text{кг}$).

Средний коэффициент сжимаемости келловейских глин (по 15 компрессионным испытаниям) равен $0,0072 \text{ см}^2/\text{кг}$ при колебаниях от $0,0114$ до $0,005 \text{ см}^2/\text{кг}$. Таким образом, тяжелые глины являются породой средне и слабо сжимаемой. Испытания на компрессию производились при замачивании водой с начала опыта (когда с приложением бытового давления).

Данные по испытаниям 23 образцов тяжелых глин на их сопротивление сдвигу (при замачивании водой с начала опыта и под водой) характеризуются значения угла внутреннего трения { в пределах $2^\circ 52' - 40^\circ 59'$ (в среднем $18^\circ 00'$), коэффициент внутреннего трения } в пределах $0,050 - 0,869$ и сцеплением C в пределах $0,300 - 1,499$ (в среднем

0,719). Такие колебания значений угла и коэффициента внутреннего трения, а также сцепления, по-видимому, объясняются случайным попаданием под срез прослоек песков и алевроитов или многочисленных ракушек различных размеров.

Келловейские глины в районе Михайловского месторождения имеют выдержанные как по простиранию, так и по глубине физико-механические свойства. В верхнем 5–6 метровом интервале келловейские глины совершенно не реагируют с HCl. Карбонатность остальной нижней части этих глин обусловлена наличием в ее толще богатой морской макро- и микрофауны и кальция. Реже среди глин отмечаются маломощные линзы известняков и еще реже линзы сидеритовых песчаников и прослойки песков. В более песчаном нижнем интервале имеются тонкие (до долей миллиметра) прослойки алевроитов.

В северных районах и, в частности, в районе г.Кромы келловейские глины выходят на дневную поверхность. Они представлены сильно выветрелыми, трещиноватыми глинами голубовато-серого цвета, с бурыми налетами ожелезнения, с включением известковой фауны. Склоны речных долин и оврагов, сложенные этими глинами, носят на себе отчетливый характер оползневых явлений. Изученные глины относятся к высокопластичным породам. Число пластичности глин района г.Кромы составляет 36–44. Выходящие на дневную поверхность глины района г.Кромы имеют наименьший показатель уплотненности, равный 0,71–0,79, наибольшую пористость $\rho = 49–51\%$ и влажность $W = 35–36\%$. Эти глины имеют пластичную консистенцию. Их показатель консистенции B равен 0,19–0,23.

Ввиду малой глубины залегания и активного выветривания глины района г.Кромы обладают наименьшей механической прочностью по сравнению с рассмотренными ранее глинистыми отложениями девона и юры, повышенной размокаемостью и объемной усадкой.

В воде образцы этих глин распадаются по трещинам на размокаемые отдельности. Объем их при набухании увеличивается на 14%, с возрастанием влажности на 14–22%, а объемная усадка составляет 16–17%.

Район Яковлевского месторождения. В районе Яковлевского месторождения глины кимеридж-оксфорда представлены главным образом тяжелыми глинами.

Гранулометрический состав тяжелых глин характеризуется

(Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 16) содержанием фракций размером менее 0,005 мм в 60–70%. Удельный вес этих глин составляет 2,69–2,77, объемный вес 1,98–2,28, а объемный вес скелета 1,66–1,34. Пористость глин кимеридж–оксфорда колеблется в пределах 29–40%, коэффициент пористости соответственно составляет 0,408–0,667, а естественная влажность этих глин 16,0–24% (в среднем 22,1%). Изученные глины относятся к высокопластичным породам. Их число пластичности равно 21–41%, верхний предел пластичности колеблется в пределах 41–65% (в среднем 42%), а нижний – в пределах 20–29% (в среднем 24,57%). Глины кимеридж–оксфорда мощностью 20–50 м весьма плотные. Консистенция их твердая (0,27–0,41), редко пластичная. Отдельные разновидности этих глин сильно набухают. Их объемное набухание колеблется в пределах 0,20–22,0%, а весовое набухание составляет 0,71–13%.

Гигроскопическая влажность глин кимеридж–оксфорда составляет 1,76–13,71%, а максимальная молекулярная влагоемкость 6,4–24,74%. Показатель уплотненности этих глин составляет 1,10–1,41, что говорит о переуплотненном состоянии породы. Показатель их консистенции колеблется в пределах от – 0,03 до 1,55 (в среднем – 0,89), что говорит о твердой консистенции породы. Показатель пластичности этих глин колеблется в пределах 0,20–0,71, а показатель гидрофильности – в пределах 0,57–1,33, что говорит о практической негидрофильности породы. Коэффициент фильтрации тяжелых глин равен 0,000004–0,00006 м/сутки.

С точки зрения размокания основная масса образцов глин кимеридж–оксфорда длительное время не разрушается в грунтовой воде ни в состоянии естественной влажности, ни после высушивания до воздушно–сухого состояния.

Сопротивление сдвигу глин характеризуется пределами колебания коэффициента внутреннего трения $\left\{ \begin{array}{l} \text{в пределах} \\ 0,187–1,570, \text{ углов внутреннего трения} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{в пределах} \\ 10^{\circ}36'–29^{\circ}42' \end{array} \right.$ и сцеплением в пределах – 0,744–4,875.

Сопротивление раздавливанию этих глин составляет 1–20 кг/см², сопротивление разрыву 3–8,6 кг/см², карбонатность – 1,5–23%.

Другие районы КМА (Льговский и Жигаевский участки, Северные районы). Результаты определений инженерно–геологических свойств келловейских глин в других районах КМА при-

ведены в нашей основной работе (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 17).

В северных районах типичный образец пылеватых глин характеризуется следующим гранулометрическим составом: содержание глинистой фракции ($< 0,005\text{ мм}$) – 13%, пылеватой ($0,05 - 0,005\text{ мм}$) – 76% песчаной ($0,25 - 0,05\text{ мм}$) – 11%. Объемный вес равен 2,03, удельный вес – 2,72. Число пластичности пылеватых глин 19%, верхний предел пластичности 38%, нижний предел пластичности 19%. Естественная влажность этих глин равна 31,6%. Полная влажность – 28,0%, $K = 1,13$.

Показатель уплотненности глин составляет 0,52, консистенции $B = 0,66$. Показатели пластичности и гидрофильности равны соответственно 1,46 и 2,92.

На Льговском участке отложения келловая представлены глинами и песчаными глинами. Типичный образец песчаной глины характеризуется следующим гранулометрическим составом: содержание глинистой фракции ($< 0,005\text{ мм}$) – 21,3%, пылеватой ($0,05 - 0,005\text{ мм}$) – 29%, песчаной ($0,25 - 0,05\text{ мм}$) – 47%, песчаной ($> 0,25\text{ мм}$) – 2,7%. Два образца глин имеют следующий гранулометрический состав: содержание глинистой фракции 41,6% и 52,8%, пылеватой – 15,6 – 44,8%, песчаной ($0,25 - 0,05\text{ мм}$) – 42,5% и 2,2%, песчаной ($> 0,25\text{ мм}$) – 0,3 и 0,2%. По всем образцам на Льговском участке содержание глинистых фракций колеблется в пределах 20 – 80%. Объемный вес песчаной глины равен 2,06, глины – 2,09. Удельный вес песчаной глины составляет 2,74, глины – 2,71. Пористость песчаной глины равна 34%, а естественная влажность 14%. У глин пористость составляет 25,3%, естественная влажность – 19,3%. Глины песчаные имеют число пластичности 18%, верхний и нижний пределы пластичности соответственно равны 32,2 и 14,2%. У двух образцов глин число пластичности равны 32,6 и 12,2%, верхние пределы пластичности равны 49,8 и 28,2%, а нижние пределы пластичности 17,2% и 16%. По всем образцам на Льговском участке наблюдается большая разбросанность величины числа пластичности, которая колеблется в пределах от 10 до 60.

Показатель уплотненности глин составляет 0,74 – 0,91, а консистенции $B = -0,01$ и 0,06. Полная влажность равна 20,1 $K = 0,96$.

Показатели пластичности и гидрофильности равны соответственно 0,85 – 0,78 – 0,23 и 1,51 – 1,20 – 0,53.

Таблица 6

Физико-механические свойства типичных образцов юрских глинистых пород (коллоид, киммеридж, оксфорд)
всей территории КМА (по месторождениям и районам)

Составил Н.К.Паффенгольц

Место взятия	Название породы	Геологический индекс	Гранулометрический состав, %				Объемный вес г/см ³	Удельный вес г/см ³	Пористость, %	Естественная влажность, %	Пределы пластичности		Число пластичности	Угол внутреннего трения	Сцепление, кг/см ²	Временное сопротивление сжатию кг/см ²	Полная влажность	Относительная влажность	Показатель уплотненности	Показатель коэффициента системности	Показатель пластичности	Показатель гидрофильности
			Фракции, мм								верхний	нижний										
			> 0,25	0,25 - 0,05	0,05 - 0,005	< 0,005																
Яковлевское месторождение	Глина	J ₃ ^{км-ок}	0,6	1,6	44	53,8	2,08	2,73	38	23	50	22,1	27,9	-	-	14,7	22,4	1,03	0,987	0,03	0,52	0,83
То же.....	Глина тяжелая	.	-	1	22	77	2,01	2,77	41,5	23,6	58,8	26,6	32,2	-	-	17,2	25,6	0,82	1,032	-0,08	0,42	0,77
Львовский участок	Глина песчаная	J ₃ ^к	2,7	47	28	21,3	2,06	2,74	34	14	32,2	14,2	18	-	-	-	18,8	0,74	0,745	-0,01	0,85	1,51
То же	Глина	.	0,3	42,5	15,6	41,6	2,08	2,71	35,3	19,3	49,8	17,2	32,6	-	-	-	20,1	0,96	0,908	0,06	0,78	1,20
То же	-	.	0,2	2,2	44,8	52,8	-	-	-	-	28,2	16	12,2	-	-	-	-	-	-	-	0,23	0,53
Жигалевский участок	Глина	.	-	5	58	37	-	-	-	-	75	33	42	-	-	-	-	-	-	-	1,13	2,03
То же	Глина песчаная	.	48	8	23	21	-	-	-	-	35	18	17	-	-	-	-	-	-	-	0,81	1,67
Михайловское месторождение	Глина тяжелая	.	-	-	22	77	1,91	2,77	46,5	29,7	81	31	50	-	-	-	31,4	0,95	0,963	-0,03	0,65	1,06
То же	Глина тяжелая	.	2	-	33	65	1,91	2,78	49,1	34,8	66	33	33	36°25'	0,481	-	34,6	1,00	0,952	0,05	0,51	1,02
То же	Глина	.	1	5	37	57	2,00	2,78	44,6	29,8	61	31	30	22°5'	0,690	-	28,0	1,02	1,068	-0,06	0,53	1,07
Северные районы	Глина пылеватая	.	-	11	76	13	2,03	2,72	43,3	31,6	38	19	19	-	-	-	28,0	1,13	0,522	0,66	1,46	2,92

Сравнительная характеристика инженерно-геологических свойств глинистых пород келловей и кимеридж-оксфорда всей территории КМА приведена в табл. 6.

Выводы по инженерно-геологической характеристике келловейских и кимеридж-оксфордских глин

Юрские глины келловей и кимеридж-оксфорда в соответствии с условиями и глубиной их залегания и отчасти возрастом находятся на разных стадиях формирования, что соответственно отразилось на физическом состоянии и свойствах особенно на их пористости, влажности, объемном весе и показателе уплотненности. Таблицы и график показывают, что келловейские глины Михайловского месторождения у г. Кромы имеют пористость, колеблющуюся в пределах 43,29–50,55%, влажность 17,0–39,2%. Их объемный вес варьирует в пределах 1,63–2,16, а показатель уплотненности в пределах 0,74–1,21%. Глины же кимеридж-оксфорда на Яковлевском месторождении (глубина залегания 350–400 м) имеют невысокую пористость, колеблющуюся в пределах 29–40% и влажность 14,6–28%. Объемный вес этих глин составляет 1,98–2,28, показатель уплотненности 1,57–2,14. Большая плотность глин кимеридж-оксфорда Яковлевского месторождения подтверждается их величиной временного сопротивления сжатию, равной 10,7–94 кг/см².

Характеристика нижневолжских отложений

Разрез юрских отложений завершается толщей песчано-глинистых отложений нижневолжского яруса. Они имеют распространение по всей территории КМА, за исключением ее северо-западных районов. Для нижневолжских отложений характерна большая пестрота литологического состава, выражающаяся в чередовании и в частом фациальном переходе глин, песков и песчаников. Исключением в этом отношении является район Яковлевского месторождения, где нижневолжские отложения представлены в основном крепкими песчаниками.

В районе Яковлевского месторождения КМА нижневолжские песчаники занимают площадь около 1700 км². Они часто включают прослойки глин и песков. Их мощность составляет 30–45 м.

В районах Лебединского и Коробковского месторождений КМА наибольшее распространение получили переслаивающиеся глинистые пески и песчаные глины.

Суммарная мощность юрских осадков в пределах Белгородского района КМА составляет 170–200 м, а в пределах Старо-Оскольского района мощность отложений юры не превышает обычно 40–70 м.

Район Лебединского месторождения. В районе Лебединского месторождения нижневолжские отложения представлены главным образом глинистыми песками и песчаными глинами, подчиненное положение занимают глины.

В основной работе автора (Н.К.Паффенгольц, 1960), в табл. 15, сведены все данные по химическому составу нижневолжских песчано-глинистых отложений (всей породы и ее глинистой фации) для уточнения их состава.

Малая величина соотношения $SiO_2 : R_2O_3$, составляющая 1,39 – 1,74% (в среднем 1,62%), указывает на отсутствие в составе глинистой фракции породы активных глинистых минералов.

Нижневолжские песчано-глинистые отложения характеризуются невысоким содержанием воднорастворимых солей (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 19). Величина сухого остатка составляет 72,0–477,6 (в среднем 168,6) мг на 100 г грунта.

Преобладание среди растворенных ингредиентов катионов кальция обуславливает насыщение ими поглощающего комплекса породы.

Количество кальция, входящего в состав карбонатов, по данным анализов солянокислых вытяжек в нижневолжских песчано-глинистых отложениях колеблется в пределах 168,3–333,7 (в среднем 221,8) мг на 100 г абсолютно сухого грунта (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 20). Общее содержание карбонатов кальция в породе составляет 0,35–0,70% от веса грунта. Содержание гипса составляет 0,122%.

Гранулометрический состав глинистых песков характеризуется (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 21) содержанием песчаных фракций (1–0,05 мм) в пределах 57,3–84,5% (в среднем 70,26%), причем преобладает тонкозернистая фракция (0,10–0,05 мм) – 2,1–71,9% (в среднем 40,76%) и мелкозернистая (0,25–0,10 мм) – 2,6–58,1% (в среднем 24,85%).

Пылеватых фракций (0,05–0,005 мм) глинистые пески содержат в пределах 6,9–28,0% (в среднем 17,81%), причем преобладает крупная пыль (0,05–0,01 мм) – 4,9–21,2% (в среднем 13,54%). Глинистых фракций (< 0,005 мм) пески глинистые содержат в пределах 8,2 – 14,7% (в среднем 11,94%).

Удельный вес глинистых песков колеблется в пределах 2,64–2,69 (в среднем 2,67), объемный вес – в пределах 1,94–2,08 (в среднем 1,98), а объемный вес скелета – в пределах 1,53–1,78 (в среднем 1,60).

Пористость глинистых песков колеблется в пределах 33,0–42,8% (в среднем 40,2%), а коэффициент пористости – в пределах 0,492–0,748 (в среднем 0,672).

Естественная влажность породы колеблется в границах 16,1–28,4% (в среднем 24,05%), гигроскопическая влажность составляет 1,06–3,70% (в среднем 2,21%), а максимальная молекулярная влагоемкость равна 14,2% (1 образец). Относительная влажность равна 0,87–1,10 (в среднем 0,95).

Определение форм консистенции и пластичности глинистых песков установило, что предел текучести глинистых песков колеблется от 30,3 до 38,6% (в среднем 33,2%), предел пластичности 15,5–26,8% (в среднем 22,0%), а число пластичности составляет 6,1–22,1% (в среднем 11,2).

Число пластичности у глинистых песков и песчаных глин не всегда увязывается с гранулометрическим составом породы. Наблюдаемое, у некоторой части образца, расхождение гранулометрического состава породы и его числа пластичности можно объяснить сложным минеральным составом породы, в частности ее мелкозема, и влиянием различных компонентов (главным образом Са и SO_4) входящих в состав поровой воды.

Показатель уплотненности глинистых песков равен 0,35 – 1,27 (в среднем 0,70), что указывает на их пластичное в основном состояние. Полная влажность колеблется в пределах 18,5–28,0% (в среднем 25,3%), почти не отличаясь от естественной влажности. Обе влажности превышают предел пластичности, что говорит о пластичном состоянии породы.

Показатель консистенции глинистых песков V колеблется в пределах от – 0,49 до 0,57 (в среднем 0,19), что указывает на их пластичную в основном консистенцию. Показатель пластичности породы варьирует в пределах 0,63–1,89 (в сред-

нем 0,94), а показатель гидрофильности – в пределах 2,18 – 3,80 (в среднем 2,85), что говорит о нормальной способности минералов, образующих глинистую фракцию, связывать воду в пределах пластичного состояния породы и очень большой гидрофильности минералов при верхнем пределе пластичности.

Данные по испытаниям 6 образцов глинистых песков ненарушенной структуры и одного образца нарушенной структуры на их сопротивление сдвигу дали следующие результаты. Угол внутреннего трения у образцов ненарушенной структуры равен $21^{\circ}51'$, $24^{\circ}20'$, $24^{\circ}20'$, $28^{\circ}50'$, $43^{\circ}32'$, $43^{\circ}40'$, а коэффициенты внутреннего трения соответственно составили 0,400, 0,450, 0,450, 0,550, 0,950, 0,950. Величины сцепления "С" составляют 1,150, 0,750, 0,700, 0,550, 0,250, 0,500. У образца нарушенной структуры угол внутреннего трения φ равен $38^{\circ}40'$, коэффициент внутреннего трения μ – 0,800, а сцепление $C = 0,350$.

Макроскопическое изучение нижеволжских песчано-глинистых отложений показало, что они обладают относительно уплотненной структурой, деформирующейся с характерным хрупким разрывом, что несомненно обусловлено наличием у породы хорошо выраженных структурных связей коллоидно-кристаллизационного характера.

Относительно высокая прочность описываемых пород в естественном залегании подтверждается и многочисленными опытами на задавливание конуса с углом заострения 30° . Опыты показывают, что для погружения конуса на глубину 10 мм в образцы песчаных глин ненарушенной структуры необходимо приложить на конце нагрузку от 2,0 кг до 5 кг. При проведении параллельных исследований этой же породы, но с нарушенной структурой (перемятых), при той же влажности и пористости, выяснилось, что значения этих нагрузок уменьшаются, составляя 1,0 – 3,4 кг. Такое уменьшение прочности образцов породы при нарушении ее структуры можно объяснить разрушением внутренних структурных связей, главным образом кристаллизационного типа.

В состоянии естественной структуры образцы нижеволжских отложений района Лебединского месторождения почти не набухают. Только у образцов глин, обладающих повышенным высокодисперсным составом, величина набухания достигает 2,3 – 10,4%. При нарушенной структуре величина набухания этих

глин достигает 17,8%. У песчаных же глин в состоянии естественной структуры величина набухания образцов составляет только 0,1 – 0,8%, что, по-видимому, связано с набуханием тонкой поверхностной пленки грунта, разрушающейся при его обработке перед закладкой в прибор. При нарушенной структуре песчаных глин, но сохраняющих природную влажность и пористость, величина набухания немного увеличивается и составляет 1,6 – 5,5%.

В основной работе автора (1961) далее приводятся результаты испытания пород на размокание, на фильтрацию, сопротивление сдвигу, пластичность и др.

Обобщая результаты испытаний отложений нижеволжского яруса района Лебединского месторождения на их сопротивление сдвигу, можно сказать, что эти породы в условиях природного залегания находятся в твердой и полутвердой консистенции, имеют плотное сложение. Имеющие место большие колебания величин параметров сопротивления сдвигу, объясняются, по-видимому, сложным качественным составом породы – случайным попаданием под срез песчано-алевритовых прослоек, обугленной древесины и остатков фауны.

Данные испытаний нижеволжских отложений на компрессию подтверждают прочное состояние и плотное сложение породы в условиях природного залегания, что является признаком практической несжимаемости.

Обобщение компрессионных испытаний образцов породы ненарушенной структуры, взятых из различных скважин и на различных глубинах, показывает, что сравнительно крутой перепад кривой сжатия $\epsilon = f(P)$ наблюдается для начальных ступеней нагрузок, обычно не превышающих $2-3 \text{ кг/см}^2$, что немного меньше бытового давления ($9-12 \text{ кг/см}^2$) по данным отчета института "Фундаментпроект". При давлениях, превышающих $2-3 \text{ кг/см}^2$, сжимаемость образца резко снижается и коэффициенты сжимаемости "а" не превышают $0,005 \text{ см}^2/\text{кг}$, что говорит о практической несжимаемости породы.

Яковлевское месторождение. В районе Яковлевского месторождения КМА отложения нижеволжского яруса представлены главным образом песчаниками, которые в южных частях этого района фациально замещаются толщей глин (см. гл. III).

Песчаники содержат прослой песков и глин, имея общую мощность от 29 до 58 м. Они представляют собой крепкую по-

роду у которой величина временного сопротивления сжатию составляет 377 – 530 кг/см². Объемный вес песчаников колеблется в пределах 2,07 – 2,49. Волжские песчаники имеют незначительную трещиноватость, р чем говорит их малая водообильность и отсутствие поглощения глинистого раствора при бурении. Наряду с крепкими песчаниками иногда встречаются и их слабо сцементированные разновидности, которые при соприкосновении с водой быстро размокают.

Гранулометрический состав нижеволжских глин показывает (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл.22), что содержание глинистых фракций ($< 0,005$ мм) породы колеблется в пределах 23,4 – 56,1%, пылеватых (0,05 – 0,005 мм) в пределах 41,2 – 43% и песчаных (0,25 – 0,05 мм) в пределах 2,7 – 33,6%. Объемный вес породы колеблется в пределах 1,99 – 2,15, объемный вес скелета грунта – в пределах 1,65 – 1,80, удельный вес составляет 2,67 – 2,76.

Естественная влажность равна 17,8 – 26,76%, а гигроскопическая влажность 3,9 – 4,34%. Пористость составляет 34 – 40,2%, коэффициент пористости 0,517 – 0,675. Определение форм консистенции и пластичности глин установило, что их предел текучести варьирует в пределах 49,7 – 53,69 %, предел пластичности 24,73 – 35,74%, число пластичности колеблется в пределах 17,95 – 24,97%. Консистенция этих же глин твердая, реже пластичная, равна 0,17 – 0,50. Показатель уплотненности глин колеблется в пределах 1,01 – 1,24, что говорит о переуплотненном состоянии породы. Максимальная молекулярная влагоемкость глин составляет 10,56 – 22,85%. Показатель пластичности глины колеблется в пределах 0,43 – 0,53, а показатель гидрофильности – в пределах 0,86 – 0,94, что говорит о практической негидрофильности породы. Сопротивление разрыву этих глин составляет 7,59 – 10,56 кг/см², а раздавливанию – превышает 20 кг/см², что говорит о прочном сложении породы в естественном залегании. Сопротивление сдвигу характеризуется углом внутреннего трения $\varphi = 20^{\circ}30'$ и сцеплением 0,744 кг/см².

С точки зрения размокания образцы нижеволжских глин в состоянии естественного сложения, в форме кубиков, погруженные в воду, не размокали на протяжении всего опыта (до 9 суток).

Другие районы КМА. (Волотовский, Ястребовский, Тим –

Панковский участки, Восточный и Северные районы). В районах Ястребовского, Волотовского и Тим-Панковского участков нижневолжские глинистые отложения представлены глинами, глинами песчаными и пылеватыми и тяжелыми глинами, в которых содержание глинистых частиц доходит до 60–70%.

Результаты определения инженерно-геологических свойств нижневолжских глин в других районах КМА приведены автором в основной работе (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл.23).

На Ястребовском участке образец глины характеризуется содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в количестве 46,7%, пылеватой ($0,05 - 0,005$ мм) – 51,6%, песчаной ($0,25 - 0,05$ мм) – 0,9%, песчаной ($> 0,25$) – 0,8%. Число пластичности равно 17,1%, а верхний и нижний пределы пластичности соответственно равны 39,5% и 22,4%. Глина пылеватая характеризуется содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в количестве 26,4%, пылеватой ($0,05 - 0,005$ мм) – 66,9%, песчаной ($0,25 - 0,05$ мм) – 13,22%, песчаной ($> 0,25$ мм) – 0,5%. Число пластичности равно 4,7%, а верхний и нижний пределы пластичности соответственно равны 23,9% и 19,2%. Показатели пластичности и гидрофильности соответственно 0,37–0,18 и 0,85–0,90.

На Волотовском участке образец глины характеризуется содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в количестве 59,8%, пылеватой ($0,05 - 0,005$ мм) – 19,9%, песчаной ($0,25 - 0,05$ мм) – 5,7%, песчаной ($> 0,25$ мм) – 14,6%. Пористость 33,9%, Число пластичности равно 24,4, а верхний и нижний пределы пластичности соответственно 49,3% и 24,9%. Полная влажность 18,70, $K = 0,91$.

Показатель уплотненности глин составляет 1,26, показатель консистенции $B = -0,32$, Показатели пластичности и гидрофильности соответственно 0,56–0,41 и 1,54–0,83.

Глина песчаная характеризуется содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в количестве 15,6%, пылеватой фракции ($0,05 - 0,005$ мм) – 13,3%, песчаной ($0,25 - 0,05$ мм) – 70,8%, песчаной ($> 0,25$ мм) – 0,3%. Объемный вес этой глины 1,93, удельный вес 2,63, пористость и влажность соответственно 38,2% и 16,6%. Число пластичности песчаной глины 15,5%, верхний и нижний пределы пластичности соответственно 33,3% и 17,8%. Полная влажность 23,1%, $K = 0,72$.

Показатель уплотненности глин составляет 0,66; 0,22, 0,28, показатель консистенции $B = -0,08$; 0,04; 0,01.

Показатели пластичности и гидрофильности равны соответственно 0,99–0,79–0,93 и 2,14–1,23–1,26.

В восточных районах образец глины характеризуется содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в количестве 42%, пылеватой ($0,05–0,005$ мм) – 34%, песчаной ($0,25–0,05$ мм) – 23%, песчаной ($> 0,25$ мм) – 1%. Число пластичности глины 27%, а верхний и нижний пределы пластичности соответственно 57% и 30%. Полная влажность равна 35,5%, $K = 0,91$.

В северных районах образец глины характеризуется содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в количестве 40%, пылеватой ($0,05–0,005$ мм) – 26%, песчаной ($0,25–0,05$ мм) – 27%, песчаной ($> 0,25$ мм) – 7%. Число пластичности глины составляет 28%, верхний и нижний пределы пластичности соответственно 47% и 19%.

Показатели пластичности и гидрофильности соответственно 0,70 и 1,18.

Сравнительная характеристика физико-механических свойств нижеволжских глин всей территории КМА приведена в табл. 7.

Выводы по инженерно-геологической характеристике нижеволжских глин

Из равнения нижеволжских глинистых отложений всех районов КМА видно, что наибольшие содержания глинистых фракций наблюдаются в глинах Яковлевского месторождения (до 60%), а также на Волотовском (59,8%) и Тим-Панковском (53,8%), участках. Эти же глины обладают и наибольшими значениями чисел пластичности, которые в Белгородском районе колеблются в пределах 17,95–24,97%, на Волотовском участке составляют 24,4% на Тим-Панковском участке – 32–50,1%. В Восточных и Северных районах глины при содержании глинистых частиц 42 и 40% имеют также большое число пластичности – 27% и 28%.

Район Лебединского месторождения характеризуется минимальным содержанием в породах глинистых частиц и наименьшими значениями числа пластичности. Здесь глинистые пески содержат глинистых частиц ($< 0,005$ мм) в пределах 8,2–14,7% (в среднем 11,94%), глины песчаные, – в пределах 15,1–28,5% (в среднем 19,16%), а изредка встречающиеся гли-

ны - в пределах 39,3–47,7% (в среднем 43,5%). Число пластичности соответственно у глинистых песков варьирует в пределах 6,1–22,1% (в среднем 11,2%), у песчаных глин в пределах 10,3–18,7% (в среднем 15,4%) и у глин в пределах 18,3–35,0% (в среднем 24,7%).

Показатель уплотненности K_d для района Лебединского месторождения у песчаных глин колеблется в пределах 0,21–0,86 (в среднем 0,53), у глин в пределах 0,66–0,70 (в среднем 0,68) и у глинистых песков в пределах 0,35–1,25 (в среднем 0,70). В Восточных районах, а также в районах Тим-Панковского и Волотовского участков показатель уплотненности близок к единице. В районе же Велгородского месторождения он варьирует в пределах 1,01–1,24.

Характеристика нижеволжских песков

Пески занимают подчиненное положение среди нижеволжских отложений, причем наиболее часто они встречаются в Восточных районах и на Тим-Панковском участке.

Результаты определения инженерно-геологических свойств нижеволжских песков приведены автором в основной работе (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл.24).

В Восточных районах два образца песка характеризуются содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в количестве 2,0% и 1,6%, пылеватой ($0,05-0,005$ мм) – 2,2% и 2,2%, мелкопесчаной ($0,25-0,05$ мм) – 31,5% и 75,5%, среднепесчаной ($0,5-0,25$ мм) – 36,2% и 21,0%, крупнопесчаной ($1-0,5$ мм) 20,4% и 0,7%, грубопесчаной (> 1 мм) – 7,7% и 0,0%. Объемный вес песков при максимальном уплотнении составляет 1,72 и 1,56, а при минимальном уплотнении – 1,54 и 1,4. Коэффициенты фильтрации при максимальном уплотнении равны 1,9 и 4,5 м/сутки, а при минимальном уплотнении – 4,2 и 7,7 м/сутки. Углы естественного откоса в сухом состоянии равны 33° и 35° , под водой – 33° и 34° .

На Тим-Панковском участке образец песка характеризуется содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в количестве 1,6%, пылеватой ($0,05-0,005$ мм) – 10,1%, мелкопесчаной ($0,25-0,05$ мм) – 75,3%, среднепесчаной ($0,5-0,25$ мм) 10,5%, крупнопесчаной ($1,05$ мм) – 2,4%.

Действительный объемный вес равен 1,94–2,22, влажность составляет 17,7%, пористость – 38,4%.

На Ястребовском участке прослой песка характеризуется содержанием пылеватой фракции ($0,05 - 0,005$ мм) в количестве 13,1%, мелкопесчаной ($0,25 - 0,05$ мм) – 7,8%, среднеспесчаной ($0,5 - 0,25$ мм) – 28,7%, крупнопесчаной ($1 - 0,5$ мм) – 11,5%, грубопесчаной (> 1 мм) – 38,9%.

На Волотовском участке прослой песка характеризуется содержанием пылеватой фракции ($0,05 - 0,005$ мм) в количестве 5,6%, мелкопесчаной ($0,25 - 0,05$ мм) – 34,7% среднеспесчаной ($0,5 - 0,25$ мм) – 29,6%, крупнопесчаной ($1 - 0,5$ мм) – 18,1, грубопесчаной (> 1 мм) – 12%.

На Лебединском месторождении прослой песка характеризуется содержанием пылеватой фракции ($0,05 - 0,005$ мм) в количестве 16,2%, мелкопесчаной ($0,25 - 0,05$ мм) – 77,2%, среднеспесчаной ($0,5 - 0,25$ мм) – 0,1%, крупнопесчаной ($1 - 0,5$ мм) – 0,2%, грубопесчаной (> 1 мм) – 6,3%.

Действительный объемный вес равен 1,94, естественная влажность составляет 26,9%, пористость – 43,6%. Коэффициент фильтрации 0,04 м/сутки.

На Яковлевском месторождении прослой глинистого песка характеризуется содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в количестве 6,0%, пылеватой ($0,05 - 0,005$ мм) – 7,0%, мелкопесчаной ($0,25 - 0,05$ мм) – 86,0% и среднеспесчаной ($0,25 - 0,05$ мм) – 1,0%.

Действительный объемный вес – 1,99, естественная влажность – 25,3%, пористость – 42%.

Характерной особенностью нижеволжских глинистых песков на Лебединском месторождениях является наличие прослоев истинных плавун. По данным исследований И.М.Горьковой, они легко разжижаются и оплывают без отделения воды. Не вызывает сомнения, что истинные плавун присутствуют и в других районах КМА в нижеволжских отложениях.

В фондовой работе автора (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл.25) приведены физико-механические свойства образцов нижеволжских песков с Коробковского месторождения, относящихся к истинным плавунам.

Как видно из анализа гранулометрического состава и физико-механических свойств нижеволжских песчано-глинистых отложений по всей территории КМА, они весьма разнообразны и непостоянны как по литологическому составу (пески, глинистые пески, песчаники, глины песчаные, глины и тяже –

лые глины), так и по инженерно-геологическим свойствам.

Некоторые методические вопросы по изучению инженерно-геологических свойств юрских глин территории КМА

Проведенные И.Г.Коробановой (1957) на образцах глин средней и верхней юры методические вопросы по выяснению влияния среды, нарушения естественной структуры и подсушивания на некоторые физико-механические свойства глин, а также влияния метода подготовки образцов при гранулометрическом анализе дали следующие результаты.

1) Предварительное подсушивание превышает агрегированность глинистой фракции и снижает выход частиц $< 0,005$ мм. При этом показатель агрегированности, по В.А.Приклонскому, составил 1,05 – 2,40.

2) Предварительное подсушивание повышает размокаемость исследованных глинистых пород.

3. Сравнение результатов гранулометрического анализа по трем методам: а) с обработкой пирофосфатом натрия с растиранием; б) с обработкой пирофосфатом натрия с кипячением; в) по методу Качинского, с предварительным удалением карбонатов – показало, что максимальный выход частиц $< 0,001$ мм дал метод подготовки образцов с пирофосфатом натрия с растиранием.

4) Изучение влияния среды на некоторые инженерно-геологические свойства изученных глинистых отложений юры дало следующие результаты:

а) децинормальная концентрация раствора $NaCl$ на инженерно-геологические свойства юрских глин не влияет,

б) насыщенный раствор $NaCl$ приводит к сжатию диффузных гидратно-ионных слоев глинистых частиц, способствует их большому агрегированию и снижает характерные глинистые свойства породы. Причем, более сильно реагируют на физико-химические – изменения среды более гидрофильные глины Михайловского месторождения и районы г.Кромы по сравнению с менее гидрофильными глинами Белгородского района. Показатель физико-химической чувствительности, по В.А.Приклонскому, составил для глин Михайловского месторождения и района г.Кромы 0,7 и для глин Белгородского района – 0,9.

Для образцов районов Михайловского месторождения и г.Кромы величина максимальной молекулярной влагоемкости снижается с 22–26% в дистиллированной воде до 19–21% в насыщенном растворе NaCl и для образцов Белгородского района с 17–21% в дистиллированной воде до 16–19% в насыщенном растворе NaCl .

В насыщенном растворе NaCl образцы глин несколько обезвоживаются за счет осмотического отсасывания из них воды. Следовательно, процессы набухания отсутствуют.

Насыщенный раствор NaCl значительно снижает сопротивление юрских глин сжатию и повышает их сжимаемость.

Величина начального сопротивления сжатию в насыщенном растворе NaCl снижается в 4,–4,5 раза, модуль осадка возрастает в 3–8 раз и средний коэффициент сжимаемости в пределах нагрузок от 1 до 3 кг/см² возрастает от 0 до 0,0044 см²/кг.

5) При выяснении влияния нарушения естественной структуры юрских глинистых отложений на их инженерно-геологические свойства установлено, что нарушение структурных связей, возникших в процессах диагенеза приводит к повышению способности породы к набуханию и размоканию и снижает ее прочность.

При нарушении естественной структуры образцов, с сохранением их естественной влажности, неразмокаемые глины Михайловского месторождения становятся размокаемыми.

Влажность набухания нарушенных образцов выше, чем ненарушенных.

Влажность набухания нарушенных образцов составляет 52% для глин района г.Кромы, 46–48% для глин Михайловского месторождения и 38–43% для глин Белгородского месторождения. Влажности набухания ненарушенных образцов соответственно составляют 40–44%, 32–41%, 21–33%.

Снижение сопротивления сдвигу при нарушении естественной структуры характеризуется коэффициентов структурной прочности на сдвиг (K_{spc}). Величины этого коэффициента составляют для глин района Белгородского месторождения 2,6 и для глин района Михайловского месторождения 1,6.

Начальное сопротивление сжатию (в условиях заливки образца водой) при нарушении естественной структуры снижается в 2,6 раза для глин района г.Кромы, в 3,8 раза для глин Михайловского месторождения и в 1,7 раза для глин Белгородско-

го месторождения, при этом модуль сжатия при 8 кг/см^2 соответственно возрастает в 1,2, 29,3 – 100,0, 8,8 раза.

Выводы по инженерно-геологическим свойствам юрских глинистых отложений

Из анализа вышеизложенного по изучению состава, состояния и свойства юрских глин можно сделать следующее заключение:

1. Основным фактором, определяющим физическое состояние, водно-физические и физико-механические свойства и, отчасти, минералогический состав тонких фракций является глубина их залегания и отчасти возраст. Влияние различной известковистости у глин на их свойства не проявляется.

2. С увеличением глубины залегания глинистых пород уменьшаются их пористость, влажность и сжимаемость; увеличивается степень уплотненности (K_d – по В.А.Приклонскому), сопротивление сжатию и сдвигу, набухаемость, а также степень раскристаллизованности тонких фракций.

3. Гидрофильность глинистых пород определяется минералогическим составом их тонких фракций. Более высокой гидрофильностью обладают глины с более высоким содержанием высокогидрофильных глинистых минералов и небольшой раскристаллизованностью тонких фракций и наоборот.

4. Формирование глинистых отложений в условиях восстановительной среды, благодаря которой возникли легкоокисляющиеся минералы, а также присутствие органического вещества и глауконита, уменьшают сопротивление породы выветриванию.

4. Характеристика меловых отложений

а. Характеристика отложений апт-неокома

Осадки апт-неокома имеют распространение на большей части территории КМА, за исключением ее юго-восточных районов. Кроме того, следует отметить, что в восточных районах отложения апт-неокома распространены в виде отдельных изолированных пятен. Отложения апт-неокома представлены главным образом глинами и песками. При этом в северных районах преобладают пески, а в южных районах (южнее линии Кромы – Малоархангельск – Волоново) преобладающее значение

имеют глины, хотя на отдельных участках (особенно в Белгородском районе) пески занимают достаточно большие площади. Мощность отложений апт-неокома в пределах Белгородского района КМА колеблется в пределах 4,0 – 46,0 м, в остальных районах она возрастает в северном направлении, изменяясь от 0 до 30 м.

Район Михайловского месторождения. В районе Михайловского месторождения отложения апт-неокома представлены главным образом песчаными глинами и глинами, починенное положение занимают глинистые пески и тяжелые глины.

Гранулометрический состав глин и песчаных глин характеризуется (Н.К. Паффенгольц, 1960, табл. 26) содержанием глинистых фракций размером менее 0,005 мм соответственно в пределах 38,0 – 55,94% (в среднем 43,36%) и 15,13 – 35,0% (в среднем 24,62%), причем в обоих случаях ни одна из пелитовых фракций не преобладает. Пылеватых фракций (0,05 – 0,005 мм) глины содержат в пределах 5,0 – 46,43% (в среднем 18,1%, а глины песчаные в пределах 7,0 – 78,7% (в среднем 26,92%), причем в обоих случаях преобладает крупная пыль (0,05 – 0,01 мм), которая в первом случае составляет 3,0 – 36,67% (в среднем 12,82%), а во втором – 3,0 – 54,82% (в среднем 18,16%). Песчаных фракций (1 – 0,05 мм) глины содержат в пределах 9,55 – 57,0% (в среднем 38,54%), причем преобладают тонкие (0,10 – 0,05 мм) и мелкие (0,25 – 0,10 мм) частицы, равные соответственно 0,0 – 57,0% (в среднем 21,34%) и 0,0 – 53,0% (в среднем 16,5%). Глины песчаные содержат песчаных фракций (2 – 0,05 мм) в пределах 6,17 – 69,0% (в среднем 48,4%), причем также преобладают тонкие и мелкие частицы, равные соответственно 0,0 – 67,0% (в среднем 34,22%) и 0,0 – 48,0% (в среднем 10,72%).

Удельный вес глин колеблется в пределах 2,67 – 2,72 (в среднем 2,69), а песчаных глин в пределах 2,36 – 2,73 (в среднем 2,67). Объемный вес глин составляет 1,94 – 2,16 (в среднем 2,07), а объемный вес скелета равен 1,63 – 1,86 (в среднем 1,72). Объемный вес песчаных глин варьирует в пределах 1,72 – 2,17 (в среднем 2,00), а объемный вес скелета в пределах 1,39 – 1,84 (в среднем 1,64). Пористость глин колеблется в пределах 33,83 – 38,15% (в среднем 36,26%), а коэффициент пористости в пределах 0,511 – 0,617 (в среднем 0,570). Пористость песчаных глин составляет 31,35 – 43,22% (в сред -

нем 36,51%), а коэффициент пористости – 0,457–0,761 (в среднем 0,681).

Естественная влажность глин колеблется в пределах 16,5–24,7% (в среднем 20–48%), а песчаных глин – в пределах 18,0–27,8% (в среднем 21,87%). Гигроскопическая влажность глин составляет 1,23–6,21 (в среднем 3,54%), максимальная молекулярная влагоемкость равна 11,0–18,85% (в среднем 15,71%). У песчаных глин гигроскопическая влажность равна 1,17–7,20% (в среднем 3,83%), а максимальная молекулярная влагоемкость составляет 10,0–17,0% (в среднем 13,31%). Относительная влажность глин составляет 0,92–1,12 (в среднем 1,0), а песчаных глин 0,88–1,18 (в среднем 0,99).

Определение форм консистенции и пластичности глин установило, что предел текучести глин колеблется в пределах 29,38–53,28% (в среднем 38,87%), предел пластичности составляет 16,0–25,7% (в среднем 19,68%), а число пластичности равно 11,25–31,28% (в среднем 19,19%). Глины песчаные имеют предел текучести равный 25,65–49,9% (в среднем 33,12%), предел пластичности составляет 14,44–30,0% (в среднем 20,49%), а число пластичности 6,0–19,9% (в среднем 12,63%). Полная влажность для глин составляет 18,79–22,84% (в среднем 21,17%) для песчаных глин равна 18,06–27,89% (в среднем 21,72%). В обоих случаях полная влажность почти равна естественной влажности, причем обе влажности немного превышают нижний предел пластичности, что говорит о пластичной форме консистенции породы.

Показатель уплотненности глин колеблется в пределах 0,79–1,15 (в среднем 0,94), а песчаных глин в пределах 0,38–1,16 (в среднем 0,76), что указывает на сравнительно высокую плотность глин и на ее пластичное состояние, близкое к переходу в полутвердое. У песчаных глин этого не наблюдается. Показатель консистенции глин V колеблется в пределах от –0,15 до 0,43 (в среднем 0,099), песчаных глин – в пределах от –0,54 до 0,71 (в среднем 0,17), что указывает на консистенцию полутвердую и пластичную. Показатель пластичности глин колеблется в пределах 0,27–0,58 (в среднем 0,44) показатель гидрофильности – в пределах 0,71–1,18 (в среднем 0,89). Показатель пластичности песчаных глин составляет 0,30–1,05 (в среднем 0,55), показатель гидрофильности равен 0,80–2,64 (в среднем 1,43). Приведенные показатели

говорят о ничтожной способности минералов, образующих глинистую фракцию глин и песчаных глин, связывать воду в пределах пластичного состояния породы и о некоторой гидрофильности песчаных глин при верхнем пределе пластичности.

Коэффициент набухания глин составляет 13,79–93,33% (в среднем 53,56%), а песчаных глин 37,99–66,67% (в среднем 50,36%).

Глины являются полностью водонепроницаемыми породами а у песчаных глин коэффициент фильтрации составляет 0,00061–0,0015 м/сутки (в среднем 0,00106), что говорит о практической водонепроницаемости породы.

Далее в работе (1960) приводятся также удовлетворительные результаты исследований на сопротивление сдвигу, на компрессию и размокание.

Один образец глины песчаной, тонкозернистой характеризуется содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в количестве 27%, причем преобладают тонкие частицы ($< 0,001$ мм) – 17%. Пылеватых фракций (0,05–0,005 мм) песчаная, тонкозернистая глина содержит 16%, причем ни одна из пылеватых фракций не преобладает. Песчаных фракций (0,26–0,05 мм) песчаная тонкозернистая глина содержит 57,0%, причем преобладает тонкозернистая фракция (0,10–0,05 мм) – 53,0%.

Гранулометрический состав одного образца тяжелой глины характеризуется содержанием глинистой фракции размером менее 0,005 мм в количестве 71,0%, причем преобладает тонкопелитовая фракция ($< 0,001$ мм) – 54,0%. Пылеватой фракции тяжелая глина содержит 27,0%, причем преобладает крупная пыль (0,05–0,01 мм), а песчаных фракций (1–0,05 мм) всего лишь 2,0%.

Удельный вес тяжелой глины составляет 2,76, объемный вес 1,98, объемный вес скелета 1,53. Пористость тяжелой глины равна 44,57%, коэффициент пористости – 0,804. Естественная влажность породы составляет 24,2 и 29,1% (два определения), гигроскопическая влажность равна 7,0%. Относительная влажность равна 0,83 и 1,0.

Средние коэффициенты фильтрации аптских и неокомских песков, по данным Льговской экспедиции, составляют 0,45 и 0,33 м/сутки, а водоотдача 8,6 и 6,21%.

Угол естественного откоса глинистых песков в сухом состоянии составляет 40,0–48,0° (в среднем 42,92°), а под водой 31,0–39,0° (в среднем 35,05°).

Полевое изучение отложений апт-неокома района Михайловского месторождения КМА показало, что пески апта в естественных обнажениях представляют довольно устойчивые породы, не размокающие в воде. Пески слабо сцементированы. Пески апта в своей водоносной части представляют слабо устойчивую породу, обладающую свойствами плавучести. При производстве ударно-вращательного бурения в зоне аптских песков нередко создаются небольшие пробки высотой до 2–3 м. Пески неокома в данном районе нигде на поверхности рельефа не обнажаются. Склоны долин рр. Черни и Речицы, сложенные отложениями неокома и покрытые делювиальными суглинками, имеют пологие углы ($15-20^{\circ}$).

Глины апта, так же как и пески, пользуются небольшим распространением. В естественном залегании под уровнем грунтовых вод эти глины представляют собой сравнительно устойчивые породы, естественная влажность которых близка к нижнему пределу пластичности. Глины неокома представляют собой толщу отложений, сложенную взаимно переходящими друг в друга мелкозернистыми глинистыми песками, песчаными глинами и глинами. На основании макроскопического изучения керн в лабораторных данных прослеживается постепенная смена песчаной верхней толщи в глинистую у подошвы. В подавляющем большинстве случаев нижние 5–10 м отложения неокома представлены глинами которые фациально почти не отличаются от залегающих под ними келловейских глин.

Район Лебединского месторождения. В районе Лебединского месторождения к отложениям апта относится темнобуровато-серая глинистая порода, которая по гранулометрическому анализу, а также по числу пластичности представляют пылеватую (алевритовую) глину.

Полное описание породы приведено в основной работе автора (Н.К. Паффенгольц, 1960, табл. 27, 28, 29).

Гранулометрический состав одного образца этой глины характеризуется содержанием глинистой фракции размером менее 0,005 мм в количестве 28,5%. Пылеватая фракция (0,05–0,005 мм) составляет 42,6%, причем преобладает крупная пыль (0,05–0,01 мм) 34,3%. Песчаная фракция (1–0,05 мм) составляет 28,9%, причем преобладают тонкие частицы (0,1–0,05 мм) 26,6%.

Удельный вес алевритовой глины составляет 2,60; объемный

вес 1,98, объемный вес скелета 1,61. Пористость этой глины равна 38,0%, коэффициент пористости – 0,619. Естественная влажность породы составляет 23,3%, гигроскопическая влажность – 2,69%, максимальная молекулярная влагоемкость 14,1%. Относительная влажность равна 0,99.

Данные химического анализа показывают, что в глине преобладает кремнезем (SiO_2) 72,51%. Количество полуторных окислов (R_2O_3) составляет 19,55%, причем резко преобладает окись алюминия (Al_2O_3) – 18,31%. Сравнительно высокое содержание гумуса (2,43%) объясняется наличием гуминовых коллоидов в составе глинистой фракции породы, которые обуславливают повышенное значение потери при прокаливании (11,54%) у глинистой фракции породы. Остальные компоненты имеют ничтожное содержание.

Определение форм консистенции и пластичности этой глины установило, что ее предел текучести составляет 35,4%, предел пластичности – 19,4%, а число пластичности равно 16,0%. По приведенному ранее гранулометрическому составу и по числу пластичности данная порода относится к тяжелым пылеватым суглинкам.

Показатель уплотненности пылеватой глины равен 0,72, а показатель консистенции В равен 0,24, что указывает на пластичное состояние и консистенцию породы. Показатель пластичности породы составляет 0,56, показатель гидрофильности 1,24, что говорит о практической негидрофильности породы.

Район Яковлевского месторождения. В районе Яковлевского месторождения отложения апт-неокома представлены тяжелыми глинами, глинами и песками. Гранулометрический состав глин и тяжелых глин характеризуется (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 30) содержанием глинистых фракций размером менее 0,005 мм в пределах 46,55–82,62%, пылеватых фракций (0,05–0,005 мм) в пределах 17,22–45,68% и песчаных фракций (0,25–0,05 мм) в пределах 0,16–7,79%.

Удельный вес колеблется в пределах 2,64–2,76, объемный вес составляет 2,06–2,28, объемный вес скелета – 1,86–1,96.

Пористость глин колеблется в пределах 28–33%, а коэффициент пористости соответственно составляет 0,383–0,419. Естественная влажность глин колеблется в пределах 16,7–19,4%, а гигроскопическая влажность равна 0,3–2,08%. Максимальная молекулярная влагоемкость породы составляет 11,21–16,77%, полная влагоемкость – 30,81%.

Определение форм консистенции и пластичности глин установило, что их предел текучести колеблется в пределах 17,7–41,8%, предел пластичности составляет 11,8–19,5%, а число пластичности равно 6–18,1%. Консистенция глины составляет 0,09–0,83.

Показатель уплотненности глин K_d варьирует в пределах 0,35–0,93, что указывает на пластичное состояние породы. Показатель пластичности глин колеблется в пределах 0,21–0,51, а показатель гидрофильности – в пределах 0,36–0,77, что указывает на практическую негидрофильность породы. Коэффициент фильтрации глин составляет 0,00002 м/сутки.

Сопротивление раздавливанию глин составляет $10,2 \text{ кг/см}^2$, а сопротивление разрыву – $0,52–1,37 \text{ кг/см}^2$. Сопротивление глин сдвигу характеризуется углами внутреннего трения $21^{\circ}21'$ и $28^{\circ}18'$, коэффициентом внутреннего трения – 0,391 и 0,537 и сцеплением C , равным $0,415–0,716 \text{ кг/см}^2$.

Данные глинистые отложения являются достаточно плотными, прочными и устойчивыми породами при соприкосновении с водой.

Пески апт-неокома в районе Белгородского месторождения представлены главным образом глинистыми разностями. Их гранулометрический состав характеризуется содержанием глинистых частиц ($< 0,005 \text{ мм}$) в количестве свыше 3–6 и до 9–22%, а среди песчаных фракций преобладают тонкозернистые ($0,10–0,05 \text{ мм}$) в количестве до 60–80%. Пески апт-неокома часто обладают слабо фильтрующими свойствами, причем некоторые разновидности этих песков обладают свойствами плывунов. Как отмечает А.А.Саар (1957), "на отдельных участках района эти пески залегают между волжскими песчаниками и песками сеноман-альба. На таких участках имеет место гидравлическая связь сеноман-альбского и волжского водоносных горизонтов".

Другие районы КМА (Восточные и северные районы, Льговский участок). Результаты определения инженерно-геологических свойств апт-неокомских глин и песков в других районах КМА приведены в фондовой работе автора (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 31 и 32).

На Льговском участке отложения апт-неокома представлены песчаными глинами и глинами.

Типичные образцы песчаных глин характеризуются содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в количестве 21,6; 19,9 и 15,5%. Пылеватая фракция ($0,05 - 0,005$ мм) составляет 15,2; 9,9 и 10,1%. Песчаная фракция ($0,25 - 0,05$ мм) содержится в количестве 4,8; 70,1 и 41,2%, а фракция ($> 0,25$ мм) составляет 15,2; 0,1; и 33,2%. Удельный вес двух образцов песчаной глины равен 2,69 – 2,7, объемный вес 2,02 и 2,16, пористость равна 30,9 и 32,4%. Естественная влажность составляет 8,8 и 18,5%. Число пластичности равно 16,5; 15,8 и 6,1%, верхний и нижний пределы пластичности соответственно составляют 31,5 – 28,7 – 14,3% и 15 – 12,9 – 8,2%.

Образец глины характеризуется содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в количестве 52,7%, пылеватой ($0,65 - 0,005$ мм) – 25,5%, песчаной ($0,25 - 0,05$ мм) – 19,2%, песчаной ($> 0,25$ мм) – 2,6%. Удельный вес породы составляет 2,73, объемный вес 2,12, естественная влажность 13,2%, пористость 31,3%. Число пластичности глины составляет 48,8%, верхний и нижний пределы пластичности соответственно равны 68,4 и 19,6%.

В Восточных районах образцы тяжелой глины, глины и глины песчаной характеризуются содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в количестве соответственно 81, 37 и 20,3%, а пылеватой ($0,05 - 0,005$ мм) – 17,0; 25,0 и 14,1%. Песчаная фракция ($0,25 - 0,05$ мм) в тяжелой глине, глине песчаной составляет соответственно 2,0; 36,0 и 65,4%, а песчаной ($> 0,25$ мм) – 1,2 и 0,2%. Число пластичности глины тяжелой 32%, верхний и нижний пределы пластичности соответственно 59% и 27%. Число пластичности глины 16%, верхний и нижний пределы пластичности 32% и 16%.

Показатели пластичности и гидрофильности равны соответственно 0,40 – 0,43 и 0,73 – 0,87.

Гранулометрический анализ трех образцов песков характеризуется содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в количестве 2,0 и 0,5%, пылеватой ($0,05 - 0,005$ мм) – 1; 1,2 и 0,2%, песчаной ($0,25 - 0,05$ мм) – 23; 98,5 и 24%, песчаной ($0,5 - 0,25$ мм) – 59; 0,3 и 25%, песчаной ($1 - 0,5$ мм) – 11; 0 и 4,3%, песчаной (> 1 мм) – 4; 0 и 46%. Коэффициент фильтрации песков в естественном состоянии составляет 1,6 и 2,7 м/сутки, при максимальном уплотнении 4,3 м/сутки, а при минимальном уплотнении 8,5 м/сутки. Углы естественного откоса песков составили 32, 34, 36, и 38°.

Физико-механические свойства типичных образцов алт-неокомских глин всей территории КМА
(по месторождениям и районам)

Составил Н.К. Паффенгольц

Место взятия образца	Название породы	Гранулометрический состав, %				Объемный вес г/см ³	Удельный вес, г/см ³	Пористость, %	Естественная влажность, %	Пределы плас - тичности, %		Число пластич - ности	Угол внутренне го трения	Сцепление, кг/см ³	Полная влаж - ность	Относительная влажность	Показатель уклад - чивости	Показатель кон - систенции	Показатель плас - тичности	Показатель гид - рофильности
		Фракции, мм								Верх - ний	нижний									
		> 0,25	0,25 - 0,05	0,05 - 0,005	< 0,005															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Яковлевское мес - торожение	Глина песчаная	-	46,1	30,8	23,1	2,17	2,64	28	14,2	17,8	11,8	6	28°18'	0,415	14,7	0,97	0,511	0,82	0,26	0,77
То же	Глина	-	7,8	45,8	46,6	2,08	2,89	31,6	13,5	26	14,8	11,4	-	-	17,2	0,78	0,775	-0,10	0,24	0,58
Восточные рай - оны	Глина тяжелая	1	2	17	81	-	-	-	-	58	27	32	-	-	-	-	-	-	0,40	0,73
То же	Глина песчаная	0,2	65,4	14,1	20,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
То же	Глина	2	36	25	37	-	-	-	-	32	16	16	-	-	-	-	-	-	0,43	0,87
Михайловское мес - торожение	Глина	-	50	9	41	2,13	-	-	16,5	34	16	18	21°40'	0,575	-	-	-	0,03	0,44	0,83
То же	Глина	-	53	8	39	2,12	2,72	33,8	17,8	33	17	16	-	-	18,8	0,85	0,888	0,06	0,41	0,85
То же	Глина песчаная	-	44	40	16	1,86	2,7	41,1	23,5	-	-	-	-	-	25,8	0,91	-	-	-	-
То же	то же	-	69	11	20	1,88	-	-	26,5	30	24	6	25°5'	0,172	-	-	-	0,42	0,30	1,50
Льговский участок	то же	15,2	4,8	15,2	21,8	2,16	2,7	32,5	18,5	31,5	15	16,5	-	-	17,8	1,04	0,827	0,21	0,76	1,46
То же	то же	0,1	70,1	9,9	19,9	2,02	2,69	30,9	8,8	28,7	12,8	15,8	-	-	16,6	0,53	0,765	-0,28	0,79	1,44
То же	Глина	2,6	18,2	25,5	52,7	2,12	2,73	31,3	13,2	68,4	19,8	48,8	-	-	16,7	0,79	1,060	-0,13	0,93	1,30
То же	Глина песчаная	33,2	41,2	10,1	15,5	-	-	-	-	14,3	8,2	6,1	-	-	-	-	-	-	0,83	0,82
Северные районы	то же	-	56	20	24	-	-	-	-	30	15	15	-	-	-	-	-	-	0,62	1,25
То же	Глина тяжелая	-	3	25	72	1,87	2,69	45,4	29,8	50	26	24	-	-	31,0	0,98	0,796	0,16	0,93	0,69

Сопоставление физико-механических свойств типичных образцов апт-неокомских глин по месторождениям и участкам территории КМА приведено на табл. 8.

Выводы по инженерно-геологической характеристике апт-неокомских песчано-глинистых отложений

Из анализа описания, таблиц и графика видно, что содержание глинистой фракции в глинистых отложениях апт-неокома Белгородского месторождения колеблется в пределах 23,55 – 82,62%, Михайловского месторождения – 15,13 – 71%, в районе Лебединского месторождения составляет 28,5%, в Льговском районе 13 – 61%, в восточных районах 20 – 81%, а в северных районах 24,72%.

Величина объемного веса глин на Михайловском месторождении колеблется в пределах 1,72 – 2,17, на Белгородском – от 2,06 до 2,28, на Льговском участке от 2,02 до 2,16.

Величина пористости глин на Михайловском месторождении варьирует в пределах от 31,4 до 44,6%, на Белгородском в пределах 28 – 38%, на Льговском участке 30,9 – 32,4%. Естественная влажность для этих же глин в районе Михайловского месторождения составляет 16,5 – 29,1%, в Белгородском районе – 13,5 – 19,4% и на Льговском участке 8,8 – 18,5%.

Число пластичности глин по Белгородскому месторождению составляет 5,9 – 18,1%, по Михайловскому 6,0 – 33,0%, по Льговскому участку 6,1 – 48,8%, а в восточных районах достигает 53%. Показатель уплотненности K_d глинистых отложений для Михайловского месторождения составляет 0,38 – 1,16, на Льговском участке 1,08, в районе Белгородского месторождения 0,35 – 0,93.

Углы внутреннего трения для глин Михайловского месторождения составляют $7^{\circ}10' - 29^{\circ}$, для Белгородского месторождения – $20^{\circ}21' - 28^{\circ}18'$. Величина сцепления для глин Михайловского месторождения $0,0 - 1,25 \text{ кг/см}^2$, для глин Белгородского месторождения $0,42 - 0,72 \text{ кг/см}^2$.

Таким образом, глинистые отложения апт-неокома весьма разнообразны как по литологическому составу, так и по инженерно-геологическим свойствам.

Все же региональные сопоставления показывают, что в южной части территории КМА (Белгородское месторождение) глинистые отложения обладают большей плотностью и меньшей влажностью, чем в северных районах КМА.

Песчаные отложения апт-неокома также весьма неоднородны по составу и свойствам, причем преобладают глинистые пески, которые по своим свойствам приближаются к песчаным глинам. Так, например, в районе Михайловского месторождения число пластичности (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл.26) колеблется в широких пределах – от 5,6% до 15,0% и не всегда увязывается с гранулометрическим составом породы, которая содержит глинистых фракций 8–16,8%, песчаных – 71,4%. Таким образом, по числу пластичности часть образцов глинистых песков может быть отнесена к песчаным глинам.

По данным отчета ВСЕГИНГЕО (1959), "глинистые пески в районах Михайловского месторождения и Льговского участка имеют наиболее часто встречающиеся содержания песчаных фракций (2–0,5 мм) в пределах 55–60%. Содержание этих фракций увеличивается в северном и восточном направлениях, где в среднем достигает 70%. Глинистые фракции ($< 0,005$ мм) на Михайловском месторождении и Льговском участке составляют до 20%, уменьшаясь к северу до 16%, а к востоку (Ястребинский участок) – до 5%. В восточных районах распространены и наиболее чистые разности песков, содержащие глинистых фракций до 1% и пылеватых фракций до 4%. Среди них доминируют фракции 0,25–0,05 мм, то есть песчаные, мелко- и тонкозернистые. Коэффициент фильтрации песков определялся на образцах с нарушенной структурой. В разрыхленном состоянии у образца из северных районов коэффициент фильтрации оказался равным – 1,5 м/сутки, а у образцов из восточных районов – 8,5 м/сутки. При максимальном уплотнении соответственно: на севере – 0,1 м/сутки и в восточных районах в пределах 0,7–4,4 м/сутки.

П л ы в у н ы

По исследованиям И.М.Горьковой (1956), среди песчано-глинистых отложений апт-неокома и нижневолжского яруса встречаются прослой истинных пливунов, которые обладают способностью разлагаться при сотрясении и оплывать без отделения воды. Характерной особенностью апт-неокомских песков, а также песчано-коллоидных пород волжского возраста в инженерно-геологическом отношении являются их пливунность.

Изученные И.М.Горьковой песчано-коллоидные породы КМА обладают целым рядом общих особенностей. Песчано-коллоид-

ные породы состоят из резко отличных по своим свойствам составных частей — инертных грубодисперсных песчаных частиц (до 88% по весу от всей породы), пылеватых частиц и физико-химически очень активных тонкодисперсных глинистых минералов, алюмо-ферри-кремне-золь и гелей, высокомолекулярных гуминовых кислот и органо-минеральных соединений.

Глинистые минералы представлены высокодисперсными глауконитом, гидрослюдами, каолинитом. Емкость поглощения тонкодисперсной части этих пород (фракция $< 10 \mu$) колеблется от 40 до 100 мг. экв. на 100 г фракции $< 10 \mu$.

В поглощающем комплексе среди поглощенных оснований преобладают кальций и магний.

Содержание гумуса во фракции $< 10 \mu$ составляет от 5 до 34%.

Изменение среды оказывает существенное влияние на физико-химические и механические свойства песчано-коллоидных пород, так как высушивание пород на воздухе вызывает ряд существенных изменений в их свойствах. Соляно-кислые вытяжки извлекают кремнезема в 5–10 раз, кальция в 2–2,5 раза, сульфатов в 2–10 раз меньше. Содержание же железа, наоборот, увеличивается примерно в два раза.

Водные вытяжки из сухих пород извлекают большее количество солей, особенно кальция и сульфат-иона.

Дисперсность песчано-коллоидных пород при высушивании на воздухе резко снижается за счет необратимого укрупнения частиц $< 10 \mu$. Это характерно для пород, содержащих коллоидно-дисперсные минералы типа глауконита, гидрослюд и наименее выражено у пород, содержащих каолинит без примеси других минералов (аптские пески КМА).

При нарушении естественной структуры песчано-коллоидных пород механическим путем предельное напряжение сдвига уменьшается до $50-8 \text{ г/см}^2$, т.е. примерно в 80–180 раз.

Временное сопротивление сжатию их в естественном состоянии от 2 до 4 кг/см^2 , а при высушивании пород без нарушения структуры на воздухе оно повышается до $5-30 \text{ кг/см}^2$.

Насыщение песчано-коллоидных пород КМА при естественной влажности водой значительно снижает, а во многих случаях и полностью уничтожает сцепление. Если механическая прочность пород с нарушенной и ненарушенной структурой отличается в 180 и более раз, то при насыщении водой это от-

личие уменьшается до 12 раз. Увеличение влажности породы выше 45–60% способствует суффозии тонких частиц.

По И.М. Горьковой (1956), песчано-коллоидные породы принимают свойства истинных плавунув, если характеризуются:

1) наличием преобладающего по весу грубообломочного инертного материала (70–88%) с присутствием сложного коллоидного комплекса – тонкодисперсных глинистых минералов, золь и гелей кремнезема, глинозема, железа, органо-минеральных соединений и высокомолекулярных полудисперсных гуминовых кислот (частиц $< 10\mu$ в количестве от 3 до 12%), "Сочетание и взаимодействие этих составляющих обуславливает характерные свойства изученных пород как истинных плавунув и позволяет именовать их органо-минеральными песчано-коллоидными породами";

2) высокой гидрофильностью органо-минерального коллоидного комплекса (емкость поглощения фракции $< 10\mu$ песчано-коллоидных пород колеблется от 36 до 190 мг/экв на 100 г вещества фракции) и его стабильностью при разбавлении водой, что облегчает переход пород в разжиженное состояние;

3) высокой подвижностью коллоидно-дисперсных минеральных образований и их тиксотропностью, причем наиболее подвижными и влажными породами являются породы, содержащие глинистые минералы типа глауконита, монтмориллонита и большое количество гуминовых кислот (эти же породы при высыхании образуют более водостойкие структуры); малым (до 50 гр/см²) предельным напряжением сдвига диспергационных структур;

4) большой прочностью естественных структур песчано-коллоидных пород по сравнению с диспергационными структурами (до 180 раз и более);

5) чувствительностью и изменчивостью поверхностных и структурных свойств к изменению среды.

6. Характеристика сеноман-альбских отложений

Отложения сеноман-альба имеют сплошное распространение в пределах всей территории КМА и представлены в основном песками.

Район Михайловского месторождения. В районе Михайловского месторождения отложения сеноман-альба представлены: песками-разнозернистыми, пылеватыми и глинистыми, граве

листыми, причем иногда присутствуют прослой чистого разнo-зернистого, гравелистого песка, 2) песками мелкозернистыми, глинистыми, 3) песками мелкозернистыми и тонкозернистыми и тонкозернистыми глинистыми.

Гранулометрический состав песков разнoзернистых, пылеватых и глинистых, гравелистых характеризуется (Н.К.Пафенгольц, 1960, табл. 33) содержанием фракций $> 0,25$ мм в пределах 15,41–59,7% (в среднем 36,93%), средне-песчаных фракций (0,5–0,25 мм) в пределах 9,7–51,0% (в среднем 30,84%), крупнопесчаных фракций в пределах 2,79–28,8% (в среднем 13,5%), грубопесчаных фракций в пределах 0,43–32,75% (в среднем 9,75%), остальные более крупные фракции имеют подчиненное значение.

Объемный вес породы колеблется в пределах 1,81–2,0 (в среднем 1,91). Удельный вес песка по данным одного определения составляет 2,72, объемный вес скелета 1,63, пористость 40,06%, коэффициент пористости 0,669. Естественная влажность породы составляет 20,9%, максимальная молекулярная влагоемкость 10,0%, полная влагоемкость 25%.

Водоотдача разнoзернистых песков колеблется в пределах 3,34–18,4% (в среднем 10,1%), коэффициент фильтрации составляет 0,01–10,02 м/сутки (в среднем 2,06 м/сутки). Угол естественного откоса песков в сухом состоянии колеблется в пределах 35,0–44,0° (в среднем 39,8°), под водой – в пределах 28,0–38,0° (в среднем 34,8°).

Прослой песка разнoзернистого, гравелистого характеризуется содержанием глинистой фракции в количестве 4%, которая состоит исключительно из тонкопелитовых частиц ($< 0,001$ мм). Пылеватой фракции прослой этого песка содержит 2,0%, которая состоит исключительно из крупной пыли (0,05–0,01 мм), а песчаная фракция составляет 94%, причем преобладает грубозернистый песок (2–1 мм) – 25% и примесь гравия, состоящая из фракций 7–3 мм в количестве 14,0% и > 7 мм в количестве 30,0%. Естественная влажность породы составляет 12,3%, гигроскопическая влажность 0,3%, а максимальная молекулярная влагоемкость – 9,0%.

Песок мелкозернистый, глинистый характеризуется содержанием фракций $< 0,25$ мм в пределах 60,0–74,61% (в среднем 66,67%), а песок мелкозернистый и тонкозернистый, глинистый в пределах 82,02–99,88% (в среднем 93,76%). На вто-

ром месте песчаная фракция 0,5–0,25 мм, составляющая у песков мелкозернистых, глинистых 14,61–32,29% (в среднем 24,31%), а у песков мелкозернистых и тонкозернистых, глинистых 0,12–16,45% (в среднем 4,05%). Остальные фракции у обоих типов песков имеют подчиненное значение, причем гравия в них в отличие от разнотернистых песков почти нет.

По данным Льговской экспедиции значения коэффициентов фильтрации для всей сеноман-альбской песчаной толши, согласно результатам опытных откачек, колеблются в пределах 0,39–1,08 м/сутки (средний коэффициент фильтрации равен 1,06 м/сутки), а по лабораторным определениям – от 0,057 до 5,07 м/сутки. Ввиду преобладания мелких фракций и небольших коэффициентов фильтрации водоотдача сеноман-альбских песков незначительна и составляет 15–18% (в среднем 8,4%).

Полевое изучение песков сеноман-альба в районе Михайловского месторождения показало, что в естественных сдвигируемых (сухих) склонах и песчаных карьерах эти отложения могут держать вертикальные стенки при высоте уступов до 3 м. Увлажненные склоны, ниже естественных выходов подземных вод, имеют весьма пологие углы, не превышающие 15–20°. При проходке опытного шурфа сеноман-альбские пески, расположенные выше уровня грунтовых вод, вели себя как более или менее устойчивые породы. Наоборот, водоносная, нижняя часть песков при проходке шурфа вела себя, как неустойчивая порода. Эту часть толши песков пришлось проходить при помощи забивной крепи с постоянным водоотливом.

Район Лебединского месторождения

а) Характеристика песков сеномана

В районе Лебединского месторождения отложения сеномана представлены песками чистыми и песками глинистыми, причем оба типа песков состоят из плотных и рыхлых разновидностей. Отложения альба – также состоят из чистых и глинистых песков.

В составе сеноманского песка преобладает (Н.К.Паффен – голц, 1960, табл. 34, 35, 36, 37) кремнезем, содержание которого колеблется в пределах 93,49–96,80% (в среднем 95,18%). Количество полутонных окислов (R_2O_3) составляет 2,10–5,11% (в среднем 3,15%), среди которых преобладает окись алюми-

ния — 1,41–3,61% (в среднем 2,29%). Содержание окислов кальция, магния и сульфатов весьма незначительно.

Пески сеномана характеризуются невысоким содержанием воднорастворимых солей. Величина сухого остатка составляет 34,3–66,0 (в среднем 49,2%) мг на 100 г. грунта. Водная вытяжка имеет слабощелочную реакцию среды ($\text{pH} = 7,2 - 7,7$, средняя величина 7,41). Общая щелочность достигает 0,35 – 0,70 (в среднем 0,46) мг/экв.

Гранулометрический состав чистого песка (плотного) характеризуется (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 37) содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в пределах 1,0–4,9% (в среднем 3,6%), пылеватой фракции (0,05–0,005 мм) в пределах 1,0–5,0% (в среднем 2,5%), причем ни одна из пылеватых фракций не преобладает. Песчаных фракций (2–0,05 мм) чистые пески (плотные) содержат в пределах 79,3–96,8% (в среднем 92,1%), причем преобладает мелкозернистая фракция (0,25–0,10 мм) — 0,6–79,4% (в среднем 41,0%) и среднезернистая (0,5–0,25 мм) — 1,6–58,0% (в среднем 37,9%). Далее идет тонкозернистая фракция (0,10–0,05 мм), достигающая 0,4–51,9% (в среднем 8,2%). Гравийных фракций (2–10 мм и более) эти пески содержат в пределах 0,0–13,2% (в среднем 1,8%).

Гранулометрический состав глинистого песка (плотного) характеризуется содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в пределах 5,0–13,4% (в среднем 6,6%), пылеватой фракции (0,05–0,005 мм) в пределах 1,5–12,5% (в среднем 3,8%), причем преобладает крупная пыль (0,05–0,01 мм) — 1,1–6,0% (в среднем 2,6%). Песчаных фракций (2–0,05 мм) глинистые пески (плотные) содержат в пределах 74,1–93,0% (в среднем 88,5%), причем также преобладают мелкозернистая фракция (0,25–0,10 мм) — 12,5–79,4% (в среднем 41,6%) и среднезернистая (0,5–0,25 мм) — 1,9–52,9% (в среднем 31,9%), далее идет тонкозернистая фракция (0,10–0,05 мм), достигающая 0,8–37,9% (в среднем 10,9%). Гравийных фракций (2–10 мм и более) эти пески содержат в пределах 0,0–12,6% (в среднем 1,1%).

В образцах сеноманских песков ненарушенной структуры признаки суффозии породы появляются (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 38) при градиентах 15–21, а всплывание песков начинается при градиентах 18–24. Соответственно скорости филь-

трации (приведенные к пористости грунта) составляют $V_n = 0,12 - 0,155$ см/сек для начала суффозии песка и $V_n = 0,27 - 0,28$ см/сек для всплывания песка.

Как подмечено нами и экспедицией института "Фундаментпроект", сравнительно небольшое количество образцов песков сеномана, взятых из различных скважин и на различных отметках, имеет несколько повышенную пористость. Их значения коэффициента пористости E превышают $0,55 - 0,60$, что характерно для песков средней плотности и рыхлых (см. таблицу 3 НиТУ № 127-55). Такие "рыхлые" разности песков в виде единичных образцов, как правило, встречаются среди большого количества сравнительно "плотных" разностей, у которых коэффициенты пористости E меньше $0,55 - 0,60$.

Данные гранулометрического состава, а также их инженерно-геологическая характеристика приведены в той же табл. 35.

Гранулометрический состав чистого песка (рыхлого) характеризуется содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в пределах $2,4 - 4,9\%$ (в среднем $3,9\%$), пылеватых фракций ($0,05 - 0,005$ мм) в пределах $1,8 - 4,6\%$ (в среднем $3,05\%$), причем преобладает крупная пыль ($0,05 - 0,01$ мм) — $1,2 - 3,0\%$ (в среднем $2,0\%$). Песчаных фракций ($1 - 0,05$ мм) чистые пески (рыхлые) содержат в пределах $95,4 - 98,2\%$ (в среднем $93,05\%$), причем преобладает мелкозернистая фракция ($0,25 - 0,10$ мм) — $41,9 - 79,3\%$ (в среднем $56,05\%$) и среднезернистая ($0,05 - 0,25$ мм) — $1,3 - 38,6\%$ (в среднем $26,3\%$), далее идет тонкозернистая фракция ($0,10 - 0,05$ мм), достигающая $3,4 - 12,8\%$ (в среднем $9,8\%$).

Гранулометрический состав глинистого песка (рыхлого) характеризуется содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в пределах $6,0 - 8,5\%$ (в среднем $7,2\%$), пылеватых фракций ($0,05 - 0,005$ мм) в пределах $2,1 - 5,9\%$ (в среднем $3,6\%$), причем преобладает крупная пыль ($0,05 - 0,01$ мм) — $0,6 - 4,4\%$ (в среднем $2,4\%$). Песчаных фракций ($1 - 0,05$ мм) глинистые пески (рыхлые) содержат в пределах $86,2 - 90,7\%$ (в среднем $89,2\%$), причем здесь преобладает только мелкозернистая фракция ($0,25 - 0,10$ мм) — $31,3 - 76,9\%$ (в среднем $56,3\%$), а среднезернистая ($0,6 - 0,25$ мм) и тонкозернистая ($0,10 - 0,05$ мм) фракции содержатся примерно в одинаковых количествах, которые равны соответственно $2,0 - 39,2\%$ (в среднем $15,8\%$) и $7,0 - 40,9\%$ (в среднем $16,0\%$).

Экспедицией института "Фундаментпроект" для приблизи-

тельной оценки величины возможного разуплотнения песка было выполнено компрессионное испытание одного образца с пористостью 33%. При нагрузке ступенями через 1 кг/см^2 до природного давления (6 кг/см^2) пористость образца уменьшилась с 33% до 31,3% ($E = 0,457$).

б) Характеристика песков альба

Отложения альба представлены песками чистыми и песками глинистыми, причем оба типа песков состоят только из плотных разностей.

В составе альбского песка преобладает (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 39) кремнезем (SiO_2) – 93,55–94,43 (в среднем 93,99%) по отношению к своей навеске. Сумма полуторных окислов (R_2O_3) составляет 4,02–4,35 (в среднем 4,18%). Среди полуторных окислов преобладает окись алюминия (Al_2O_3) – 2,37–3,06 (в среднем 2,71%). Содержание окислов кальция, магния и сульфатов сравнительно незначительно.

Глинистая фракция альбского песка характеризуется относительно небольшим содержанием кремнезема (SiO_2), который составляет 56,24–58,53 (в среднем 57,38%). Во много раз возрастает содержание суммы полуторных окислов (R_2O_3) достигающих 28,07–30,69 (в среднем 29,38%). Среди полуторных окислов преобладает окись алюминия (Al_2O_3) – 21,56–23,41 (в среднем 22,48%), а окись железа (Fe_2O_3) составляет 6,54–7,28 (в среднем 6,91%). Увеличивается также содержание окислов кальция, магния, марганца и сульфатов.

Водорастворимые соли в образцах альбских песков, высушенных до воздушно-сухого состояния (по данным водных вытяжек), имеют, по нашим данным (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 40 и 41), слабощелочную реакцию ($\text{pH} = 7,2–8,2$, в среднем 7,7), щелочность 0,36–0,50 мг/экв. Содержание воднорастворимых солей (преобладает гидрокарбонат) незначительное и составляет 46,0–53,0 (в среднем 50,6/мг) на 100 г породы.

Воднорастворимые соли сеноман-альбских песков несомненно-играют некоторую роль в формировании внутренних связей песка и коллоидной активности глинистой части песков, обуславливая состав обменных оснований.

Среди воднорастворимых солей преобладают соли натрия и кальция; далее идут сульфатные соли, количество которых повышает-

ся в основании толши песков сеноман-альба близ контакта с юрскими отложениями.

Гранулометрический состав чистых песков характеризуется (Н.К. Паффенгольц, 1960, табл. 42) содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в пределах 1,5–4,2% (в среднем 2,7%), пылеватых фракций (0,05–0,005 мм) в пределах 1,1–4,6% (в среднем 2,5%), причем преобладает крупная пыль (0,05–0,01 мм) – 0,8–3,4% (в среднем 1,7%). Песчаных фракций (2–0,05 мм) чистые пески содержат в пределах 51–95,0% (в среднем 87,1%), причем преобладают мелкозернистая фракция (0,25–0,10 мм) – 10,8–44,5% (в среднем 26,6%) и среднезернистая (0,5–0,25 мм) – 4,0–43,3% (в среднем 30,2%), далее идет (в отличие от песков сеномана) крупнозернистая фракция (1–0,5 мм), достигающая 4,4–26,4% (в среднем 17,2%). Гравийных фракций (2–10 мм) эти пески содержат в пределах 0,0–45,8% (в среднем 7,7%).

Гранулометрический состав глинистых песков характеризуется содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в пределах 5,2–6,7% (в среднем 5,8%), пылеватых фракций (0,05–0,005 мм) в пределах 2,0–4,6% (в среднем 3,1%) причем преобладает крупная пыль (0,05–0,01 мм) 1,0–3,3% (в среднем 2,2%). Песчаных фракций (2–0,05 мм) глинистые пески содержат в пределах 71,50–92,8% (в среднем 84,90%), причем также преобладают среднезернистая фракция (0,5–0,25 мм) 26,0–55,7% (в среднем 38,64%) и мелкозернистая (0,25–0,10 мм) 21,7–51,8% (в среднем 30,02%), далее идет (в отличие от песков сеномана) крупнозернистая фракция (1–0,5 мм), достигающая 2,9–16,4% (в среднем 17,2%). Гравийных фракций (2–10 мм и более) эти пески содержат в пределах 0,0–17,8% (в среднем 6,2%).

Угол естественного откоса альбских песков в воздушно-сухом состоянии колеблется в пределах 32° – $39,3^{\circ}$ (в среднем $37,2^{\circ}$), а под водой – в пределах 29° – 38° (в среднем $34,4^{\circ}$).

в) Характеристика всей толши песков сеноман-альба

Результаты испытания образцов естественной структуры из всей толши песчаных отложений сеноман-альба на их сопротивление сдвигу по данным лабораторных определений экспедиции института "Фундаментпроект" сведены в табл. 9.

Максимальные значения величин сдвига, как правило, наблюдаются у образцов песка, имеющих наименьшие значения коэффициентов пористости ($E < 0,50$), повышенное содержание угловитых зерен и прочие структурные связи.

Минимальные значения величин сдвига, наоборот, обычно наблюдаются у песков, имеющих повышенное количество ока-

Таблица 9

Сдвигающее усилие кг/см при Р =				C кг/см ²	f	α °	E	Значения
0,5 кг/см ²	1 кг/см ²	3 кг/см ²	5 кг/см ²					
0,3	0,6	1,8	3,0	0	0,6	31°	0,58	миним.
1,5	1,7	4,55	7,5	0,9	1,3	52°30'	0,47	максим.
-	1,05 - 1,55	2,95 - 3,5	4,75 - 4,85	0,10 - 0,75	0,80 - 0,95	38°40' - 43°40'	0,52 - 0,44	распространенные

танных зерен, наибольшие значения коэффициентов пористости ($E < 0,50$) и плохо развитые структурные связи.

Коэффициент фильтрации сеноман-альбских песков определен по-разному и варьирует: м/сутки получены цифры - 2,07 - 2,85; 0,05 - 10,35 и 11 м/сутки.

Капиллярная влажность сеноман-альбских песков колеблется в пределах 12,36 - 22,07% (в среднем 17,13%).

Водоотдача, вычисленная по разности между полной влагоемкостью и максимальной молекулярной влагоемкостью песков, составляющей 4,6–10%, колеблется в пределах 11,6–12,9%, что намного превышает водоотдачу, полученную лабораторным путем. Истинные величины водоотдачи находятся между показателями водоотдачи, полученными вышеописанными способами, ввиду несовершенства методов исследования.

По исследованиям института ВСЕГИНГЕО водоотдача сеноман-альбских песков, вычисленная по разности между полной и максимальной молекулярной (–2–8% ср. зн. 3,8%) влагоемкостью, составляет 23–32% (в среднем 29,5%) (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 37 и 42).

Угол естественного откоса сеноман-альбских песков в сухом состоянии колеблется в пределах $35^{\circ}30'$ – $39^{\circ}30'$ а под водой $30^{\circ}37'$, причем какая-либо закономерность углов естественного откоса песков от гранулометрического состава не наблюдается.

Наиболее распространенные значения углов естественного откоса сухого песка составляют 36° – 37° , а под водой 33° – 35° .

Кроме того, по данным института ВСЕГИНГЕО, пределы колебания углов естественного откоса сеноман-альбских песков в воздушно-сухом состоянии составляют 32° – 36° (в среднем 35°), а в подводном состоянии 28° – 32° .

Район Яковлевского месторождения. В районе Яковлевского месторождения КМА песчаная толща сеноман-альба имеет сплошное распространение и представлена мелкозернистыми, реже крупнозернистыми песками, причем последние характерны, главным образом, для песков альба.

Гранулометрический состав сеноман-альбских песков характеризуется (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 43) содержанием глинистой фракции ($< 0,005$ мм) в пределах 0,7–9,9% (в среднем 2,3%), пылеватых фракций (0,05–0,005 мм) в пределах 0,7–16,8% (в среднем 4,4%). Из песчаных фракций преобладают мелкозернистая и тонкозернистая (0,25–0,05 мм), составляющие 21–93,1% (в среднем 48,8%), далее идут фракции крупнозернистая (1–0,5 мм) – 0,–59,5% (в среднем 18,8%), грубозернистая (3,0–1,0 мм) – 0,64,3% (в среднем 12,0%) и среднезернистая (0,5–0,25 мм) – 1,5–68,5% (в среднем 11,8%). Имеется примесь также гравийных частиц (7,0–3,0 мм), составляющая 0–11,8% (в среднем 1,9%).

Удельный вес сеноман-альбских песков колеблется в пределах 2,52–2,96 (в среднем 2,67), объемный вес составляет 1,76–2,1 (в среднем 1,89), а объемный вес скелета 0,08–5,23.

Пористость песков варьирует в границах 34–45%, естественная влажность составляет 18,6–24,95%.

Полная влагоемкость породы колеблется в пределах 27,15–35,04%, максимальная молекулярная влагоемкость составляет 0,99–10,81%, водоотдача равна 24,73–29,44%.

Максимальной водоотдачей обладают крупнозернистые разновидности сеноман-альбских песков, а минимальной – их глинистые разновидности.

Коэффициент фильтрации сеноман-альбских песков составляет 0,039–0,46 м/сутки (по лабораторным определениям).

Угол естественного откоса песков в сухом состоянии колеблется в пределах $34^{\circ}36'$ – 45° , а под водой – в пределах $31^{\circ}14'$ – $42^{\circ}16'$.

Выводы по инженерно-геологической характеристике сеноман-альбских песчаных отложений

Из анализа описания сеноман-альбских песчаных отложений для всей территории КМА вытекает следующее.

Сеноман-альбские пески в вертикальном разрезе по гранулометрическому составу разделяются на три зоны. В верхней зоне пески разнозернистые, преимущественно средне-мелкозернистые, пылеватые. В средней зоне преобладают более однородные, мелкозернистые пески. Нижняя зона (низы сеномана и весь альб) слагается разнозернистыми, часто гравийными песками с прослоями гравия мощностью от 0,05 до 1,5 м.

Данные гранулометрического состава сеноман-альбских песчаных отложений (по материалам института ВСЕГИНГЕО с нашими добавлениями) для всей территории КМА сведены в табл. 44 (1960 – см. приложение). Из таблицы видно, что сеноман-альбские пески содержат незначительное количество глинистых фракций, средние значения которых колеблются в пределах 1,5–7,2%, а у единичных образцов достигают 13,4%.

Наиболее чистые пески характерны для Северных районов. Для северных районов характерно также и наибольшее содержание мелкозернистых и тонкозернистых фракций.

Заключение института "ВСЕГИНГЕО" о том, что "наиболее чистые пески характерны для Лебединского месторождения", не увязываются с новыми данными, полученными институтом "Фундаментпроект". Эти данные показывают, что инженерно-геологические свойства сеноман-альбских песков довольно однообразны для всей территории КМА (рассеянность показателей свойств породы примерно одинакова для всех районов КМА).

Следует отметить только более низкие значения пористости песков для района Лебединского месторождения, составляющие 29,0–35,3% (в среднем 31–31%) по сравнению с другими районами. В районе Лебединского месторождения они находятся в переуплотненном состоянии.

Следует отметить также более высокие значения углов естественного откоса сеноман-альбских песков для района Михайловского месторождения, колеблющиеся в пределах 35° – 45° (в среднем $40,6^{\circ}$) в воздушно-сухом состоянии и 28° – 40° (в среднем $34,9^{\circ}$) под водой, а также для района Яковлевского месторождения, где углы естественного откоса песков в сухом состоянии равны $34^{\circ}36'$ – 45° , а под водой – $31^{\circ}14'$ – $42^{\circ}16'$. В других районах КМА углы естественного откоса сеноман-альбских песков имеют меньшие значения. В районе Лебединского месторождения, например, углы естественного откоса этих песков в сухом состоянии колеблются в границах $35^{\circ}30'$ (32°) – $39^{\circ}30'$ (в среднем 35°) и 30° – 37° (по данным ВСЕГИНГЕО 28° – 32°) под водой.

Величины коэффициентов фильтрации сеноман-альбских песков для районов Лебединского и Михайловского месторождений КМА резко различны. В районе Михайловского месторождения величина коэффициента фильтрации, по лабораторным данным, изменяется в пределах от 0,01 до 10,02 м/сутки (в среднем 1,43 м/сутки), а по данным опытных откачек, значения коэффициентов фильтрации колеблются от 0,39 до 1,08 м/сутки. Средний коэффициент фильтрации, по данным опытного водопонижения, здесь равен 1,06 м/сутки. На Лебединском месторождении величина коэффициента фильтрации, по лабораторным определениям, составляет 0,05–10,35 м/сутки, а по данным откачек, средний коэффициент фильтрации равен 11 м/сутки.

В районе Яковлевского месторождения величина коэффициента фильтрации сеноман-альбских песков, по данным откачек

из четырех скважин, составляет 0,034 – 0,14 – 0,44 – 0,98 м/сутки.

Величина водоотдачи сеноман-альбских песков в районе Михайловского месторождения в связи с преобладанием мелких фракций и небольшими значениями коэффициентов фильтрации невелика. Ее значение колеблется в пределах 2,0 – 18,4% (среднее значение 9,01%).

В районе Лебединского месторождения величина водоотдачи сеноман-альбских песков несколько выше и, по данным института "ВСЕГИНГЕО", составляет 23 – 32% (среднее значение 29,5%). По данным института "Фундаментпроект", величина водоотдачи варьирует в границах 11,6 – 12,9%. Во всех случаях величины водоотдачи определялись по разности между полной влагоемкостью и максимальной молекулярной влагоемкостью что несколько завышает истинные ее значения.

Опытные водопонижения сеноман-альбских песков на Лебединском и Михайловском месторождениях показывают сравнительно хорошую осушаемость этих песков.

с. Характеристика отложений мергельно-меловой толщи

Мергельно-меловая толща имеет повсеместное распространение по всей территории КМА, причем ее мощность увеличивается в южном и юго-западном направлениях, составляя в районах Курска и Тима 60 – 70 м (на водоразделах), в районе Белгородского железорудного района 200 – 270 м, а в районе Харькова – 540 м.

По стратиграфическому признаку и по литологическому составу эта толща расчленяется в вертикальном разрезе на три части. Нижняя часть мергельно-меловой толщи сложена, в основном, мелом туронского яруса; средняя часть состоит из мергелей сантонского яруса, а верхняя часть представлена мелом кампанского и маастритского ярусов.

Район Лебединского месторождения. Мергельно-меловая толща сложена главным образом белым, писчим мелом, относимым к туронскому ярусу.

По инженерно-геологическим свойствам меловые породы в районе Лебединского месторождения можно разделить на четыре разновидности: а) выветрелый писчий мел, б) неветрелый писчий мел – плотный мел, в) неветрелый писчий мел –

"раздавленный мел", г) "разжиженный", или тестообразный мел.

Результаты валовых химических анализов меловых пород района Лебединского месторождения (по материалам института "ВСЕГИНГЕО") использованы нами (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 45).

Данные химических анализов показывают, что писчий мел туронского яруса обычно чистый с высоким содержанием карбоната кальция ($> 98\%$), имеющий незначительное количество песчано-глинистых примесей.

"Разжиженный" мел по сравнению с писчим мелом загрязнен, как кремнистыми, так и глинистыми примесями (полуторные окислы), представляя собой меловую муку, снесенную делювиальными потоками в понижения древнего рельефа.

Данные агрегатного состава, а также показатели водно-физических и физико-механических свойств меловых пород района Лебединского месторождения приведены нами в фондовой работе (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 46).

Выветрелый мел, представляя зону выветривания мелового массива, имеет мощность 2–9 м. Состоит он из дресвы и щебня различной величины, промежутки между которыми заполнены рыхлой и рыхло-пластичной массой из меловой муки, содержащей некоторое количество известковой глины. Размеры обломков увеличиваются с глубиной, наибольшая же толщина рыхлого заполнения наблюдается вблизи от кровли меловой толщи.

Агрегатный состав выветрелого мела характеризуется содержанием агрегатных частиц размером менее 2 мм в пределах 21,0–74,9% (в среднем 48,2%), причем преобладают частицы размером $< 0,25$ мм – 10,5–63,9% (в среднем 34,8%). Гравия и дресвы (размером 2–10 мм и более) выветрелый мел содержит в пределах 25,1–79,0% (в среднем 51,8%), причем преобладает фракция размером > 10 мм – 6,0–35,2% (в среднем 21,8%).

Удельный вес выветрелого мела колеблется в пределах 2,66–2,71 (в среднем 2,69), объемный вес составляет 1,80–1,91 (в среднем 1,85), объемный вес скелета равен 1,27–1,50 (в среднем 1,37).

Естественная влажность выветрелого мела колеблется в пределах 27,3–41,9% (в среднем 35,2%), полная влажность составляет 29,6–41,5% (в среднем 36,2%), относительная

влажность равна 0,92 – 1,00 (в среднем 0,97). Высокая естественная влажность, а также высокие значения относительной влажности у почти негидрофильных меловых пород объясняются тем, что монолиты этих пород брались ниже горизонта грунтовых вод.

Пористость выветрелого мела составляет 44,4 – 52,6% (в среднем 49,2%), коэффициент пористости соответственно равен 0,800 – 1,11 (в среднем 0,974).

Определение форм консистенции и пластичности у мучнистой разности выветрелого мела установило, что предел текучести этой породы колеблется в границах 28,4 – 34,6% (в среднем 32,4%), предел пластичности составляет 19,4 – 26,3% (в среднем 23,5%), а число пластичности равно 6,0 – 12,2% (в среднем 8,9%).

Показатель уплотненности выветрелого мела колеблется в пределах от – 0,79 до 0,06 (в среднем – 0,37), а показатель консистенции В равен 0,55 – 1,73 (в среднем 1,24), что указывает на недоуплотненное (текучее) и частично пластичное состояние и консистенцию породы. Кроме того естественная влажность породы немного ниже, а полная влажность намного выше предела текучести.

Образцы выветрелого мела природного сложения под влиянием грунтовой воды не поддаются набуханию. У образцов с нарушенной структурой (перемятых) максимальное значение величины набухания не превышает 0,8%.

Параметры сдвига выветрелого мела по данным испытаний 5 образцов ненарушенного сложения в безводной среде по материалам института "Фундаментпроект" следующие.

Величины сдвигающего усилия (Q) для сжимающих давлений $P = 1; 3$ и 5 кг/см^2 соответственно составляют 2,85 – 1,95 – 1,95 – 2,15 – 2,20 кг/см^2 ; 4,15 – 3,05 – 3,75 – 3,75 – 2,95 кг/см^2 ; 5,15 – 5,15 – 5,50 – 5,35 – 3,70 кг/см^2 . Величины углов внутреннего трения здесь составляют $31^{\circ}00' - 38^{\circ}40' - 42^{\circ}00' - 38^{\circ}40' - 36^{\circ}50'$, коэффициенты внутреннего трения соответственно равны 0,600 – 0,800 – 0,900 – 0,800 – 0,750, а сцепление равно 2,25 – 1,15 – 1,05 – 1,35 – 1,45 кг/см^2 . Коэффициент сжимаемости „а“ в пределах 0,003 – 0,007 $\text{см}^2/\text{кг}$ для давлений 4 – 6 кг/см^2 .

С точки зрения размокания водоустойчивость выветрелого мела по материалам института "Фундаментпроект" очень небольшая.

Толща выветрелого писчего мела в районе Лебединского месторождения, по данным экспедиции института "Фундамент-проект", представлена двумя характерными разностями – плотным писчим мелом различной крепости и "раздавленным" писчим мелом.

Плотный мел представляет собой массивную полускальную породу малой и средней крепости, в различной степени пронизанную трещинами, которые часто имеют большое протяжение и сравнительно далеко удалены друг от друга. Трещины эти бывают как открытыми, так и закрытыми.

Характер трещиноватости меловых пород изучался в Старо-Оскольском районе КМА при проходке шахтных стволов рудника им. Губкина (Коробковское месторождение) и по обнажениям (район Лебединского месторождения).

Наблюдениями при проходке ствола шахты № 3 автором данной работы было установлено наличие в меловой толще двух преобладающих систем трещин с углами падения $8-10^{\circ}$ и $55-70^{\circ}$. Количество трещин на 1 линейный метр здесь составляет чаще всего 4-6. В шахте № 3, наряду с мелкими капиллярными трещинами, часто встречались и трещины шириной 1-5 мм и даже до 8-12 см. Заполняющим материалов в трещинах являлся лед и глина (проходка шахты велась способом замораживания). По стенкам трещин часто наблюдались налеты гидроокислов железа. Убывание интенсивности трещиноватости с глубиной хорошо прослеживается, как в шахте, так и в многочисленных разведочных скважинах.

В Старо-Оскольском районе в меловой толще констатированы также следы карстовой деятельности, которые в большинстве случаев распространены выше уровня р.Осколен (+136, +137 м).

Показатели водно-физических и физико-механических свойств плотного, писчего мела естественной структуры и влажности следующие.

Удельный вес плотного мела колеблется в пределах 2,66-2,73 (в среднем 2,69), объемный вес составляет 1,78-2,01 (в среднем 1,93), а объемный вес скелета равен 1,28-1,63 (в среднем 1,51). Пористость плотного мела колеблется в пределах 39,4-51,8% (в среднем 44,0%) коэффициент пористости соответственно составляет 0,650-1,075 (в среднем 0,786). Естественная влажность породы колеблется в пределах 23,4-38,8% (в среднем 28,2%), полная влажность состав-

ляет 24,2 – 40,5% (в среднем 29,6%), относительная влажность равна 0,90 – 1,00 (в среднем 0,96), что указывает на полное насыщение пор породы водой.

По данным исследований, выполненных инженерно-геологической лабораторией Губкинской горно-геологической станции Академии наук СССР, плотный мел при его полном насыщении водой ($W_0 = 30 - 33\%$) имел временное сопротивление сжатию в пределах 3 – 7 кг/см². У образцов плотного мела, высушенного на воздухе до влажности 0,2%, предел прочности на сжатие составлял около 10 кг/см².

Плотный мел природного сложения под влиянием грунтовой воды не набухает как в состоянии естественной влажности, так и после высушивания до воздушно-сухого состояния.

"Раздавленный" мел. Инженерно-геологические изыскания в районе Лебединского месторождения КМА, выполненные институтом "Фундаментпроект" в 1957 году установили, что " в процессе исследования мелов на размкаемость большое количество образцов мела сравнительно малой крепости и хрупкого сложения, отобранных ниже уровня грунтовых вод, но по внешнему виду относительно плотных, погруженные в состояние природной влажности в грунтовую воду, распадались в ней в течение 5 – 18 минут на мелкие острые обломки, размером от меловой муки до 10 – 20 мм в поперечнике ". Эта разновидность неветрелого писчего мела получила название "раздавленного" мела.

Изучение характера разрушения и текстурных особенностей такого мела, проведенное автором данной работы, показало, что порода пронизана густой сетью видимых только в микроскоп скрытых частиц микротрещин различных направлений, расклинивающихся под влиянием воды.

Наблюдаемая скрытая микротрещиноватость такого мела, очевидно, образовалась в результате разрушения относительно слабых, но хрупких разностей плотного мела под влиянием давления вышележащих пород.

Образцы "раздавленного" мела не набухают в грунтовой воде как в состоянии естественной влажности, так и после высушивания до воздушно-сухого состояния.

"Раздавленный" мел характеризуется высокими значениями показателей сопротивления сдвигу.

Величины сдвигающего усилия (Q) для вертикальных сжи-

мающих давлений $P = 1; 3$ и 5 кг/см^2 соответственно составляют 2,15; 4,05 и $5,95 \text{ кг/см}^2$. Величина угла внутреннего трения этой породы составляет $43^\circ 40'$, коэффициент внутреннего трения соответственно 0,950, а сцепление равно $1,2 \text{ кг/см}^2$.

"Разжиженный" или "тестообразный" мел отмечается в материалах инженерно-геологических изысканий различных организаций (институт "Южгипроруда", институт "ВСЕГИНГЕО", Г.Г.С. Академии наук СССР).

По материалам Губкинской Горно-геологической станции Академии наук СССР "разжиженный" мел естественной структуры с влажностью $W = 24\%$ при испытании на сдвиг без предварительного уплотнения с заливом водой показал коэффициент $\tan \varphi = 0,75$, не зависящий от величины сжимающей нагрузки, равной $6-7 \text{ кг/см}^2$. Угол внутреннего трения породы оказался равным 36° , коэффициент внутреннего трения соответственно 0,72, сцепление $0,15 \text{ кг/см}^2$.

Согласно данным той же Горно-геологической станции "разжиженный" мел при постоянной естественной влажности, близкой к полному насыщению пор водой, под влиянием динамических воздействий способен разжижаться и переходить из geleобразного состояния в золи или суспензии, а в состоянии покоя постоянно застывать и снова переходить в твердое состояние, что указывает на его тиксотропные свойства. В затвердевшем состоянии этот мел может выдерживать статические нагрузки до $3,5 \text{ кг/см}^2$, а в разжиженном состоянии течь под действием собственного веса. Процесс затвердевания происходит довольно быстро, что является показателем значительности тиксотропности данной породы.

Район Яковлевского месторождения. В районе Яковлевского месторождения мергельно-меловая толща имеет повсеместное распространение и представлена своим наиболее полным разрезом. Нижняя часть толщи сложена преимущественно мелом туронского яруса, средняя часть – мергелями сантонского яруса, а верхняя часть представлена мелом кампанского и маастрихтского ярусов.

Данные водно-физических и физико-механических свойства пород мергельно-меловой толщи в пределах Белгородского железорудного района сведены нами в фондовой работе (Н.К. Паффенгольц, 1960, табл. 47).

а) Характеристика меловых пород турона

Нижняя часть мергельно-меловой толши относится к туронскому ярусу и представлена белым псччим мелом мощностью 50 – 75 м.

Удельный вес туронского мела колеблется в пределах 1,45–2,73 (в среднем 2,70), действительный объемный вес составляет 1,54–2,0 (в среднем 1,95), естественная влажность варьирует в границах 16,9–35,25% (в среднем 24,73%), пористость равна 39 – 47%.

Плотный мел, растертый до состояния муки и превращенный в грунтовую пасту, обладает свойствами пластичности.

Влажность на верхней границе пластичности для различных образцов изменяется от 25,07 до 31,97% (в среднем 28,14), на нижней границе от 19,33 до 22,75% (в среднем 21,30%), число пластичности составляет 5,74–9,56% (в среднем 6,84%).

Показатель консистенции пасты из туронского мела колеблется в пределах от –0,56 до 0,93 (в среднем 0,36), что говорит о пластичной в основном консистенции породы.

Карбонатность мела колеблется в пределах 41–49%. Туронский мел в общей массе представляет плотную, трещиноватую породу, временное сопротивление сжатию которой колеблется в пределах 42–55–100 кг/см², а сопротивление разрыву составляет 2,17–5,30 кг/см², что характеризует эту породу, как устойчивую и прочную.

В толще туронского мела, однако, нередко встречаются участки разжиженного мела, расположенные чаще всего на границе с сеноман-альбскими песками. Эта текучая разновидность туронского мела характеризуется естественной влажностью в 45–58% и пределом текучести > 32%. Предел пластичности равен 9,2%. При проходке скважин через участки разжиженного мела их стенки часто оплывали.

Выводы по инженерно-геологической характеристике меловых пород турона

Сравнительная характеристика физико-механических свойств туронского мела на Лебединском и Белгородском месторождениях КМА установила следующие различия показателей этих свойств.

Объемный вес меловых пород Белгородского месторожде-

ния колеблется в пределах 1,80–2,0 (в среднем 1,95), а в районе Лебединского месторождения он меньше и составляет 1,73–2,0 (в среднем 1,87).

Естественная влажность мела, наоборот, в районе Лебединского месторождения варьирует в границах 23,4–45,9% (в среднем 33,1%), а в районе Белгородского месторождения она меньше и составляет 16,9–35,25% (в среднем 26,9%).

Временное сопротивление сжатию туронского мела для Лебединского месторождения составляет 1,1–14,3 кг/см² для выветрелых разностей и 4,25–16–30 кг/см² – для плотного мела. На Белгородском месторождении временное сопротивление туронского мела сжатию колеблется в пределах 42–100 кг/см².

Приведенные данные показывают, что меловые породы туронского яруса в районе Белгородского месторождения в соответствии с их большой глубиной залегания сильно уплотнены по сравнению с аналогичными породами района Лебединского месторождения, а следовательно, обладают и большей прочностью.

Обычно туронский мел представлен плотными разностями, но встречаются также прослои и разжиженного мела. По материалам института "ВСЕГИНГЕО", объемный вес разжиженного мела значительно меньше, чем у плотного, и составляет на Лебединском месторождении 1,40. Предел текучести разжиженного мела турона на Лебединском месторождении составляет 25,4–34,7%, на Белгородском – 32%. Предел пластичности на Лебединском месторождении равен 8,3%, на Белгородском месторождении он составляет 3,2%.

б) Характеристика мергелистых пород сантона

Средняя часть мергельно-меловой толщи представлена мергелями сантона мощностью от 82 до 180 м.

Мергели сантонского яруса весьма разнообразны как по внешнему виду, так и по свойствам. А.А.Дубянский среди мергелей КМА выделяет следующие четыре разновидности: а) светло-серые; б) темно-серые, в) мелоподобные и г) песчаные мергели.

Светло-серые мергели характеризуются присутствием в них прослоев и линз опоковидных мергелей и опок весьма плотного сложения и раскалывающихся на плитки. Темно-серые мер-

гели отличаются от светло-серых как цветом, так и меньшим содержанием прослоев опок. Мелоподобные мергели характеризуются отсутствием прослоев опок, они более однородны по своим свойствам, но менее прочны. Песчаные мергели содержат примеси из зерен кварца, глауконита и слюды, причем изредка они фациально переходят в мелкозернистые карбонатные пески.

Мергели сантона характеризуются следующими инженерно-геологическими свойствами.

Удельный вес сантонских мергелей колеблется в пределах 2,59–2,73 (в среднем 2,70), объемный вес составляет 1,64–2,14 (среднем 1,88), а объемный вес скелета равен 1,10 – 1,47.

Естественная влажность сантонских мергелей варьирует в границах 15,0–41,6%, закономерно уменьшаясь с глубиной, пористость породы составляет 37–60%.

Карбонатность мергелей колеблется в границах 5,21–71,89%, временное сопротивление сжатию составляет 16,7–113 кг/см, со сопротивлением разрыву 1,8–7,5 кг/см².

С точки зрения размокания образцы меловых пород сантона, погруженные в грунтовую воду в состоянии естественного сложения, не размокают на протяжении всего опыта (до 5 суток).

Приведенные данные показывают, что мергели сантона обладают крайне изменчивыми инженерно-геологическими свойствами, что обусловлено наличием в их толще различных разновидностей, отличающихся по механическому составу.

Толщу мергелей сантона следует рассматривать как практический водоупор, но местами в ней встречаются и обводненные зоны, фиксируемые поглощением глинистого раствора при бурении скважин.

в) Характеристика меловых пород маастрихта

Верхняя часть мергельно-меловой толщи представлена мелями маастрихта, мощность которых 21,5–65 м.

Эти меловые породы, как залегающие близко к поверхности и нередко обнажающиеся в долинах рек, балок и оврагов, наиболее выветрелы, трещиноваты и закарстованы.

Поэтому маастрихтский мел представляет собой более мяг-

кую и легкую, местами глиноподобную породу по сравнению с мелом туронского яруса. Пластичные свойства этого мела выражены резко. Меловые породы кампанского и маастрихтского ярусов также обычно чистые с содержанием карбоната кальция до 93%.

Меловые породы кампана и маастрихта характеризуются следующими инженерно-геологическими свойствами.

Удельный вес маастрихтского мела колеблется в пределах 2,68–2,76 (в среднем 2,70), действительный объемный вес составляет 1,76–2,02 (в среднем 1,82), естественная влажность варьирует в границах 32–43,11%, пористость равна 37–66% (чаще 42–52%).

Предел текучести меловых пород маастрихта колеблется в пределах 33,28–39,03% (в среднем 36,51%), предел пластичности составляет 20,84–33,43% (в среднем 26,52%), число пластичности равно 2,47–13,57% (в среднем 9,93%).

Показатель консистенции пасты из меловых пород маастрихта колеблется в пределах 0,49–2,79 (в среднем 1,22), что говорит о пластичной и текучей консистенции породы.

Карбонатность меловых пород маастрихта колеблется в границах 36,75–45,38%, временное сопротивление сжатию составляет лишь 4,75–19,0 кг/см², сопротивление разрыву равно 0,6–6,9 кг/см².

С точки зрения размокания образцы меловых пород маастрихта, погруженные в грунтовую воду в состоянии естественного сложения, являются неустойчивыми.

Данные показывают, что меловые породы маастрихта обладают значительно меньшей прочностью по сравнению с сантонскими мергелями. Показатели их инженерно-геологических свойств крайне непостоянны.

Маастрихтский мел в общей массе сравнительно плотный, трещиноватый, но в нем имеются участки разжиженного мела, чаще всего в придолинных местах Белгородского района.

По данным Белгородской экспедиции ГУЦР, в толще мела маастрихта, обычно на контакте с мергелями сантона – при бурении скважин с глинистым раствором отмечается полное его поглощение, что говорит о наличии карстовых полостей.

Показатели инженерно-геологических свойств мело-мергельных пород верхнемелового возраста Яковлевского и Лебединского сопоставлены на сводной таблице 10.

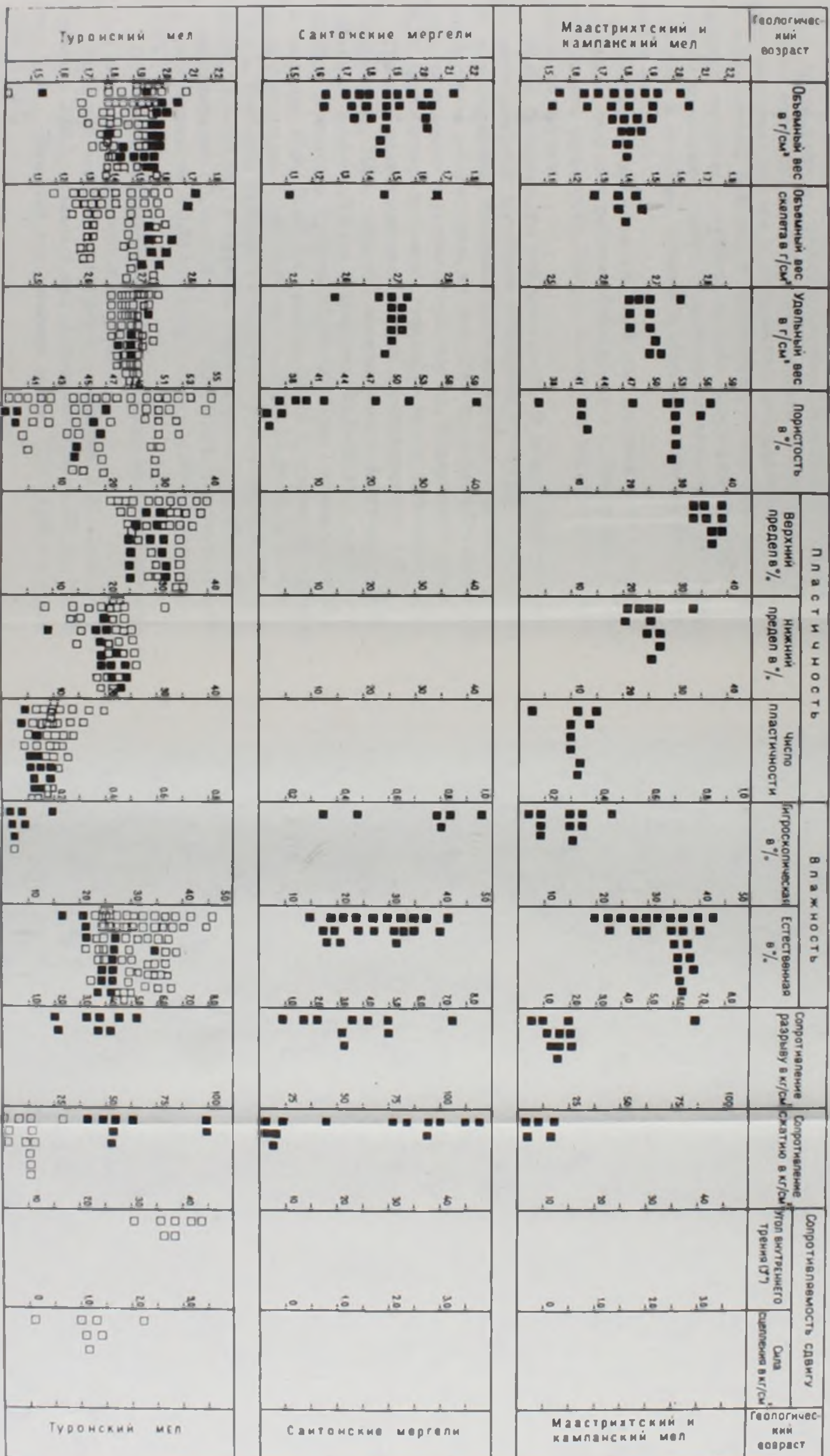


Табл. 10. Исследования физико-механических свойств мергелей-меловых пород КМА. Профили выглы на месторождениях: 1 - Лебедянский; 2 - Новолевский; Составили: М.Н. Падеринский.

5. Характеристика третичных отложений

Третичные отложения на территории КМА имеют повсеместное распространение, но сохранились они в основном на водораздельных пространствах в виде останцев, причем к югу по мере продвижения к глубоким частям Днепровско-Донецкой впадины мощность третичных образований возрастает, составляет несколько метров в центральных районах КМА до 80–90 м. в юго-западных районах. В некоторых районах третичные отложения выполняют глубокие древние карстовые воронки в мергельно-меловой толще. Отложения третичного периода представлены в основном песками и глинами с прослоями песчаников и мергелей.

Инженерно-геологические свойства третичных отложений изучались только в районах Лебединского и Яковлевского месторождений территории КМА, в остальных районах они совершенно не изучены.

Район Лебединского месторождения. В районе Лебединского месторождения третичные отложения относятся к палеогену и представлены плотными пестроцветными глинами, непосредственно налегающими на мел. Они представляют собой высоко дисперсную известковистую породу, содержащую около 8,1% карбонатных примесей. Мощность их не превышает 4,5 м.

Гранулометрический состав глин характеризуется (Н.К. Паффенгольц, 1960, табл. 48) содержанием глинистых фракций размером менее 0,005 мм в пределах 33,3–48,4% (в среднем 40,9%). Пылеватых фракций (0,05–0,005 мм) глины содержат в пределах 33,9–38,4% (в среднем 36,5%), причем преобладает крупная пыль (0,05–0,01 мм) – 20,7–24,4% (в среднем 23,1). Несчаных фракций (1–0,05 мм) глины содержат в пределах 13,2–29,3% (в среднем 22,6%), причем преобладают тонкозернистая (0,10–0,05 мм) – 4,6–14,9% (в среднем 9,8%) и мелкозернистая (0,25–0,10 мм) – 6,2–14,1% (в среднем 9,6%) фракции.

По гранулометрическому составу порода представляет собой пылеватую (алевритовую) глину.

Удельный вес глин колеблется в пределах 2,67–2,69 (в среднем 2,68), объемный вес составляет 1,94–2,03 (в среднем 2,0), объемный вес скелета равен 1,54–1,68 (в среднем 1,63).

Пористость третичных глин составляет 37,2–42,3% (в среднем 39,15%), коэффициент пористости соответственно равен 0,600–0,734 (в среднем 0,649). Естественная влажность породы колеблется в пределах 19,8–26,0% (в среднем 22,5%), гигроскопическая влажность составляет 3,77–7,46% (в среднем 5,81%), а относительная влажность равна 0,90–0,94 (в среднем 0,93).

Определение форм консистенции и пластичности этих глин установило, что их предел текучести колеблется в границах 39,3–68,2% (в среднем 51,4%), предел пластичности составляет 13,6–44,3% (в среднем 25,0%), число пластичности равно 23,9–29,6% (в среднем 26,4%).

Показатель уплотненности третичных глин составляет 0,60–1,90 (в среднем 1,05), показатель консистенции В колеблется в границах от – 0,94 до 0,35 (в среднем – 0,25), что указывает на переуплотненное и твердое в основном состояние и консистенцию породы, иногда переходящее в пластичное. При сравнении пределов колебания полной влажности 22,1–27,5% (в среднем 24,1%) с пределами колебания влажности при нижнем пределе пластичности – 13,6–44,3% (в среднем 25,0%) видно, что порода может приобретать пластичную форму консистенции.

Показатель пластичности этих глин колеблется в пределах 0,58–0,77 (в среднем 0,66), а показатель гидрофильности составляет 0,60–1,18 (в среднем 0,91), что говорит о незначительной гидрофильности породы (глинистая фракция состоит из мелкоактивных глинистых минералов и обменных оснований).

Третичные глины ненарушенной структуры от длительного (трое суток) пребывания в грунтовой воде почти не набухают.

Большая плотность и прочность третичных глин в естественном сложении устанавливается опытом на задавливание конуса с углом заострения 30° на глубину 10 мм. Как отмечено экспедицией института "Фундаментпроект" (1952), "от нагрузки 5 кг конус вошел в образец глины с ненарушенной структурой только на 6 мм. После разрушения структуры породы перемятием, при той же влажности и пористости, конус от нагрузки 5 кг вошел в породу на 8 мм".

Прочное сложение третичных глин в естественном залегании подтверждается также данными их испытаний на сопротивление сдвигу. Параметры сдвига третичных глин по данным

испытаний двух образцов ненарушенного сложения с предварительным уплотнением следующие.

При вертикальных, сжимающих давлениях P , равных 0,5; 1,0; 3 и 5 кг/см², величины сдвигающего усилия Q соответственно составляют 1,275–1,1 кг/см², 1,45–1,35 кг/см², 2,25–2,35 кг/см² и 3,0–3,35 кг/см², углы внутреннего трения равны 20°30' и 26°30', коэффициенты внутреннего трения составляют 0,375–0,500, а сцепление равно 1,075–0,850 кг/см².

С точки зрения размокания третичные глины в природном залегании являются водоустойчивыми породами.

Район Яковлевского месторождения. В районе Яковлевского месторождения третичные отложения также относятся к палеогену и представлены песками, глинами и песчаниками.

Мошность третичных отложений изменяется от 30–50 м на водораздельных пространствах района до нескольких метров и даже совсем отсутствуют в долинах рек и глубоких оврагах.

Гранулометрический состав третичных глин характеризуется (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 49) содержанием глинистых фракций размером менее 0,005 мм обычно в пределах 20–40%, изредка встречаются также глины с содержанием глинистых фракций до 50–60%. Пылеватых фракций (0,05–0,005 мм) эти глины содержат в среднем до 30%, тонкопесчаных фракций (0,1–0,05 мм) – в среднем до 53%, а средне- и мелко- песчаных фракций (0,50–0,1 мм) – в среднем до 3,0%. Таким образом по составу это тяжелые плотные глины и глины, часто тонко-слоистые, но встречаются и рыхлые песчаные разности.

Удельный вес третичных глин колеблется в пределах 2,63–2,95, объемный вес составляет 1,67–2,07, естественная влажность варьирует в границах 15–40%, а пористость равна 41–58%.

Определение форм консистенции и пластичности третичных глин установило, что предел текучести этих глин колеблется в границах 18,0–46,3%, предел пластичности составляет 10,5–34,0%, а число пластичности 14,57%.

Пески в районе Белгородского месторождения состоят как из кварцевых сыпучих, так и из глауконитовых глинистых разновидностей.

Гранулометрический состав третичных песков характеризуется содержанием тонкопесчаных фракций (0,1–0,05 мм) в пределах 55,32–87,33%, а средне- и мелкопесчаных фракций

(0,5–0,1 мм) содержится только 0,1–6,06%. Пылеватых фракций (0,05–0,005 мм) эти пески содержат в пределах 4,82–28,90%, глинистых (< 0,005 мм) – в пределах 3,76–21,0%. Наиболее изученными песками в районе Белгородского месторождения являются пески с содержанием глинистой фракции в пределах 3–10%. По гранулометрическому составу третичные пески района Белгородского месторождения КМА являются в основном тонкозернистыми.

Удельный вес третичных песков колеблется в пределах 2,67–2,73, объемный вес при естественной влажности составляет 1,62–2,02, естественная влажность варьирует в границах 20,97–35,0%, пористость равна 34–46%. Коэффициент фильтрации третичных песков в районе Яковлевского месторождения равна 0,1 м/сутки. В Льговском районе он составляет 0,4 м/сутки.

Третичные песчаники имеют сравнительно слабый цемент, состоящий в основном из глинистого вещества. Изредка встречаются крепкие, сливные песчаники, с кремнистым цементом.

Третичные песчаники с глинистым цементом в районе Белгородского месторождения характеризуются объемным весом колеблющимся в пределах 1,68–2,05, естественная влажность их составляет 16–38%, а временное сопротивление сжатию не превышает обычно $7,7 \text{ кг/см}^2$, что характеризует их малую прочность.

С точки зрения размокания образцы третичных песчаников как в состоянии естественного сложения, так и высушенные до воздушно-сухого состояния при погружении в воду в течение 15 минут быстро осыпались частицы со всей поверхности при интенсивном выделении пузырьков воздуха.

Наблюдения при бурении скважин в этих песчаниках установили полное поглощение глинистого раствора при их проходке, что является признаком их повышенной трещиноватости.

6. Характеристика четвертичных отложений

Четвертичные отложения на территории КМА развиты повсеместно, но изучение их инженерно-геологических свойств произведено только для районов наиболее перспективных месторождений КМА, причем наиболее изученными являются покровные элювиально-делювиальные суглинки и глины, разви-

тые на водоразделах. Мощность этих образований 2–20 м, реже до 30 м. В долинах рек развиты аллювиальные накопления, представленные то грубозернистыми гравийными песками, то глиноподобными иловатыми осадками.

Район Михайловского месторождения. В районе Михайловского месторождения элювиально-делювиальные отложения на междуречных пространствах представлены в основном пылеватыми глинами и суглинками тяжелыми, пылеватыми. Суглинки средние, а также суглинки средние пылеватые встречаются значительно реже.

Гранулометрический состав пылеватых глин характеризуется (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 50) содержанием глинистых фракций размером менее 0,005 мм в пределах 33,55–54,0% (в среднем 44,56%), причем преобладают тонкопелитовые частицы ($< 0,001$ мм) – 21,84–38,0% (в среднем 32,14%), а у суглинков тяжелых, пылеватых в пределах 20,14–28,0% (в среднем 23,91%), причем также преобладают тонкопелитовые частицы 7,41–23,0% (в среднем 17,94%). Пылеватых фракций (0,05–0,005 мм) пылеватые глины содержат в пределах 17,0–62,0% (в среднем 47,11%), а суглинки тяжелые пылеватые в пределах 52,0–72,42% (в среднем 65,04%), причем в обоих случаях преобладает крупная пыль (0,05–0,01 мм). В первом случае содержание крупной пыли составляет 10,0–55,0% (в среднем 37,9%), а во втором 49,0–65,0% (в среднем 59,23%). Песчаных фракций (1–0,05 мм) пылеватые глины содержат в пределах 0,0–29,0% (в среднем 8,33%), причем преобладают тонкие частицы (0,10–0,05 мм) 0,0–29,0% (в среднем 7,04%). Суглинки тяжелые, пылеватые содержат песчаных фракций (0,5–0,05 мм) в пределах 4,0–23,0% (в среднем 11,04%), причем также преобладает тонкозернистая фракция (0,10–0,05 мм) – 0,0–20,0% (в среднем 9,53%).

Удельный вес пылеватых глин колеблется в пределах 2,61–2,72 (в среднем 2,69), объемный вес составляет 1,77–2,09 (в среднем 2,0), объемный вес скелета равен 1,47–1,75 (в среднем 1,64).

Удельный вес суглинков тяжелых, пылеватых варьирует в пределах 2,66–2,70 (в среднем 2,68), объемный вес составляет 1,71–2,11 (в среднем 1,93), а объемный вес скелета равен 1,43–1,88 (в среднем 1,61).

Пористость пылеватых глин составляет 32,96 – 41,32% (в среднем 38,44%), коэффициент пористости 0,492 – 0,704 (в среднем 0,627).

Пористость суглинков тяжелых пылеватых достигает 34,08 – 46,67% (в среднем 38,04%), коэффициент пористости 0,517 – 0,875 (в среднем 0,623).

Естественная влажность пылеватых глин колеблется в пределах 16,7 – 33,9% (в среднем 22,68%), максимальная молекулярная влагоемкость составляет 13,80%, гигроскопическая влажность равна 1,58 – 8,40% (в среднем 5,36%), относительная влажность 0,81 – 1,06 (в среднем 0,94).

Естественная влажность суглинков тяжелых пылеватых колеблется в пределах 12,5 – 29,1% (в среднем 20,46%), максимальная молекулярная влагоемкость составляет 13,35 – 15,0% (в среднем 14,18%), гигроскопическая влажность равна 2,4 – 3,50% (в среднем 2,92%), а относительная влажность составляет 0,59 – 1,13 (в среднем 0,91).

Определение форм консистенции и пластичности глинистых пород установило, что предел текучести пылеватых глин колеблется в пределах 22,98 – 43% (в среднем 36,05%), предел пластичности составляет 16,0 – 21,9% (в среднем 18,99%), число пластичности равно 6,05 – 23,0% (в среднем 17,06%).

Суглинки тяжелые пылеватые имеют предел текучести 24,0 – 29,0% (в среднем 26,6%), предел пластичности составляет 18,0 – 22,0% (в среднем 19,6%), число пластичности 6,0 – 9,0% (в среднем 7,0%). Один образец из 11, имея предел текучести 26,6%, не раскатывается в шнур.

Полевое изучение покровных суглинков района Михайловского месторождения КМА установило, что эти породы большей частью залегают выше уровня грунтовых вод, занимая верхнюю часть разреза четвертичных отложений. В местах пониженных элементов рельефа, особенно в пределах долин рр. Черни и Речицы, эти суглинки залегают ниже уровня грунтовых вод, что является причиной местных напоров. Изучение суглинков в естественных обнажениях показало, что можно макроскопически выделить два характерных типа покровных суглинков:

1) Суглинки желтовато-бурые, пылеватые, а массе бескарбонатные (не реагируют на HCl), отчасти лессовидные, иногда вследствие оглеения с сероватым оттенком или слабо охристые от присутствия гидроокислов железа.

2) Суглинки желтовато-бурые, средние, пылеватые, лессовидные, имеющие структуру лессов, карбонатные (вскипают с HCl), содержащие включения известковых конкреций, пылеватые частицы преобладают, но представляют собой агрегаты более мелких частиц. Их физико-механические свойства более низкие.

Причинами неоднородности суглинков являются условия их образования и залегания, а также минералогический состав.

Данные гранулометрического состава, а также показатели водно-физических и физико-механических свойств аллювиальных образований района Михайловского месторождения детально описаны в фондовой работе автора (1960, табл. 51).

Эти отложения здесь представлены песками разнозернистыми, в основном среднезернистыми, а также песками мелкозернистыми, глинистыми. Изредка встречаются прослои песков разнозернистых, глинистых.

Гранулометрический состав песков разнозернистых характеризуется содержанием песчаных фракций в пределах 84,1 – 89,65% (в среднем 87,05%), причем преобладает среднезернистая фракция (0,5 – 0,25 мм) 28,26 – 50,59% (в среднем 42,38%) на втором месте идет мелкозернистая фракция (0,25 – 0,1 мм) 12,82 – 32,57% (в среднем 18,84%), далее идут крупнозернистая (1 – 0,5 мм) 6,07 – 13,23% (в среднем 10,71%) грубозернистая 7,52 – 10,7% (в среднем 8,95%) фракции. В этих песках в незначительном количестве имеется также примесь грабийных фракций (10 – 2 мм), равная в среднем 4,34%, Пылеватых фракций (0,05 – 0,005 мм) пески разнозернистые содержат в пределах 10,35 – 15,9% (в среднем 12,95%, причем ни одна из пылеватых фракций не преобладает).

Угол естественного откоса песков мелкозернистых, глинистых в сухом состоянии колеблется в пределах 40° – 43° (в среднем 41°), а под водой в пределах 34° – 36° (в среднем $35,3^{\circ}$).

Угол естественного откоса песков разнозернистых в сухом состоянии составляет 40° , а под водой 35° .

Район Лебединского месторождения. В районе Лебединского месторождения КМА элювиально-делювиальные отложения на водоразделах представлены главным образом глинами пылеватыми, суглинками пылеватыми, а также переотложенным мелом.

Данные гранулометрического состава, а также показате –

ли водно-физических и физико-механических свойств покровных отложений района Лебединского месторождения приведены нами в основной работе (1960, табл. 52).

Глины. Гранулометрический состав пылеватых глин характеризуется содержанием глинистых фракций размером менее 0,005 мм в пределах 26,5–56,8% (в среднем 37,58%). Пылеватых фракций (0,05–0,005 мм) глины пылеватые содержат в пределах 13,1–63,8% (в среднем 40,05%), причем преобладает крупная пыль (0,05–0,01 мм) 3,5–50,2% (в среднем 27,6%). Песчаных фракций (1–0,05 мм) пылеватые глины содержат в пределах 2,8–51,5% (в среднем 22,38%) причем преобладает тонкие частицы (0,10–0,05 мм) 0,2–41,7% (в среднем 13,34%) на втором месте идет мелкозернистая фракция (0,25–0,10 мм) 0,7–18,5% (в среднем 4,83%).

Удельный вес пылеватых глин колеблется в пределах 2,67–2,74 (в среднем 2,71), объемный вес составляет 1,68–2,02 (в среднем 1,9), объемный вес скелета 1,45–1,74 (в среднем 1,54).

Пористость пылеватых глин составляет 36,0–46,0% (в среднем 43,1%), коэффициент пористости соответственно равен 0,564–0,848 (в среднем 0,758).

Четвертичные суглинки в районе Лебединского месторождения КМА имеют сравнительно меньше распространение, чем глины, причем переход от глин к суглинкам часто не имеет ясной границы. Нередко в глинистой толще наблюдаются сильно опесчаненные прослои, линзы и гнезда, которые постепенно смещаются суглинистыми породами. По внешним признакам и некоторым другим свойствам суглинки мало чем отличаются от глин. По генезису суглинки, так же как и глины, относятся к элювиально-делювиальным образованиям, слагая возвышенные элементы рельефа.

Четвертичные суглинки являются пылеватыми породами, причем наибольшее значение имеют тяжелые разности. Суглинки средние и легкие встречаются весьма редко.

Химический состав суглинков (всей породы и ее глинистой фракции) по данным валового химического анализа сведен нами в фондовой работе (1960, табл. 53).

Из таблицы видно, что в суглинке преобладает кремнезем $\text{SiO}_2 = 86,89\%$. Количество полуторных окислов (R_2O_3) составляет 9,55%.

Глинистая фракция суглинка характеризуется меньшим количеством кремнезема – 56,08% и повышенным содержанием полуторных окислов (R_2O_3) – 31,84%.

Незначительная величина соотношения $SiO_2:R_2O_3 = 1,78$ указывает на отсутствие в составе глинистой фракции суглинков минералов, обладающих гидрофильными свойствами.

Суглинки характеризуются незначительным содержанием воднорастворимых солей (Н.К.Паффенгольц, 1960, табл. 54). Сухой остаток породы составляет 0,057 г на 100 г абсолютно сухого грунта.

Водная вытяжка имеет слабо щелочную реакцию среды ($pH=7,6$), общая щелочность составляет 0,52 мг/экв.

Воднорастворимые соли представлены бикарбонатами (32 мг/100 г), натрием (0,53 мг/экв), сульфатами (0,29 мг/экв), кальцием (0,28 мг/экв) и магнием (0,14 мг/экв).

Все изученные нами разности четвертичных суглинков в естественном сложении обладают относительно высокой прочностью и плотностью с хорошо развитыми структурными связями.

Следует отметить, что ввиду изменчивого литологического состава четвертичных отложений и небольшого количества исследованных образцов наличие просадочных лессовидных суглинков не исключено.

Переотложенный мел имеет в данном районе значительно меньшее распространение, чем глины и суглинки. По генетическим признакам этот мел, слагая нижние части разреза надпойменных террас, является делювиальным образованием.

Переотложенный мел представляет из себя сильно водонасыщенную тонкодиспергированную известковую породу белого цвета, обладающую хорошо выраженной пластичностью, а также резко выраженными тиксотропными свойствами.

Пески и супеси имеют большое распространение среди четвертичных отложений, представляя собой главным образом размытый аллювий.

Данные гранулометрического состава, а также показатели водно-физических и физико-механических свойств четвертичных песков района Лебединского месторождения сведены нами в фондовой работе (1960, табл. 55).

Из анализа гранулометрического состава видно, что четвертичные пески относятся к пескам разнозернистым, глинис-

тым, в основном мелкозернистым (тяжелым мелкопесчаным супесям).

Минимальные значения пористости породы, очевидно, связаны с заполнением пор кристаллами солей, а максимальная пористость обусловлена разуплотнением породы под влиянием процессов выветривания.

Угол естественного откоса песков в сухом состоянии 32° – 38° (в среднем $34,8^{\circ}$), под водой 30° – 35° (в среднем $33,2^{\circ}$).

В целом четвертичные пески являются породой плотно слежавшейся с хорошо развитыми внутренними структурными связями.

Район Яковлевского месторождения. В районе Яковлевского месторождения КМА четвертичные отложения представлены элювиально-делювиальными суглинками, развитыми на водоразделах, мощность которых 3–15 м. Долины рек выполнены древним и современным песчано-глинистым аллювием, мощность которого достигает 22 м.

Данные гранулометрического состава, а также показатели водно-физических и физико-механических свойств покровных суглинков района Яковлевского месторождения сведены нами в фондовой работе (1960, табл. 49).

Гранулометрический состав четвертичных суглинков характеризуется содержанием глинистых фракций размером менее 0,005 мм в пределах 18,65–30,0%, пылеватых фракций (0,05–0,005 мм) в пределах 50–72,95%, песчаных фракций (0,1–0,05 мм) в пределах 7,72–14,0%, песчаных фракций (0,5–0,1 мм) 0,68–1,0%.

Удельный вес суглинков равен 2,73, объемный вес при естественной влажности колеблется в пределах 1,7–1,95, объемный вес скелета составляет 1,02–1,63.

Пористость суглинков составляет 40–45%, а коэффициент пористости 0,680–1,004. Естественная влажность породы колеблется в пределах 19,8–30,3%, гигроскопическая влажность 4,5–5,2%.

Анализ этих и других данных говорит, что четвертичные суглинки являются сравнительно плотными породами с хорошо развитыми структурными связями.

В долинах рек Белгородского района развиты аллювиальные отложения, представленные как грубозернистыми гравийными песками (р. Северный Донец), у которых содержание пес-

Таблица 11

Водно-физические и физико-механические свойства четвертичных покровных отложений (суглинков и глины) КМА (по месторождениям и районам)

Составил Н.К. Паффенгольц

Наименование месторождения или района	Содержание глинистой фракции в %	Объемный вес	Удельный вес	Пористость	Естественная влажность	Число пластичности	Нижний предел пластичности	Угол внутреннего трения	Сила сцепления в кг/см ²	Показатель уплотненности Kd
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Лебединское месторождение	$\frac{10,1-58,8}{30,03}$	$\frac{1,88-2,04}{1,80}$	$\frac{2,67-2,74}{2,70}$	$\frac{34,8-46,0}{41,80}$	$\frac{12,4-29,6}{21,47}$	$\frac{12,2-24,4}{19,35}$	$\frac{9,5-26,7}{18,35}$	$\frac{21^{\circ}48'-28^{\circ}50'}{26^{\circ}34'}$	$\frac{0,150-0,800}{0,400}$	$\frac{0,11-0,98}{0,53}$
Михайловское месторождение	$\frac{15,0-54,0}{33,51}$	$\frac{1,71-2,11}{1,87}$	$\frac{2,81-2,72}{2,68}$	$\frac{32,88-46,67}{37,89}$	$\frac{12,5-33,9}{19,32}$	$\frac{6,0-23,0}{13,03}$	$\frac{6,0-23,0}{19,23}$	$\frac{29^{\circ}55'-42^{\circ}58'}{38^{\circ}12'-\text{ост.вл.}}$ $\frac{4^{\circ}18'-28^{\circ}35'}{20^{\circ}3' \text{ под водой}}$	$\frac{0,00-0,480}{0,269}$ $\frac{0,006-0,650}{0,241}$	$\frac{-0,43-0,82}{0,59}$
Яковлевское месторождение	-	$\frac{1,7-1,85}{1,80}$	$\frac{2,73}{2,73}$	$\frac{40-45}{48}$	$\frac{19,8-30,0}{24,7}$	$\frac{15,0}{15,0}$	$\frac{18,8-19,11}{19,0}$	$\frac{4^{\circ}59'-29^{\circ}55'}{-}$	$\frac{0,182-0,827}{-}$	$\frac{-0,19-0,58}{-}$
Северные районы	-	$\frac{-}{1,75}$	-	-	$\frac{24-82}{29}$	$\frac{10-19}{15,7}$	$\frac{18-24}{20}$	-	-	-
Восточные районы	-	-	-	-	$\frac{13-38,5}{20,5}$	$\frac{15-35}{24,3}$	$\frac{15-25}{19,7}$	-	-	-
Тим-Панковский район	-	$\frac{1,73-1,87}{1,77}$	-	$\frac{38,6-48,5}{42,5}$	$\frac{12,2-32,8}{16,8}$	$\frac{12,4-23,5}{20}$	$\frac{17-19,2}{17,8}$	-	-	-

Примечание: В числителе пределы содержания показателей; в знаменателе их средние величины

чанных фракций (3–0,5 мм) составляет 30–45%, так и глино-подобными иловатыми образованиями, у которых содержание глинистых фракций размером менее 0,005 мм колеблется в пределах 15–20%, а песчаных и пылеватых фракций (0,5–0,005 мм) – в пределах 36–40%.

Выводы по инженерно-геологической характеристике четвертичных покровных отложений

Для сравнительной инженерно-геологической характеристики четвертичных покровных отложений КМА некоторые их водно-физические и физико-механические свойства нами сведены в табл. 11.

Из данных таблицы видно, что среднее содержание глинистой фракции покровных отложений размером менее $< 0,005$ мм по всей территории КМА варьирует в границах 24,3–33,51%, средняя величина объемного веса – в пределах 1,75–1,97, средняя величина влажности составляет 16,9–29%, а средняя величина пористости 37,89–43%. Средняя величина числа пластичности на Михайловском месторождении составляет 13,03% на Яковлевском месторождении и в северных районах она соответственно равна 15,0 и 15,7%, а в районе Лебединского месторождения и в районах Восточном и Тим-Панковском средняя величина числа пластичности увеличивается, составляя соответственно 19,35% – 24,3%–20%. Средние величины нижнего предела пластичности колеблются в очень узких границах – от 17,9% до 20%.

Приведенные данные показывают, что четвертичные покровные отложения на всей территории КМА довольно однородны по своему составу и свойствам и представлены в основном тяжелыми суглинками и частично глинами.

Инженерно-геологические свойства песчаных пород КМА по месторождениям: 1) Лебединскому; 2) Михайловскому; 3) Яковлевскому; 4) в восточных районах; 5) в северных районах сопоставлены нами в табл. 12, а свойства глинистых пород тех же районов – в табл. 13.

В заключение следует указать, что детальная инженерно-геологическая характеристика всей осадочной (надрудной) толщи территории КМА, основанная на вышеприведенном материале опубликована нами в специальной статье (1964). Выводы по ней приведены ниже.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Геолого-тектонические выводы. В геолого-тектоническом отношении территория КМА относится к одной из крупных структур Русской платформы – Воронежской антеклизе, занимая ее юго-западное крыло и на переходах антеклизы к Днепровско-Донецкой впадине, и к Московской синеклизе. В геологическом разрезе этой территории выделяется два резко отличных комплекса пород: докембрийская кристаллическая толща и толща осадочных образований.

Весьма сложный погребенный рельеф кровли докембрийских пород влиял на мощность и условия отложения более поздних осадков.

Геологическое строение осадочного покрова территории КМА довольно сложно, так как различные ее зоны подвергались неоднократным колебательным движениям, что обусловило частичный или полный размыв отдельных ярусов распространенной здесь осадочной толщи. Фации и формации осадков находятся в теснейшей связи с колебательными движениями земной коры.

История Русской платформы распадается на три геотектонических цикла. Первый – каледонский цикл – на территории КМА не проявился. Второй – герцинский цикл – в этом районе начинается с терригенных отложений среднего девона, которые представляют собой нижнюю терригенную формацию (формация I). Осадки девона сменяются известняками нижнего карбона, составляющими известняковую формацию (формация II). Третий – альпийский цикл – начинается с терригенных отложений юры и нижнего мела, представляющих собой вновь терригенную формацию (формация III), которые сменяются меловыми породами и мергелями верхнего мела, слагающими мергельно-известняковую формацию (формация IV), после чего в третичном периоде вновь преобладают терригенные отложения, выражающие новую терригенную формацию (формация V). Четвертичные отложения на территории КМА составляют внеледниковую равнинную формацию (формация VI), иначе формацию гумидных равнин и отчасти ледниковую. Однотипные формации разных циклов сходны между собой, но не тождественны.

Анализ колебательных движений методом фации и мощностей, обусловивших смену фаций отложений по вертикали и в плане, показал следующее. Наиболее полный разрез надрудной

Date		Description		Amount	
1	1890	Jan 1	Balance	100.00	
2	1890	Jan 2	Jan 2	100.00	
3	1890	Jan 3	Jan 3	100.00	
4	1890	Jan 4	Jan 4	100.00	
5	1890	Jan 5	Jan 5	100.00	
6	1890	Jan 6	Jan 6	100.00	
7	1890	Jan 7	Jan 7	100.00	
8	1890	Jan 8	Jan 8	100.00	
9	1890	Jan 9	Jan 9	100.00	
10	1890	Jan 10	Jan 10	100.00	
11	1890	Jan 11	Jan 11	100.00	
12	1890	Jan 12	Jan 12	100.00	
13	1890	Jan 13	Jan 13	100.00	
14	1890	Jan 14	Jan 14	100.00	
15	1890	Jan 15	Jan 15	100.00	
16	1890	Jan 16	Jan 16	100.00	
17	1890	Jan 17	Jan 17	100.00	
18	1890	Jan 18	Jan 18	100.00	
19	1890	Jan 19	Jan 19	100.00	
20	1890	Jan 20	Jan 20	100.00	
21	1890	Jan 21	Jan 21	100.00	
22	1890	Jan 22	Jan 22	100.00	
23	1890	Jan 23	Jan 23	100.00	
24	1890	Jan 24	Jan 24	100.00	
25	1890	Jan 25	Jan 25	100.00	
26	1890	Jan 26	Jan 26	100.00	
27	1890	Jan 27	Jan 27	100.00	
28	1890	Jan 28	Jan 28	100.00	
29	1890	Jan 29	Jan 29	100.00	
30	1890	Jan 30	Jan 30	100.00	
31	1890	Jan 31	Jan 31	100.00	
32	1890	Feb 1	Feb 1	100.00	
33	1890	Feb 2	Feb 2	100.00	
34	1890	Feb 3	Feb 3	100.00	
35	1890	Feb 4	Feb 4	100.00	
36	1890	Feb 5	Feb 5	100.00	
37	1890	Feb 6	Feb 6	100.00	
38	1890	Feb 7	Feb 7	100.00	
39	1890	Feb 8	Feb 8	100.00	
40	1890	Feb 9	Feb 9	100.00	
41	1890	Feb 10	Feb 10	100.00	
42	1890	Feb 11	Feb 11	100.00	
43	1890	Feb 12	Feb 12	100.00	
44	1890	Feb 13	Feb 13	100.00	
45	1890	Feb 14	Feb 14	100.00	
46	1890	Feb 15	Feb 15	100.00	
47	1890	Feb 16	Feb 16	100.00	
48	1890	Feb 17	Feb 17	100.00	
49	1890	Feb 18	Feb 18	100.00	
50	1890	Feb 19	Feb 19	100.00	
51	1890	Feb 20	Feb 20	100.00	
52	1890	Feb 21	Feb 21	100.00	
53	1890	Feb 22	Feb 22	100.00	
54	1890	Feb 23	Feb 23	100.00	
55	1890	Feb 24	Feb 24	100.00	
56	1890	Feb 25	Feb 25	100.00	
57	1890	Feb 26	Feb 26	100.00	
58	1890	Feb 27	Feb 27	100.00	
59	1890	Feb 28	Feb 28	100.00	
60	1890	Feb 29	Feb 29	100.00	
61	1890	Mar 1	Mar 1	100.00	
62	1890	Mar 2	Mar 2	100.00	
63	1890	Mar 3	Mar 3	100.00	
64	1890	Mar 4	Mar 4	100.00	
65	1890	Mar 5	Mar 5	100.00	
66	1890	Mar 6	Mar 6	100.00	
67	1890	Mar 7	Mar 7	100.00	
68	1890	Mar 8	Mar 8	100.00	
69	1890	Mar 9	Mar 9	100.00	
70	1890	Mar 10	Mar 10	100.00	
71	1890	Mar 11	Mar 11	100.00	
72	1890	Mar 12	Mar 12	100.00	
73	1890	Mar 13	Mar 13	100.00	
74	1890	Mar 14	Mar 14	100.00	
75	1890	Mar 15	Mar 15	100.00	
76	1890	Mar 16	Mar 16	100.00	
77	1890	Mar 17	Mar 17	100.00	
78	1890	Mar 18	Mar 18	100.00	
79	1890	Mar 19	Mar 19	100.00	
80	1890	Mar 20	Mar 20	100.00	
81	1890	Mar 21	Mar 21	100.00	
82	1890	Mar 22	Mar 22	100.00	
83	1890	Mar 23	Mar 23	100.00	
84	1890	Mar 24	Mar 24	100.00	
85	1890	Mar 25	Mar 25	100.00	
86	1890	Mar 26	Mar 26	100.00	
87	1890	Mar 27	Mar 27	100.00	
88	1890	Mar 28	Mar 28	100.00	
89	1890	Mar 29	Mar 29	100.00	
90	1890	Mar 30	Mar 30	100.00	
91	1890	Mar 31	Mar 31	100.00	
92	1890	Apr 1	Apr 1	100.00	
93	1890	Apr 2	Apr 2	100.00	
94	1890	Apr 3	Apr 3	100.00	
95	1890	Apr 4	Apr 4	100.00	
96	1890	Apr 5	Apr 5	100.00	
97	1890	Apr 6	Apr 6	100.00	
98	1890	Apr 7	Apr 7	100.00	
99	1890	Apr 8	Apr 8	100.00	
100	1890	Apr 9	Apr 9	100.00	

100

толщи констатирован в южной части КМА (район Яковлевского месторождения), на юго-западном погружении Воронежской антеклизы (рис. 6); в районе же гор Губкина, близ ее ядра, наблюдается наиболее сокращенный разрез, так как многие стратиграфические подразделения здесь выпадают, а другие обладают малыми мощностями. Район Михайловского месторождения, хотя и находится на одном простирании с Губкинским, но и приурочен уже к северо-западному погружению Воронежской антеклизы; поэтому Михайловский разрез отличается от вышеупомянутого, занимая некоторое среднее положение между ним и Яковлевским.

Существенные перестройки прежней геотектонической картины региона происходили перед средним девоном, перед нижним карбоном, на границе нижнего и среднего карбона, перед ба- том, в келловее, на границе сеномана и турона, в палеоцене.

Особенности (различия) литологического состава пород отдельных стратиграфических подразделений разрезов различных районов КМА обусловлены разным положением сравниваемых разрезов по отношению к ядру Воронежской антеклизы. Отчетливая ритмичность наблюдается в отложениях верхней юры и верхнего мела Старо-Оскольского разреза, что связано с колебательными движениями ядра антеклизы; в более же удаленных частях ее — в районах Яковлева и Михайловки, эти колебания естественно отражались на осадконакоплении уже в гораздо меньшей степени.

В заключение следует отметить еще следующий факт. При описании верхнеюрских, меловых и эоценовых (?) отложений неоднократно подчеркивался кварцево-полевошпатовый состав песчаников и песков указанных разрезов. Этот материал уже не мог поступать из докембрийских отложений Воронежской антеклизы, поскольку последняя уже была перекрыта осадочным чехлом девона, карбона и частью средней юры. Единственным источником сноса этого материала мог являться лишь Украинский кристаллический массив, который в это время был, следовательно, значительно (?) поднят.

2. Геоморфологические выводы. В геоморфологическом отношении территория КМА занимает южную часть Среднерусской возвышенности, водораздел рр. Днепра и Дона, и представляет собой невысокую всхолмленную равнину, расчлененную речными долинами, балками и оврагами. Условия, определяющие тен-

денцию развития рельефа, создавались геолого-тектоническими и климатическими предпосылками.

Основными факторами, определявшими условия развития рельефа территории КМА в четвертичное время, являются вертикальные колебательные движения этой части Русской платформы, обуславливавшие периодические изменения в положении базисов эрозии, смена эпох оледенения и межледниковых эпох, которыми определялись массы воды, воздействующей на рельеф и отвечающие им количества сносимого материала, а также состав, условия залегания, характер поверхности коренных пород и распределение четвертичных отложений различного генезиса. Кроме того, в формировании речных долин большую роль играли также регрессия третичного моря, карстовые и суффозионные процессы.

В пределах изученной территории не констатировано более высоких террас, чем пойменные, за исключением локальных. Поскольку террасы являются отражением отдельных этапов эрозии, их отсутствие говорит о том, что этот район испытывал непрерывное равномерное поднятие (эпейрогеническое) в течение всего четвертичного периода и указывает на наличие одного этапа врезания.

Район КМА характеризуется рельефом с выпуклыми склонами, что говорит о возрастающей интенсивности эрозии и восходящем развитии рельефа, т.е. опять-таки об эпейрогеническом поднятии этого района.

На фоне крупнохолмистого рельефа денудацией и эрозией в конце третичного и на всем протяжении четвертичного времени, а также оползнями была создана густая долинно-балочная и овражная сеть. Современные, активно растущие системы оврагов находятся в разных стадиях развития. Развитию оврагов весьма благоприятствуют большая мощность лессовидных суглинков, климатические условия, крутизна и ориентация склонов, а также положение базисов эрозии.

Головная часть оврагов в зоне распространения меловых пород развивается в большей части за счет выхода грунтовых вод и в меньшей – за счет поверхностного стока, т.е. суффозионным путем. На склонах крупных оврагов, сложенных меловыми породами, идет интенсивное образование боковых оврагов.

Интересно отметить ярко выраженную асимметрию склонов: склоны, падающие на юг и восток, разрушаются значительно быстрее и имеют большое количество деформаций, что объясняется их экспозицией.

3. Минерало-петрографические выводы. Детальный минерало-петрографический анализ фракций 0,01–0,25 мм песчано-глинистых пород осадочной (надрудной) толщи КМА позволили нам расчленить эту толщу на 19 литологических горизонтов (пачек) с характерными минеральными ассоциациями.

В качестве руководящих минералов при расчленении изученных отложений были выделены главным образом минералы терригенного происхождения и реже аутигенного. Аутигенные минералы могут быть корреляционными лишь в том случае, если условия среды осадконакопления сравниваемых отложений являются одинаковыми. В противном случае в одновозрастных отложениях различных участков данного района, имеющих общую область сноса, аутигенные минералы могут быть различными. Отмечая второстепенную роль аутигенных минералов при расчленении и корреляции отложений, следует отметить важность их изучения при рассмотрении диагенетических и эпигенетических процессов.

Выделенные детальным анализом минеральные ассоциации и разновидности минералов дали существенные дополнительные критерии для суждения о составе материнских пород и о последовательности их размыва в периоды формирования отдельных пачек и толщ отложений.

В результате петрографо-минералогического исследования песчано-глинистых пород осадочной (надрудной) толщи КМА можно сделать следующие основные выводы:

1) Структура докембрийского фундамента и рельеф его поверхности, как отражение этой структуры, играли основную роль в формировании и распространении древнейших отложений осадочной толщи.

2) Намечается два крупных этапа формирования осадочной толщи – палеозойский и мезозойский, свидетельствующие о непрерывном расширении площади осадконакопления.

3) Ассоциации терригенных минералов в пределах палеозойского и мезозойского комплексов осадочной толщи КМА во всех ярусах сохраняют один и тот же состав, что указывает на преобладание областей питания в течение соответствующих периодов.

4) Постоянное присутствие в тяжелой фракции песчано-глинистых пород всей осадочной толщи КМА группы устойчивых минералов (циркона, рутила, граната, турмалина) и преобладание кварца в легкой фракции говорит о том, что в составе пород питающих провинций преобладающую роль играли обломочные осадочные породы (главным образом древние или формировавшиеся в обстановке интенсивного выветривания).

5) Наличие в легких фракциях зерен кварца с волнистым и мозаичным погасанием, а также присутствие в тяжелых фракциях дистена, ставролита, и граната указывают, что в составе питающих провинций входили и метаморфические породы.

Следует отметить, что в южных районах КМА кварц с волнистым погасанием не обнаружен.

6) Наличие роговой обманки и пироксенов, характерных для изверженных и метаморфических пород докембрийских отложений Воронежской антеклизы и Украинского кристаллического массива, свидетельствует о размыве этих отложений.

7) Присутствие в тяжелой фракции песчано-глинистых пород циркона, сфена, изредка апатита, и в легкой, кроме кварца, в значительном количестве полевых шпатов, среди которых преобладают калиевые разновидности с хорошо выраженной микроклиновой решеткой, а также мусковита, указывают на то, что среди пород питающих провинции, кроме осадочных и метаморфических пород, могли присутствовать и граниты.

8) Слабая окатанность и плохая сортировка терригенного материала и значительное содержание в изученных породах полевых шпатов указывают на то, что область сноса в течение палеозоя и мезокайнозоя находилась на небольшом расстоянии от зоны осадконакопления. При этом рассматриваемая территория находилась в основном вблизи береговой линии, о чем свидетельствует характер осадков, представленных мелководными, часто прибрежно-континентальными фациями (чередованием тонкослоистых глин и известняков в палеозое и разно- и мелкозернистыми и тонкозернистыми песчано-глинистыми породами, нередко со значительным содержанием глауконита и растительных остатков).

9) Наличие глауконита (аутигенного не переотложенного) в сочетании с фосфоритами в мезо-кайнозойских отложениях является надежным признаком морского происхождения осадочной толщи.

10) Широкое развитие в осадочных отложениях девона, юры и нижнего мела пирита и сидерита служит показателем сильно восстановительной обстановки среди образования этих осадков.

11) Преобладающая мелкозернистость и тонкозернистость терригенного материала и почти полное отсутствие в разрезе палеозоя и мезо-кайнозоя грубообломочных пород свидетельствует о слабом расчленении прилегавшей суши, которая являлась в значительной мере пенепленизированной, что обуславливало преобладание химического разложения над физическим выветриванием.

При изучении глинистых минералов коллоидно-дисперсной части песчано-глинистых отложений осадочной (надрудной) толщи КМА выяснилось, что ни один глинистый минерал не образует в них мономинеральных ассоциаций как по глубине толщи, так и по ее простиранию. Ассоциации всегда состоят от двух до трех компонентов, причем один, реже два, преобладают, а остальные присутствуют в подчиненном количестве.

В составе коллоидно-дисперсной части песчано-глинистых отложений КМА установлено присутствие таких минералов, как гидрослюда (в том числе бейделлитизированная), каолинит, бейделлит, монтмориллонит, в незначительной степени галлуазит, имеются также аморфные коллоиды.

При выделении минералогических зон по преобладанию тех или иных глинистых минералов и коррелировании их с определенными стратиграфическими подразделениями выяснилась их полная взаимосвязь с фациальными условиями седиментогенеза, что позволяет уточнять представления о генетических особенностях времени седиментации и о закономерностях распределения глинистых минералов в разрезе и плане.

Отмеченная выше полиминеральность в минералогическом составе коллоидно-дисперсной части песчано-глинистых пород осадочной (надрудной) толщи КМА говорит о формировании этих осадков главным образом путем поступления разнообразных глинистых минералов с областей сноса в соответствующие бассейны в виде взвешенных частиц и их преобразовании в результате различных физико-химических условий минералообразования на дне морей.

По мере удаления от источника сноса и длительности перемывания волнами и течениями происходит изменение мине-

рального состава коллоидно-дисперсной части песчано-глинистых отложений и в ней начинает преобладать какой-нибудь один минерал, наиболее соответствующий степени изменения первичного материала и характеру среды.

Приведенный фактический материал по минералогическому составу изученных палеозойских и мезо-кайнозойских песчано-глинистых пород позволяет высказать следующее:

1) Изученным разновозрастным песчано-глинистым отложениям одного и того же бассейна соответствует своя определенная ассоциация глинистых минералов.

2) Количественное соотношение минеральных компонентов и преобладающих глинистых минералов в пределах синхронных песчано-глинистых осадков одного и того же бассейна меняется от одного фациального типа отложений к другому.

Эти различия минеральных ассоциаций коллоидно-дисперсной части песчано-глинистых отложений КМА как в вертикальном разрезе, так и в плане обусловлены региональной зональностью условий химической и механической дифференциации морских осадков.

Доломитизация средне-верхнедевонских и нижнекаменноугольных известняковых пород выражалась в основном заимствованием магния из поглощенного комплекса глинистых минералов песчано-глинистых отложений, перемежающихся с известняковыми осадками, свидетельством чего является пониженное содержание магния в них по сравнению с песчано-глинистыми породами других стратиграфических подразделений.

4. Инженерно-геологические выводы. Инженерно-геологические свойства горных пород являются своеобразным физико-механическим выражением их минерало-петрографических особенностей. Незначительные изменения петрографических характеристик породы (химико-минералогического состава и структуры) явственно сказываются на показателях его физико-механических и водно-физических свойств.

Но минерало-петрографические особенности горных пород являются результатом определенных условий осадконакопления (седиментогенез, диагенез, эпигенез) и последующих изменений породы (ранний метаморфизм, гипергенез) в ходе геологической истории района. Поэтому инженерно-геологические особенности горных пород обнаруживают органическую связь с геолого-тектонической структурной принадлеж -

ностью района, иначе говоря обусловлены регионально-геологическими закономерностями. Это обстоятельство обязывает производить исследования горных пород в инженерно-геологическом отношении на основе детального минералого-петрографического и структурно-геологического изучения района, а также его геологической истории (иными словами, с использованием регионально-геологического метода).

Данное положение является основным в современном учении о природе и процессах формирования прочности и других инженерно-геологических свойствах горных пород в ходе их литогенеза.

Таблицы результатов определения показателей состава, состояния и других инженерно-геологических свойств песчано-глинистых пород осадочной (надрудной) толщи КМА свидетельствуют о больших колебаниях в значениях минимальных и максимальных величин большинства показателей почти для всех стратиграфических подразделений.

Для глинистых пород это обусловлено в основном микро-неоднородностью литологического состава, крайне изменчивой прочностью кристаллизационно-цементационного (карбонатностью) и другого характера осадков, микрослоистостью или ее отсутствием и т.д.

Для рыхлых песчаных образований это обусловлено в основном неоднородностью гранулометрического состава (полидисперсностью), различием в степени уплотненности, минералогического состава и т.д.

Для диагенетически измененных песчаных пород (песчаников) значительные колебания в величинах тех или иных показателей физико-механических свойств обусловлены ролью химического состава и характера цементации пород, их строения и сложения (структуры и текстуры), минералогического состава и степенью выветрелости.

Для глинисто-карбонатных пород колебания показателей их инженерно-геологических свойств объясняются различиями химического состава (карбонатности) пород, их структуры и текстуры.

Неоднородность гранулометрического состава песчано-глинистых отложений прослеживается как по простиранию слоев, так и в вертикальном разрезе. Изменения гранулометрического состава по простиранию вызваны площадной зональностью

морских условий седиментации осадков, которая в свою очередь обусловлена морфологией морского дна и различием гидродинамических режимов соответствующих бассейнов. Колебания гранулометрического состава в вертикальном разрезе выражают колебания режима осадконакопления во времени.

На территории КМА прослеживаются некоторые закономерности изменения гранулометрического состава песчаных отложений, обусловленные перечисленными выше причинами.

Из анализа состава, состояния и других инженерно-геологических свойств палеозойских и мезо-кайнозойских глинистых отложений можно сделать следующие выводы:

1) Основным фактором, определяющим физическое состояние, водно-физические и физико-механические свойства глинистых пород является глубина их залегания и отчасти возраст. Влияние различной известковистости глин на их свойства не проявляется.

2) С увеличением глубины залегания глинистых пород уменьшается их пористость, влажность и сжимаемость; увеличивается их степень уплотненности (K_d — по В.А. Приклонскому), сопротивление сжатию и сдвигу, набухаемость, а также степень раскристаллизованности тонких фракций.

3) Гидрофильность глинистых пород определяется минералогическим составом их тонких фракций. Более высокой гидрофильностью обладают глины с более высоким содержанием высокогидрофильных глинистых минералов и небольшой раскристаллизованностью тонких фракций и наоборот.

4) Формирование глинистых отложений в условиях восстановительной среды, благодаря которой возникли легкоокисляющиеся минералы, в также присутствие органического вещества и глауконита, уменьшает сопротивление породы выветриванию.

5) Четвертичные покровные отложения на всей территории КМА довольно однородны по своему составу и свойствам и представлены в основном тяжелыми суглинками и частично глинами, являющимися непросадочными породами.

6) Наблюдающиеся в ряде случаев относительно невысокие значения пористости глинистых пород, обладающих сравнительно большой удельной поверхностью коллоидно-дисперсных частиц, слагающих глинистые отложения, объясняются не только компактной упаковкой этих частиц, но и частичным заполнением пор породы цементирующими веществами, каковыми явля-

ются выкристаллизовавшиеся соли карбонатов и сульфатов и отвердевший гель кремнекислоты. Кроме того, преобладание в составе поровой воды сульфатов способствует уменьшению толщины диффузных (гидратных) оболочек между коллоидно-дисперсными частицами породы и обеспечивает их полную упаковку. В том же направлении действует и состав обменных оснований поглощающего комплекса глинистых пород.

7) Имеющиеся у некоторой части образцов глинистых пород расхождения гранулометрического состава и числа пластичности также, по-видимому, объясняются сложным минеральным составом породы и ее засоленностью и, следовательно, составом поровой воды, что несомненно оказывает влияние на показатели пластичности глинистых отложений. Кроме того, это расхождение обусловлено наличием хорошо связанных агрегатов, слабо поддающихся диспергированию при обработке глинистой породы для гранулометрического анализа.

Для классификации песчано-глинистых отложений коренных пород (породы основы) использовалась классификация И.В. Попова, приведенная в его учебнике "Инженерная геология" (1951). Эта классификация песчано-глинистых отложений по гранулометрическому составу лучше других согласуется с классификацией тех же пород по числу пластичности. Детализация наименования видов пород производилась по другим классификациям (В.В.Охотина и др.).

Все карбонатные осадки нижнекаменноугольного моря мелководны и характеризуются довольно близкие по глубине условия. Но все же при описании фаций в развитии этого бассейна можно выделить три этапа одного ритма осадконакопления.

Развитие условия осадконакопления определяют значительные колебания их инженерно-геологических свойств.

Среди известняков преобладают скрытокристаллические крепкие сливные известняки, среди которых встречаются как очень прочные окварцованные разности, так и слабые глинистые. В массиве известняки часто трещиноваты, кавернозные и закарстованы, которые развиты неравномерно.

Глинистые сланцы и сланцеватые глины, переслаивающие толщу известняков карбона, являются по своим свойствам породами весьма неоднородными.

Встречаются как рыхлые, весьма неустойчивые глины, легко размокающие в воде, так и плотные глины, колющиеся

на плитки, представляющие уже глинистые сланцы.

Сравнительная характеристика физико-механических свойств мергельно-меловых пород турона – сантона – маастрихта территории КМА показывают, что меловые породы турона в районе Белгородского месторождения в соответствии с их большей глубиной залегания сильно уплотнены по сравнению с аналогичными породами района Лебединского месторождения, а следовательно, обладают и большей прочностью.

Обычно туронский мел представлен плотными разностями, но встречаются также прослои и разжиженного мела. Пластичность мела хорошо выражена.

Мергели сантона обладают крайне изменчивыми инженерно-геологическими свойствами, что обусловлено наличием в их толще различных разновидностей, отличающихся по механическому составу. Меловые породы маастрихта, как залегающие близко к поверхности и нередко обнажающиеся в долинах рек, балок и оврагов, наиболее выветрелы, трещиноваты и закарстованы. Поэтому эти породы более мягки и легки, местами глиноподобны.

Изучение трещиноватости мергельно-меловых пород показало убывание интенсивности трещиноватости с глубиной, причем преобладают две системы трещин, имеющие направления, близкие к вертикальному и горизонтальному (с углами падения $8-10^\circ$ и $55-70^\circ$).

Для выделенных на территории КМА осадочных формаций (даваемые для трех основных структурных элементов территории КМА: северного склона, центральной части и южного склона Воронежского поднятия) дается их расчленение на геолого-генетические комплексы, детально описывается их минералого-петрографическая характеристика, выделяются петрографические типы пород и их инженерно-геологические виды. Они имеют большое значение при расчленении, корреляции и составлении разрезов мощных глинистых и песчано-глинистых толщ, а также известняковых и мергельно-меловых свит.

Указанное упорядочение инженерно-геологического изучения формаций осадочной (надрудной) толщи КМА несомненно имеет практическое значение в том смысле, что:

1) определение инженерно-геологических свойств горных пород производится не по случайно выбранным пробам, а по характерным образцам имеющим надлежащее минералого-пет-

рографическое и структурно-геологическое обоснование;

2) с помощью такого подразделения формаций создается возможность широких, вполне научно обоснованных экстраполяций инженерно-геологических свойств единичных образцов горных пород по геолого-петрографическим признакам. Иными словами, достигается возможность на полученных геологических профилях без проведения дополнительных исследований выделить инженерно-геологические виды пород с ориентировочными показателями водно-физических и физико-механических свойств, т.е. получить уже инженерно-геологические профили;

3) при соблюдении изложенного порядка исследований создается возможность упорядочения общей системы отбора образцов горных пород для исследования их инженерно-геологических свойств в лабораторных условиях, целеустремленно назначая необходимые исследования и сокращая за счет этого общее количество исследований;

4) с помощью такого подразделения осадочных формаций и геолого-генетических комплексов на петрографические типы достигается наиболее рациональное и всестороннее изучение свойств пород, распространенных в интересующем нас массиве, и, следовательно, создается возможность наметить однородные инженерно-геологические разности пород, т.е. установить общую схему расчета;

5) достигается возможность анализа и обобщения инженерно-геологических характеристик горных пород на основе минералого-петрографических данных, чем устанавливаются зависимости между инженерно-геологическими свойствами горных пород, с одной стороны и минералого-петрографическими свойствами - с другой.

В условиях КМА такое упорядочение изучения осадочных формаций несомненно имеет большое практическое значение. Значение всестороннего изучения состава осадочных формаций особенно возрастает в том случае, когда требуется давать инженерно-геологические характеристики и выводы для различных районов КМА по общегеологическим данным, без выполнения специальных исследований. Такого рода задачи приходится решать, например, при характеристике новых, еще не изученных месторождений на основании использования данных и опыта эксплуатации хорошо изученных месторождений, что является невозможным без регионально-геологических предположений и обоснований.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Авдусин П.П. Глинистые породы. Изд. АН СССР, 1953.
- Андреева Н.С. К литологии юрских отложений южной части территории КМА. В кн.: Работы горно-геологической станции на Курской магнитной аномалии. М., Изд. АН СССР, 1960.
- Андреева Н.С. Инженерно-геологическая структура осадочной толщи Михайловского месторождения КМА. В кн. Исследования по геологии, горному делу и обогащению руд КМА, М., 1962.
- Андреева Н.С., Рязанова Ю.В. Инженерно-геологические условия устойчивости надрудной толщи постоянного борта Михайловского карьера. В кн.: Материалы совещ. по вопросам изучения оползней и меры борьбы с ними. Изд. Киевского ун-та, 1964.
- Андреева Н.С., Шибанова В.Л. Нижневолжский ярус верхней юры и геокомский ярус нижнего мела Михайловского железорудного района КМА. В кн.: Вопросы геологии, инженерной геологии и гидрогеологии месторождений КМА. М., Изд. АН СССР, 1961.
- Андреева Н.С., Шибанова В.Л. Нижнемеловые отложения района Михайловского месторождения КМА. В кн.: Геология и полезные ископаемые Центрально-Черноземных областей. Тр. межобл. совещания. Воронеж, 1964.
- Антипов-Каратаев И.Н., Антипова-Каратаева Т.Ф. и Ясиновский А.Н. Физико-химические свойства почв в зависимости от состава и соотношения обменных катионов. Коллоидный журнал, т. 1, вып. 3 и 4, 1935.
- Артемьев А.В. Применение структурного анализа при решении инженерно-геологических задач и его значение для исследования месторождений КМА. В кн.: Вопросы геологии, инженерной геологии и гидрогеологии месторождений КМА. М., Изд. АН СССР, 1961.
- Архангельский А.Д. Курская магнитная аномалия. М. - Л., Гос. изд., 1924.
- Архангельский А.Д., Корбуш И.И. Общие результаты разведочных работ в области Шигровского максимума Курской магнитной аномалии. Тр. Особой комиссии по исследованию Курских магнитных аномалий, вып. 7. Тр. геол. отд. М. - Л., Промиздат, 1926.

- Атанальян В.А. Наставление по иммерсионным исследованиям. Гостоптехиздат, 1954.
- Атлас литолого-фациальных карт Русской платформы. Часть I. Палеозой. Под редакцией В.П.Бархатовой, Е.М.Моткевич, Ю.А.Притула, В.В.Рябина. Часть II. Мезозой. Под редакцией А.Б.Ронова, Н.П.Сазонова, Изд. Министерства нефт.пром. СССР, АН СССР, 1952 – 1953.
- Батурин В.П. Палеография по терригенным компонентам. Баку – Москва, АзОНТИ, 1937.
- Батурин В.П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. Изд. АН СССР, 1947.
- Белоусов В.В. Фации и мощности осадочных толщ Европейской части СССР. Тр. ИГН АН СССР, вып. 76, 1944.
- Белоусов В.В. Основные вопросы геотектоники. Госгеолиздат, 1954.
- Белоусова В.И. Определение минералогического состава глинистых пород методом иммерсии и окрашивания. Гостоптехиздат, 1948.
- Белый Л.Д. О генетической классификации континентальных отложений. Изв. АН СССР, сер. геол., № 2, 1950.
- Белый Л.Д. Геологические основы классификации грунтов при изысканиях и проектировании гидроэнергетических сооружений. М. – Л., Госэнергоиздат, 1951.
- Бернацкий Л.Н. Деформации земляных масс, их причины и меры предупреждения, Тр. Шведской геот.комиссии ОНТИ, 1934.
- Боярский В.А. Добыча руды открытым способом (1917 – 1950). М., "Наука", 1971.
- Булычев В.В., Головин Г.М., Зурков П.Э. и др. Разработка железных руд открытым способом. Св. – М. Металлургияиздат, 1953.
- Вайнштейн Б.Г. Проходка стволов шахт в условиях Курской магнитной аномалии. Мат. научно-технического совещания по спец. способам проходки шахт, Углетехиздат, 1957.
- Варфоломеев В.Т. Технический отчет по опытным откачкам из сеноман-альбских песков на третьем гидрогеологическом кусте Лебединского месторождения КМА. Фонды комб-та КМАРуда, Губкин, 1940.
- Васильев А.М. Основы современной методики и техники лабораторных определений физических свойств грунтов. М., Машстройиздат, 1949.

- Веденеева Н.Е. Иммерсионный метод измерения показателей преломления под микроскопом. Геолразведиздат, 1933.
- Ваденеева Н.Е., и Викулова М.Ф. Метод исследования глинистых минералов с помощью красителей и его применение в литологии. Госгеолиздат, 1952.
- Викулова М.Ф. Электронномикроскопическое исследование глин. Госгеолиздат, 1952.
- Вишняков С.Г. Основные фациально-литологические группы карбонатных пород карбона КМА. В кн.: Труды совещания, посвященного изучению осадочных формаций Большого Донбасса и связанных с ним полезных ископаемых, Харьков, 1964.
- Вопросы геологии, инженерной геологии и гидрогеологии месторождений КМА. Сб. статей. (Отв. ред. В.И. Терентьев). М., Изд. АН СССР, 1961 (АН СССР, Филиал ин-та горного дела).
- Вопросы инженерно-геологического изучения горных пород. Труды лабор. гидрогеол. проблем, т. ХУ, М., 1957.
- Вопросы минералогии, геохимии и петрографии. Сборник, посвященный А.Е. Ферсману. М. - Л. Изд. АН СССР, 1946.
- Геология, минералогия и инженерная геология КМА. Сб. статей (отв. ред. В.И. Терентьев). М., Изд. АН СССР, 1963.
- Геология СССР. (Воронежская и смежные области). Госгеолитиздат, том У1, 1949.
- Геология, минералогия и инженерная геология КМА (сб. статей. Отв. ред. В.И. Терентьев). М., Изд. АН СССР, 1963.
- Геология и полезные ископаемые Центрально-Черноземных областей. Тр. межобл. геол. совещания. Воронеж, 1964.
- Геология Северо-Восточной полосы КМА (Сб. статей. Ответ. ред. С.Ф. Борисов). М., "Наука", 1964.
- Гинзбург И.И. Основные результаты изучения древних кор выветривания в СССР. - Изв. АН СССР, сер. геол., № 12, 1957.
- Глаголев А.А. Проявления гипогенного оруденения в железистых кварцитах Курской магнитной аномалии. Изв. АН СССР, сер., геол., № 8, 1957.
- Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов. Гос. изд. литературы по строительству и архитектуре, 1952.
- 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. М., Изд. АН СССР, 1963.
- Горькова И.М., Душкина Н.А., Окнина Н.А., Рябичева К.Н., Сафохина И.А., Чепик В.Ф. Природа прочности и деформационные особенности мела и некоторых мелоподобных пород. АН СССР. Тр. лабор. гидрогеол. проблем, т. XLIU, М., 1962.
- Горькова И.М., Коробанова И.Г., Окнина Н.А., Реутова Н.С., Сафохина И.А., Чепик В.Ф. Природа прочности и деформационные особенности глинистых пород в зависимости от условий формирования и увлажнения. АН СССР, Тр. лабор. гидрогеол. проблем, т. XXIX, М., 1961.
- Горькова И.М. Пластическая прочность "чувствительность", тиксотропия, пływунность и реологические особенности мела и мелоподобных пород. В кн.: Тр. лаборатории гидрогеол. проблем АН СССР, т. 44, М., Изд. АН СССР, 1962.
- Горькова И.М. Природа легкоподвижности песчано-коллоидных пород ("истинных" пływунов). Тр. совещания по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам их изучения, т. 1. Изд. АН СССР, 1956.
- Горькова И.М., Чепик В.Ф., Рябичева К.Н. О природе пływунов песчано-коллоидных пород. Тр. Лабор. гидрогеол. проблем им. акад. Ф.П. Саваренского, т. XV, Изд. АН СССР, 1957.
- Грим Р.Е. Минералогия глин (перевод с англ.). Под редакцией и с предисловием В.А. Франк-Каменецкого. М., ИЛ, М., 1959.
- Грищенко Н.М. Неогеновые и четвертичные террасы бассейна Дона. Бюлл. МОИП отд. геол., т. XVII, № 6, 1939.
- Гуменский Б.М. Влияние глинистых минералов на свойства грунтов. Докт. дисс. ЛГУ, 1951.
- Даньшин Б.М. Общая геологическая карта Европ. части СССР, лист № 45, восточ. половина: Брянск - Орел - Курск - Рыльск. Тр. Моск. геол. треста, вып. 12. ОНТИ, 1936.
- Доклады к собранию международной комиссии по изучению глин. Сборник АН СССР, комиссия по изучению глин при отделении геолого-географических наук, М., Изд. АН СССР, 1960.

- Дубровкин В.Л., Чеклина Е.А., Виноградова Е.А., Царева А.М. Инженерно-геологическая характеристика лессовых пород территории КМА. Всесоюз. научно-исслед. ин-т гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО). М., "Недра", 1964.
- Дубянский А.А. Альбом геологических разрезов и гидрогеологических карт по II выпуску книги "Гидрогеологические районы Воронежской области". Воронеж, Облкнигоиздат, 1936.
- Дубянский А.А. Геология и подземные воды Курской и Орловской областей. Воронеж, Изд. ВСХИ, 1948.
- Дубянский А.А., Муравьева Н.И., Скоркин А.А. Геология и подземные воды Курской и Орловской областей. Т. 1-3, Воронеж, Госгеолиздат, 1947-1949.
- Дядин В.П. Двустворчатые моллюски из юрских отложений территории КМА и их стратиграфическое значение. Изд. Воронежского у-тата, 1974.
- Епифанов Б.П. Геологическое строение Воронежской антеклизы и изучение ее полезных ископаемых. Сб. "Железистые кварциты и богатые железные руды КМА". Изд. АН СССР, 1955.
- Ефимова В.Н. К стратиграфии юрских отложений Курской магнитной аномалии. В кн.: Тр. ВСЕГЕИ, т. 91, 1963.
- Железистые кварциты и богатые железные руды Курской магнитной аномалии. М., Изд. АН СССР, 1955.
- Железные руды Курской магнитной аномалии. Сб. АН СССР, М., 1955.
- Залесский Б.В., Лапин В.В., и Тер-Григорян Н.С. Влияние степени однородности карбонатных пород на их физико-механические свойства. Тр. Геол. ин-та АН СССР, вып. 84/24/, 1947.
- Залесский Б.В. Вопросы физико-механической и петрографической характеристики горных пород в связи с оценкой их буримости. Тр. Геол. ин-та АН СССР, вып. 89 (28), 1948.
- Звягин Б.Б., Шахова Р.А., Шитов В.А. Некоторые закономерности распределения глинистых образований по структурно-минералогическим признакам согласно данным электрографического исследования. ВСЕГЕИ, материалы по палеогеографии и литологии, Новая сер., т. 72. Л., 1962.

- Золотарев Г.С. Выветривание глинистых пород Поволжья и его влияние на устойчивость породных откосов. Советская геология, № 35, 1948.
- Зхус И.Д. Глинистые минералы и закономерности их распределения в некоторых горизонтах геологического разреза центральных областей. Сб. Мат. по геол. и полезн. ископ. центральных районов европейской части СССР, вып. 1. Калужское книжное изд., М., 1958.
- Зхус И.Д., Ильинская Г.Г. О распределении малых концентраций элементов в ассоциациях глинистых минералов мезозойских отложений Белгородского железорудного района. В кн.: Материалы по геологии и полезн. ископаемым центр. районов Европейской части СССР, вып. 3, М., 1960.
- Игнатович Н.К. Гидрогеология Русской платформы. М-Л., Госгеолиздат, 1948.
- Инженерно-геологические и гидрогеологические условия района Курской магнитной аномалии. (Применительно к разработке месторождений открытым способом). Коллектив авторов. Тр. лабор. гидрогеол. проблем им. Ф.П.Саваренского, том XXVШ, М., Изд-во АН СССР, Москва, 1960.
- Инженерно-геологическая характеристика юрских пород КМА в связи с условиями их формирования. АН СССР, Лаборатория гидрогеол. проблем, М., Изд. АН СССР, 1963.
- Инженерно-геологические свойства горных пород и методы их изучения. М., Изд. АН СССР, 1962.
- Инженерно-геологические процессы и явления, их значение для строительства. Сборник статей. М., Госстройиздат, 1963.
- Инженерно-геологическая характеристика юрских пород КМА в связи с условиями их формирования. М., Изд. АН СССР, 1963.
- Инженерно-геологическая характеристика некоторых типов глинистых пород в связи с условиями их формирования. В кн. Вопр. инженерной геологии и грунтоведения, М., 1963.
- Инженерно-геологическая характеристика лессовых пород территории КМА. "Недра", 1964.
- Инженерно-геологические свойства пород и вопросы литологии. М., "Наука", 1965.
- Инженерно-геологические свойства лёссовых пород. Сб. статей. М., "Наука", 1966.

- Инженерно-геологические исследования набухающих грунтов. Киев, 1968.
- Инженерно-геологические исследования илистых и слабых глинистых грунтов. Киев, 1968.
- Инженерно-геологические исследования просадочных грунтов. Киев, 1969.
- Инженерно-геологическое картирование. Киев, 1969
- Инженерная геология, основания и фундаменты. Сб. статей, Томск, 1969.
- Инженерная геология и механика грунтов. Сб. статей Тр. Моск. ин-та инж-ов ж.д. транспорта. М., "Транспорт", 1969.
- Инженерная гидрогеология. Сб. статей. Тр. ин-та "Водгео", вып. 22, М., 1969.
- Инженерная геология и палеогеография. Сб. статей. М., 1972.
- Инженерно-геологические исследования оползней. Киев, 1973.
- Инженерно-геологические свойства глинистых пород и процессы в них. Тр. Междунар. симпозиума МГУ, вып. 1-3. Изд. Моск. ун-та, 1972 - 1973.
- Исследование и использование глин. Матер. совещ. во Львове в мае-июне 1967 г. Изд-во Львовского унив-та, 1958.
- Исследования по геологии, горному делу и обогащению руд КМА. М., Ростехиздат, 1962.
- Иофин С.Л. Устойчивость бортов карьеров. М., Metallurg - издат, 1953.
- Каменский Г.Н., Клементов П.П., Овчинников А.М. Гидрогеология месторождений полезных ископаемых. Госгеол-издат, 1953.
- Качанов Л.М. Теория ползучести. М., Физматгиз, 1960.
- Киссин И.Г. Гидрогеологические условия разработки железистых кварцитов Коробковского месторождения Курской магнитной аномалии. Сб. железистые кварциты и богатые железные руды КМА. Изд. АН СССР, 1955.
- Коваль С.А. К литологии нижеволжских и неокомских отложений северной части территории КМА. В кн.: Тр. Воронежского ун-та т. 62, 1963.
- Коломенский Н.В. Инженерная геология. Часть 1 - Грунтоведение, М., Госгеолиздат, 1951.
- Коломенский Н.В. Методические указания по изучению процессов выветривания горных пород для инженерно-геологических целей. Госгеолиздат, 1952.

- Коломенский Н.В. Инженерная геология. Часть II. М., Госгеолтехиздат, М., 1956.
- Коробанова И.Г. Инженерно-геологические свойства юрских глин некоторых районов КМА в связи с условиями их формирования и залегания. Тр. Совещания по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам их изучения, т. 1, Изд. АН СССР, 1956.
- Коробанова И.Г. Влияние условий осадконакопления и формирования юрских глин района Курской магнитной аномалии на их инженерно-геологические свойства. Тр. Лабор. гидрогеол. проблем им. акад. Ф.П. Саваренского, т. XV, Изд. АН СССР, 1957.
- Коробанова И.Г., Бочарова И.С., Зубкович Г.Г. и др. Инженерно-геологическая характеристика юрских пород КМА в связи с условиями их формирования. АН СССР, Лаборатория гидрогеологических проблем. М., Изд. АН СССР 1963.
- Коробова И.Г., Зубкович Г.Г., Ковалева А.П. Инженерно-геологические особенности основных типов пород юры и нижнего мела на территории КМА. В кн.: Материалы к научно-техн. конференции 20-23 апреля 1961 г. М., 1963.
- Котлов Ф.В. Инженерно-геологические особенности юрских глин окофордского яруса Москвы и ее окрестностей в связи с условиями их формирования. Тр. Лаборат. гидрогеол. проблем. Изд. АН СССР, 15, 1957.
- Кригер Н.И. Трещиноватость и методы ее изучения при гидрогеологической съемке. Материалы по инженерной геологии Гипроцветмета, вып. 2. Metallurgizdat, 1951.
- Кулибаба Ф.В. О влиянии речного дренажа на режим подземных вод на территории Курской магнитной аномалии. Сб. "Железистые кварциты и богатые железные руды КМА". Изд. АН СССР, 1955.
- Куприна Г.А., Полтев Н.Ф., Сергеев Е.М. Инженерно-геологическая характеристика мела Воронежской области. Тр. совещания по инж. геол. свойствам горных пород и методом их изучения, М., 1957.
- Лейст Э.Е. Курская магнитная аномалия. (Росс. акад. наук, моск, отд-ние КЕПС. Материалы по исследованию КМА вып. 2), М., Гос. изд., 1921.

- Лилеева А.А. Петрографо-минералогическая характеристика юрских отложений на территории Курской магнитной аномалии. В кн.: Тр. ВСЕГЕИ, т. 91, Л., 1963.
- Логвиненко Н.В. Введение в методику исследования осадочных пород. Изд. Харьковского ун.-та, 1957.
- Лодочников В.Н. К петрологии Воронежской кристаллической глыбы Русской платформы, 1927.
- Ломтадзе В.Д. Методы лабораторных исследований физико-механических свойств песчаных и глинистых грунтов. Госгеолиздат 1952.
- Лучицкий В.И. Воронежский кристаллический массив и район Курской магнитной аномалии. Стратиграфия СССР, т.1 Докембрий СССР, М.-Л., Изд. АН СССР, 1939.
- Макеев З.А. К методике историко-геологического изучения района строительства для инженерно-геологических целей. Разведка недр, № 5, 1937.
- Макеев З.А. Пластичность и естественная влажность глинистых грунтов как показатели устойчивости. Разведка недр, № 6, 1939.
- Маков К.И. О гидрогеологическом районировании Днепровско-Донецкой впадины. ДАН СССР, т. 44, № 9, 1944.
- Маков К.И. К вопросу о путях формирования подземных вод Днепровско-Донецкой впадины. ДАН СССР, т. 44, № 9, 1944.
- Малюшицкий Ю.Н. Условия устойчивости бортов карьеров. Киев, Изд. АН УССР, 1957.
- Материалы Новосибирской конференции по учению о геологических формациях, т. 1, АН СССР, Западно-Сибирский филиал, Горно-геологический институт, Новосибирское книжное изд-во, 1955.
- Материалы по геологии, минералогии и использованию глин в СССР. Доклады на Междунар. совещ. по глинам в Брюсселе в 1958 г. М., Изд. АН СССР, 1958.
- Материалы по геологии и полезным ископаемым центральных районов европейской части СССР, вып. второй, Курская магнитная аномалия. Калужское изд. 1959.
- Маслов Н.Н. Инженерная геология. Госстройиздат, 1957.
- Маслов Н.Н. Прикладная механика грунтов. Машстройиздат, 1949.

- Маслов Н.Н. Условия устойчивости склонов и откосов в гидроэнергетическом строительстве. М. – Л. Госэнергоиздат, 1955.
- Мезозойские и третичные отложения центральных областей Русской платформы. Сборник статей под редакцией О.В. Флеровой. Тр. ВНИГНИ. М., Гостоптехиздат, 1958.
- Методическое руководство по петрографо-минералогическому изучению глин. Составлено во ВСЕГЕИ коллективом авторов под общим руководством М.Ф. Викуловой. Госгеолтехиздат, 1957.
- Методы изучения осадочных пород (под. ред. акад. Н.М. Страхова), т. I и II. Геологический институт АН СССР и Всесоюзный научно-исследовательский геологический институт (ВСЕГЕИ) министерства геологии и охраны недр СССР, М., Госгеолтехиздат, 1957.
- Морозов С.С. Зависимость физических и механических свойств грунтов от состава обменных катионов. Уч. зап. Моск. ун-та, вып. 105. Почвоведение, кн. 2, 1946.
- Муратов М.В. Тектоника и история развития альпийской геосинклинальной области юга европейской части СССР и сопредельных стран. АН СССР, ИГН. Тектоника СССР, т. II, 1949.
- Мурзаев П.М. О тяжелых минералах надрудной толщи Лебединского участка КМА. Записки Всесоюзного Минералогического общества, серия II, часть XXIX, вып. 1, 1950.
- Мушенко А.И. О геологическом строении и состоянии геологической изученности области Курской магнитной аномалии. Сб. "Железистые кварциты и богатые руды КМА". Изд. АН СССР, 1955.
- Мухин Ю.В. Об осушении толщи богатых железных руд Курской магнитной аномалии. Сб. "Железистые кварциты и богатые железные руды КМА". Изд. АН СССР, 1955.
- Наливкин Д.В. Учение о фациях. Геогр. условия образования осадков (Расшир. изд.), 1-2, М-Л., Изд. АН СССР, 1955-1956.
- Николаев Н.И. О зональности и распространении новейших континентальных отложений. Бюлл. четвертич. комиссии АН СССР, № 10, 1947.

- Николаев Н.И. Основные вопросы региональной инженерной геологии и районирование Заволжья, как пример регионального инженерно-геолог. исследования. Вопросы теорет. и прикладной геол., 1948.
- Образование осадков в современных водоемах. М., Изд. АН СССР, Авт.: Н.М.Страхов, И.Г.Бродская, Л.М.Князева и др. 1954.
- Оводов К.С. Типы оползневых явлений Воронежской и смежных областей. Изв. Воронежск. отд. Геогр. общ. СССР, вып. 1, 1957.
- Островский М.И. О рельефе рудно-кристаллического основания Русской платформы в районе Курского железорудного бассейна. Сб. "Железистые кварциты и богатые железные руды КМА". Изд. АН СССР, 1955.
- Охотин В.В. Влияние состава поглощенных оснований на физико-механические свойства почвогрунтов. Физика почв в СССР. Тр. Советской секции Междунар. ассоц. почвоведов, т. 5 (Физика почв, № 3), Сельхозгиз, 1936.
- Охотин В.В. Физико-механические свойства грунтов в зависимости от их минералогического состава и степени дисперсности. М., Изд. Гушосдор, 1937.
- Охотин В.В. и Шнайдер Ш.М. К вопросу определения генезиса грунтов по их физико-механическим свойствам. Уч. зап. Ленингр. ун-та им. А.А. Жданова, № 102, сер. геол. наук, вып. 1, 1950.
- Павлов И.Н. Гидрогеологические условия Курской магнитной аномалии в связи с вопросами осушения. Сб. "Железистые кварциты и богатые железные руды КМА". Изд. АН СССР, 1955.
- Павлов И.Н. Общие гидрогеологические условия разработки Михайловского месторождения. Сб. "Железистые кварциты и богатые железные руды КМА", Изд. АН СССР, 1955.
- Павлов И.Н. О составе и строении юрских отложений территории Курской магнитной аномалии в связи с их инженерно-геологической оценкой для целей горного дела. Сб. "Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии", № 14 Госгеолтехиздат, 1956
- Павлов И.Н., Прохоров С.П., Скворцов Г.Г., Лосев Ф.И. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия железорудных месторождений Курской магнитной

- аномалии. Министерство геологии и охраны недр СССР Всесоюзный научно-исследовательский институт гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО), М., Госгеолтехиздат, 1959.
- Панюков П.Н. Краткий курс инженерной геологии. М., Углетехиздат, 1956.
- Панюков П.Н. О зональности геотехнических изменений горных пород. Советская геология, № 11, 1946.
- Пассек М.А. Разработка Лебединского месторождения открытым способом. Горный журнал, № 11, Metallургиздат, 1956.
- Паффенгольц Н.К. Региональная инженерно-геологическая характеристика осадочной (надрудной) толщи КМА. АН СССР, Лаборатория гидрогеологических проблем им. акад. Ф.П. Саваренского.
- Паффенгольц Н.К. и др. В кн.: Инженерно-геологические и гидрогеологические условия района Курской магнитной аномалии. Коллектив авторов. Труды Лабор. гидрогеол. проблем им. акад. Ф.П. Саваренского, т. XXVШ. М., Изд. АН СССР, 1960.
- Паффенгольц Н.К. Инженерно-геологическая характеристика осадочной (надрудной) толщи территории КМА и ее значение для разработки железистых руд. Научные труды НИГМИ, вып. II, Ереван, 1961.
- Паффенгольц Н.К. Особенности формаций осадочной (надрудной) толщи территории Курской магнитной аномалии (КМА). Изв. АН Арм.ССР, сер. геол. и геогр. наук, т. XIУ, № 6, 1961.
- Паффенгольц Н.К. Четвертичные отложения и геоморфология района Курской магнитной аномалии (КМА). Изв. АН Арм.ССР, сер. геол. и геогр. наук, т. XIУ, № 3, 1961.
- Паффенгольц Н.К. К петрографо-минералогической характеристике песчано-глинистых отложений осадочной (надрудной) толщи района КМА. Научные труды НИГМИ, вып. IУ, Ереван 1964.
- Паффенгольц Н.К. К геологической истории времени накопления осадочной (надрудной) толщи района КМА. Научные труды НИГМИ, вып. IУ, Ереван, 1964.
- Песков Н.П. Физико-химические основы коллоидной науки. Изд. 2-е, испр. и доп. Госхимтехиздат, 1934.

- Петров В.П. О специфике глинистых минералов и о глинах как горной породе. Изв. АН СССР, сер. геол., №5, 1954.
- Плаксенко Н.А. Общие черты структуры и стратиграфии докембрия Курской магнитной аномалии. Сб. "Железистые кварциты и богатые железные руды КМА". Изд. АН СССР, 1955.
- Плотников Н.А. Северо-Украинская (Южно-Русская) мульда. Гидрогеологический очерк глубоких подземных вод. ОНТИ. 1934.
- Плотников Н.А. Подземные воды Курской области. В кн.: Гидрогеология СССР, вып. 1. М.-Л., ГОНТИ, 1939.
- Половинкина Ю.И., Викулова М.Ф., Разумовская Е.Э. Аникеева Н.Ф., Соловьева Е.В., Комарова А.Е. Структуры горных пород, т. II, Осадочные породы, Госгеол-издат, 1948.
- Половинкина Ю.И. Структуры и текстуры изверженных и метаморфических горных пород. ВСЕГЕИ, "Недра", М., 1966.
- Попов И.В. Естественная инженерно-геологическая классификация пород как основа набора характеристик их физико-технических свойств. Проблемы советской геологии, т. 7, № 12, 1937.
- Попов И.В. и Кудрявцева М.М. Изменение физико-механических свойств некоторых карбонатных пород в связи с изменением поглощенных оснований. Гидрогеология и инженерная геология. Сб. статей, № 4, ОНТИ, 1937.
- Попов И.В. Вопросы петрографии осадочных пород в инж. геологии. Бюлл. МОИП отд. геологии, т. ХУ1 (4), 1938.
- Попов И.В. Основы инженерно-геологического грунтоведения. М.-Л., Госгеолиздат, 1941.
- Попов И.В. Криптоструктура глин при их деформациях. ДАН СССР, т. 45, № 4, 1944.
- Попов И.В. Кристаллическая природа структуры в глинистых грунтах. ДАН СССР, т. 46, № 4, 1945.
- Попов И.В. Некоторые проблемы инженерной геологии как теоретической дисциплины. Советская геология, №19, 1947.
- Попов И.В. Микроскопическое исследование структуры глинистых пород. Проблема сов. почвоведения, сб. 15, Изд. АН СССР, 1949.

- Попов И.В. Методика составления инженерно-геологических карт. Госгеолиздат, 1950.
- Попов И.В. Микроскопические и физико-химические исследования структуры глинистых пород некоторых генетических типов. Методы исследований и расчетов при инженерно-геологических и гидрогеологических работах. Сб. статей. М., Госгеолиздат, 1951.
- Попов И.В. Инженерная геология. Госгеолиздат, 1951.
- Попов И.В. Состояние и задачи изучения осадочных формаций. В кн.: Совещание по осадочным породам, вып. первый, доклады, М., Изд. АН СССР, 1952.
- Попов И.В. О дальнейшем развитии и практическом применении учения о формации в области изучения осадочных отложений. Изв. АН СССР, № 6, 1953.
- Попов И.В. Опыт составления обзорных инженерно-геологических карт. Тр. МГРИ, т. XXV1, 1953.
- Попов И.В. Теоретические основы инженерно-геологической классификации пород. Совещание по инженерно-геологическому изучению горных пород (тезисы докладов). М., 1954.
- Попов И.В. Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии Курской магнитной аномалии. Сб. "Железистые кварциты и богатые железные руды КМА". Изд. АН СССР, 1955.
- Попов И.В. Современные проблемы инженерной геологии и грунтоведения. Вестн. Моск. ун-та, № 4-5, 1955.
- Попов И.В. Теоретические основы инженерно-геологической классификации пород. Труды Лаборатории гидрогеол. проблем, т. XIY, М., 1957.
- Попов И.В. Значение учения о формациях в инженерной геологии. Труды II Совещания по гидрогеологии и инж. геологии Восточной Сибири. т. 1. Тр. Вост. Сиб. филиала АН СССР Иркутск, 1958.
- Преображенская В.Н. Стратиграфия отложений юры и низов нижнего мела территории ЦЧО. Изд. Воронежского ун-та, 1966.
- Преображенская В.Н. Стратиграфия палеозойских и меловых отложений территории КМА. В кн.: Работы горногеологической станции на Курской магнитной аномалии. М., Изд. АН СССР, 1960.
- Преображенская В.Н. Стратиграфия юрских и девонских отложений территории Курской магнитной аномалии. Сб.

- "Железистые кварциты и богатые железные руды КМА",
Изд. АН СССР, 1955.
- Приклонский В.А. Об использовании пределов Аттерберга для характеристики состава и состояния тонкодисперсных отложений. Вопросы теоретической и прикладной геологии, сб.2, 1947.
- Приклонский В.А. Сравнительная характеристика интенсивности физико-механического диагенеза некоторых глинистых пород СССР. Тр. Лабор. гидрогеол. проблем им. акад. Ф.П.Саваренского АН СССР, т. 3, 1948.
- Приклонский В.А. Об изучении горных пород в инженерно-геологических целях. Советская геология, сб. 40, 1949.
- Приклонский В.А. Советское грунтоведение. Вопросы гидрогеологии и инж. геологии, сб. 13, 1950.
- Приклонский В.А. Грунтоведение. Изд. 2-е, доп. и перераб. ч. 1. Госгеолиздат, 1949 изд. 3-е доп. и переработ. Госгеолтехиздат, 1955.
- Приклонский В.А. Инженерно-геологическая классификация и характеристика видов воды в горных породах. Вопросы изучения подземных вод и инж.-геол. процессов, Академиздат, 1955.
- Приклонский В.А. Инженерно-геологическое изучение регионально-генетических типов глинистых пород СССР в Лаборатории гидрогеологических процессов им. Ф.П. Саваренского АН СССР. Тр. совещания по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам их изучения, т. 1, М., Изд. АН СССР, 1956.
- Приклонский В.А. Петрогенез и формирование инженерно-геологических свойств горных пород. Тр. Совещания по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам их изучения, т. 1, М., Изд. АН СССР, 1956.
- Приклонский В.А. Комплексные показатели инженерно-геологических свойств глинистых горных пород. Тр. Лабор. гидрогеол. проблем им. акад. Ф.П. Саваренского АН СССР, т. XV, 1957.
- Приклонский В.А. Основные вопросы инженерно-геологического изучения горных пород. Тр. Лабор. гидрогеол. проблем им. акад. Ф.П. Саваренского АН СССР, т. 15, 1957.
- Приклонский В.А., Горькова И.М., Окнина Н.А., Реутова Н.С., Чепик В.Ф. Инженерно-геологические особен

- ности хвалынских глинистых пород в связи с условиями их формирования (на примере некоторых районов Заволжья). Тр. лабор. гидрогеол. проблем, т. XIII, АН СССР, М., 1956.
- Прохоров С.П. и Качугин Е.Г. Гидрогеологические исследования при разведке месторождений. Госгеолиздат, 1955.
- Прохоров С.П., Скворцов Г.Г. Инженерно-геологические свойства рыхлых богатых руд КМА и вопросы их дальнейшего изучения. Разведка и охрана недр, № 6, Госгеолиздат, 1958.
- Пустовалов Л.В. О терригенно-минералогических фациях Бюлл. МОИП, отд. геол., т. 22, вып. 5, 1947.
- Ребиндер П.А. Конспект общего курса коллоидной химии Изд. МГУ, 1949.
- Ребиндер П.А. Структурно-механические свойства глинистых пород и современные представления физико-химии коллоидов. Тр. совещания по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам их изучения, т. 1, М., Изд. АН СССР, 1956.
- Резолюция конференции по учению о геологических формациях Академии наук СССР, Западно-Сибирский филиал, Горно-геологич. институт, Новосибирск, 1953.
- Рейнер М. Десять лекций по теоретической геологии. Пер. с англ., М. - Л., Гостехиздат, 1947.
- Ронов А.Б. История осадконакопления и колебательных движений Европейской части СССР (по данным объемного анализа). Тр. Геофиз. ин-та № 3 (130). М. - Л., Изд. АН СССР, 1949.
- Рудаков М.Л., Попов И.И., Ли А.П. Предупреждение оползней на карьерах. М., 1960
- Русинович И.А. Геологическое строение докембрия железорудного бассейна Курской магнитной аномалии. Сов. геология, № 5. Госгеолтехиздат, 1958.
- Русинович И.А. Геологическое строение северо-восточной полосы и генезис железных руд КМА. Советская геология, № 28. Госгеолиздат, 1948.
- Рухин Л.Б. Основы литологии. Учение об осадочных породах. Л. - М., Гостоптехиздат, Ленинград. отд., 1953.
- Рухин Л.Б. Тектонические типы осадочных пород. Совещ. по осадочн. породам, вып. 1, 1952.

- Саваренский Ф.П. Инженерная геология. Изд. 2-е, перераб. М. - Л., ГОНТИ, ред. горно-топл. и геол. разв. лит-ры, 1939.
- Саваренский Ф.П. Избранные сочинения. Изд. АН СССР, 1950.
- Савицкий П.Т. Об артезианских водах девонских отложений в Старом Осколе Курск. обл. Разведка недр., №6. ГОНТИ, 1938.
- Савицкий П.Т. Гидрогеологический очерк Курской магнитной аномалии (КМА). Гидрогеология СССР, вып. 5, Гостоптехиздат, 1939.
- Свитальский Н.И. Железные руды КМА. Воронеж, 1933.
- Седлецкий И.Д. Коллоидно-дисперсная минералогия. М., Изд. АН СССР, 1945.
- Седлецкий И.Д. и Бураева А.Г. Коллоидно-дисперсные минералы лессовидных суглинков нижнего течения р. Дон в связи с явлениями просадок. Уч. зап. Рост. ун-та (вып. специальный), т. 18, 1952.
- Семихатов А.Н. Подземные воды СССР, ч. 1. Горно-геолого-нефтяное изд., 1934.
- Сеидов А.Г. Литолого-минералогическое изучение глин майкопской свиты прикаспийской нефтеносной области Азербайджана. Изв. АН СССР, сер. геол., №2, 1959.
- Сергеев Е.М. Избранные главы общего грунтоведения. Уч. зап. Моск. гос. ун-та, 1946.
- Сергеев Е.М. Общее грунтоведение. Изд. МГУ, 1952.
- Сергеев Е.М. Опыт построения генетической классификации грунтов. Вестн. Моск. ун-та., №9, 1948.
- Сергеев Е.М. Грануло-минералогическая классификация песков. Вестн. Моск. ун-та, № 12, 1953.
- Сергеев Е.М. Относительно взаимосвязи между минералогическим и гранулометрическим составом грунтов. Вестн. Моск. ун-та, № 2, серия физ. - мат. и ест. наук, вып. 1, 1954.
- Сергеев Е.М. и Сидоров Г.А. К вопросу о составе и свойствах меловых толщ Воронежской области. Вестн. МГУ, №12, 1950.
- Сидоренко А.В. К вопросу о связи минералогического и механического состава песков. ДАН СССР, т. 10, №5, 1955.
- Славянов В.Н. Инженерно-геологические прогнозы устойчивости откосов Лабор. гидрогеол. проблем. М., Стройиздат, 1964.

- Славянов В.Н. Цирки оплывания песчано-глинистых пород на откосах карьеров КМА и некоторые закономерности их развития. В кн.: Инженерно-геологические процессы и явления, их значение для строительства. М., 1963.
- Славянов В.Н. и Фандеева В.И. К методике прогноза инженерно-геологических условий вскрытия и разработки месторождений КМА. Материалы по геологии и полезным ископаемым центральных районов европейской части СССР, вып. второй, КМА, Калужское книжное изд-во, 1959.
- Соколовский В.В. Статика сыпучей среды. Изд. 3-е перераб. и доп. М., Фиматгиз, 1960.
- Спирidonov А.И. Геоморфологическое картографирование. Географгиз, М., 1952.
- Справочник по инженерной геологии. Под редакцией Ф.П.Саваренского, ГОНТИ, редакция горно-топливной и геолого-разведочной литературы. М.-Л., 1939.
- Справочное руководство по петрографии осадочных пород (в двух томах под общей редакцией проф. В.Б. Татарского). 1-том - Условия образования, свойства и минералы осадочных пород. II том - осадочные породы. Л., Гостоптехиздат, 1958.
- Страхов Н.М. Диагенез осадков и его значение для осадочного рудообразования. Изв. АН СССР, сер. геол., № 5, 1953.
- Страхов Н.М. Типы осадочного процесса и формации осадочных пород. Изв. АН СССР, сер. геол., № 5, 8, М., 1956.
- Строительные нормы и правила Гос. Ком-та Совета Министров СССР по делам строительства. Гос. изд-во по стр-ву и архитектуре, 1955.
- Сыроватко М.В. Основные вопросы гидрогеологии при освоении Белгородского железорудного района. Сб. статей Всес.заочн. политехн. ин-та, вып. 19-20, 1957.
- Теодорович Г.И. Минералы осадочных пород как показатели физико-химической обстановки. Сб. "Вопросы минералогии, геохимии и петрохимии", посв. А.Е. Ферсману, М., Изд-во АН СССР, 1946.
- Теодорович Г.И. Карбонатные фации нижней перми - верхнего карбона Урало-Волжской области. Материалы к познанию геол. строения СССР, вып. 13 (17), 1949.
- Терновская В.Т. Некоторые выводы о результатах проверки геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических прогнозов на Лебединском месторождении КМА.

В кн.: Природные физико-геологические и инженерно-геологические процессы и явления. М., Изд. АН СССР, 1963.

Терновская В.Т., Артюшков, Е.В., Славянов В.Н. Палеогеоморфологический метод прогноза деформаций горных пород. Госстрой СССР, М., "Наука", 1966.

Тихомирова Н.Я. Опыт детального минералогического анализа фракций 0,01–0,25 мм осадочных пород. В кн.: "Тр. всесоюзного совещания работников минерал.-петрограф. лабораторий". Госгеолтехиздат, 1955.

Трофимов И.И. Региональная инженерная геология. Советская геология, № 40, 1949

Труды Всесоюзного совещания работников минералого-петрографических лабораторий Министерства геологии и охраны недр. СССР. Сборник статей М., Госгеолтехиздат, 1955

Фальков И.А. и др. Зависимость временного сопротивления сжатию известняка от физических свойств камня. Метрострой, № 3, 1935.

Фандеева В.И. Инженерно-геологические условия открытой разработки месторождений КМА. Горный журнал, № 11. Металлургиздат,

Фандеева В.И. Инженерно-геологические условия территории КМА. Сб. ЛГГП АН СССР. Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии. Изд. ЛГГП АН СССР, 1958.

Физические методы исследования осадочных пород и минералов. Сборник АН СССР. Комиссия по осадочным породам при ОГГИ. М., Изд. АН СССР, 1962.

Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов угольных карьеров. М., Углетехиздат, 1956.

Флорин В.А. К вопросу о разжижении чистых водонасыщенных мелкозернистых песков. "Гидротехническое стро-во", № 7, 1951.

Фрейндлих Г. Тиксотропия. ГОНТИ, 1939.

Храмушев А.С. Компрессионные испытания глин как метод геологического исследования. ГГУ НКТП СССР. Тр. Всес. конторы спец. геол. картирования, вып. 3, ГОНТИ, 1939.

Хожанов Н.П. Глины и закономерности их распространения в каменноугольных отложениях КМА. В кн.: Геология и полезные ископаемые Центрально-Черноземных областей. Тр. межобл. геол. совещания. Воронеж, 1964.

- Цытович Н.А. Механика грунтов, изд. 3-е, перераб. и доп. Гос. изд. лит-ры по стр-ву и архитектуре, 1951.
- Чайкин С.И. Геология Яковлевского месторождения и перспективы разведки богатых руд КМА. Горный журнал, № 11, 1956.
- Чаповский Е.Г. Практическое руководство к лабораторным определениям физических свойств грунтов. Госгеолиздат, 1945.
- Чаркин А.Ф. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия Белгородского железорудного района. В кн.: Труды первого Украинского гидрогеологического совещания, т. 1, Вопр. гидрогеологии, Киев, 1961.
- Чепик В.Ф. Уплотнение, усадка, набухание и размокание мела и мерлеги. АН СССР, Лаборат. гидрогеол. проблем, т. 44, М., Изд. АН СССР, 1962.
- Чернов В.А. и Шапошников А.Н. Изучение различных методов подготовки глин при определении их механического или зернового состава. Тр. Общесоюз. научно-исслед. ин-та строит. керамики, вып. 3, 1950.
- Шаврыгин П.И. Физические свойства почв в зависимости от состава поглощенных оснований. Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева АН СССР, т. 13, 1936.
- Шаров В.С. Природа глины и ее отношения к воде и водным растворам. Гидрогеология и инженерная геология. Сб. статей, № 5, М. - Л., 1940.
- Шатский Н.С. О границе между палеозоем и протерозоем и о рифейских отложениях Русской платформы. Изв. АН СССР сер. геол., № 5, 1952.
- Шатский Н.С. О древнейших отложениях осадочного чехла Русской платформы и об ее структуре в древнем палеозое. Изв. АН СССР, сер. геол., № 1, 1952.
- Швецов М.С. Петрография осадочных пород. Госгеолиздат, 1948.
- Шевяков Л.Д. О разработке железорудных месторождений КМА. Сб. "Железные руды КМА", Изд. АН СССР, 1955.
- Шёголев Д.И., Краснопевцев Н.Д. Геологическое строение и гидрогеологические условия осадочной толщи района КМА. Проблемы совет. геол., № 10. Гос. научн.-техн. геол. разв. изд. 1934.

Шёголев Д.И., Краснопевцев Н.Д. Геологическое и гидрогеологическое строение осадочной толщи районов КМА. Проблемы советской геологии, № 10, 1934.

Эдельштейн Я.С. Основы геоморфологии. Госгеолиздат, 1947.

Krumbein W.C. and Sloss L.L. Stratigraphy and sedimentation. San-Francisco, California, 1951

О Г Л А В Л Е Н И Е

От редактора	5
Предисловие	9
ВВЕДЕНИЕ	11
1. Исследования, необходимые для быстрого освое - ния ископаемых богатств КМА; план построения работы	11
2. Современное состояние и история гидрогеологи - ческой и инженерно-геологической изученности КМА	12
3. Физико-географический очерк района КМА.....	15
ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КМА	
1. Геолого-тектоническое положение района	19
2. Докембрий	20
3. Девон	27
4. Карбон	33
5. Юра	36
6. Мел	42
7. Палеоген	48
8. Плиоцен	51
9. Постплиоцен	53
ГЕОМОРФОЛОГИЯ	60
ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РАЙОНА, ФОР - МАЦИИ КМА И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ	72
ОБЩАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА КМА	85
ЛИТОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЕСЧА - НО-ГЛИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОСАДОЧНОЙ ТОЛШИ РАЙОНА КМА	100
1. Характеристика девонских отложений	101
2. Характеристика каменноугольных отложений	104
3. Характеристика отложений юры и нижнего мела ..	107
4. Характеристика отложений верхнего мела	121
5. Характеристика третичных отложений	125
6. Характеристика четвертичных отложений	127
7. Петрографическая характеристика глин осадочной (надрудной) толщи КМА	132
	275

8. Минералогическая характеристика песчано-глинистых пород осадочной (надрудной) толщи КМА	134
Выводы	153
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД НАДРУДНОЙ (ОСАДОЧНОЙ) ТОЛЩИ ТЕРРИТОРИИ КМА	159
1. Характеристика отложений девона	160
2. Характеристика каменноугольных отложений	169
3. Характеристика юрских отложений	171
4. Характеристика меловых отложений	199
5. Характеристика третичных отложений	231
6. Характеристика четвертичных отложений	234
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	242
1. Геолого-тектонические выводы	242
2. Геоморфологические выводы	243
3. Минералого-петрографические выводы	245
4. Инженерно-геологические выводы	248
ЛИТЕРАТУРА	254



Николай Константинович Паффенгольц

РЕГИОНАЛЬНАЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД ОСАДОЧНОЙ (НАД-
РУДНОЙ) ТОЛЩИ КМА

Печатается по решению ученого совета
Института геологических наук АН Армянской ССР

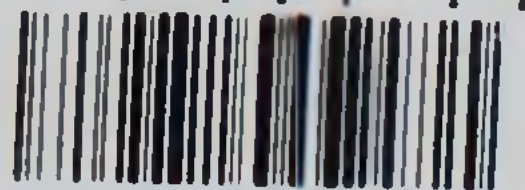
Редактор издательства Ж.В. Налчаджян
Художник К.К. Кафадарян
Технический редактор Р.Х. Геворкян

Книга издана офсетным способом

ВФ 06157 Заказ 719 Тираж 600 Изд. 4143
Сдано в производство 7/X 1974 г.
Подписано к печати 1/УП 1974 г., печ. л. 17,25 + 11 вкл.
усл. печ. 20,5 изд. 18,5 бумага № 1,
60 x 90 1/16. Цена 1 руб. 72 коп.

Типография Издательства АН Армянской ССР
г. Эчмиадзин

ԳԱՆ Հիմնարար Գիրք Գրադ



FL0293923

$\frac{P}{378624}$