

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КАЗАНСКИЙ ФИЛИАЛ

ИЗВЕСТИЯ
КАЗАНСКОГО ФИЛИАЛА
АКАДЕМИИ НАУК
СССР

СЕРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

№ 6



КАЗАНЬ 1957

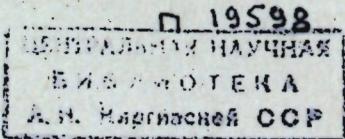
ПОСВЯЩАЕТСЯ
профессору Леониду Михайловичу
МИРОПОЛЬСКОМУ
в связи с шестидесятилетием
со дня рождения и тридцатишести-
летием научно-педагогической
деятельности

* * *

Главный редактор академик *A. E. Арбузов*

Ответственный редактор *Ю. В. Сементовский*

* * *





Профессор
Леонид Михайлович МИРОПОЛЬСКИЙ

ЛЕОНИД МИХАЙЛОВИЧ МИРОПОЛЬСКИЙ

(К 60-летию со дня рождения)

В 1956 году исполнилось 60 лет со дня рождения заслуженного деятеля науки РСФСР и Татарской АССР, руководителя казанской школы минералогов, геохимиков, доктора геолого-минералогических наук, профессора Леонида Михайловича Миропольского. В лице Л. М. Миропольского мы имеем крупного, талантливого ученого, автора многочисленных трудов, успешно продолжающего исследования академиков В. И. Вернадского и А. Е. Ферсмана в области геохимии, минералогии и полезных ископаемых осадочных образований восточных районов Европейской части СССР.

Леонид Михайлович Миропольский родился 3 июня 1896 года в с. Спасский затон Куйбышевского района Татарской АССР, в семье псаломщика — учителя церковно-приходской школы. В 1915 г. он поступил в Казанский университет на естественное отделение, которое закончил в 1919 г. по специальности минералогии и петрографии. Еще будучи студентом IV курса, он был избран исполняющим обязанности ассистента по кафедре минералогии. В 1923 г. он был утвержден ассистентом и работал в этой должности весьма успешно до 1930 г. За эти годы Л. М. Миропольский проявил особый интерес к минералогическим и кристаллографическим исследованиям. Им проведена огромная, кропотливая работа по изучению и систематизации многочисленных разрозненных минералогических коллекций музея, являющегося одним из лучших университетских музеев Советского Союза. В этот же период им опубликован монографический труд „К генезису целестина в пермских отложениях окрестностей г. Казани“ (1926) и более десятка статей по минералогии, кристаллографии и полезным ископаемым пермских, мезозойских и четвертичных образований Волго-Камского края, создавшие ему известность ученого и достойно оцененные научной общественностью.

В октябре 1930 г. за успехи в научно-педагогической работе Л. М. Миропольский был утвержден доцентом, а в 1931 г. назначен и. о. профессора и зав. кафедрой минералогии и петрографии Казанского государственного университета им. В. И. Ульянова-Ленина, которую он и возглавляет до сих пор. В период с 1930 по 1934 г. проф. Л. М. Миропольский, принимая участие в полевых работах, руководит изучением большой группы уральских железорудных месторождений (Ильинское, Верхне-Уфалейское, Бакальское, Ала-паевское и др.), а также медиорудных выделений в пермских отложениях Татарской и Чувашской АССР. Результаты этих исследований были опубликованы в виде ряда статей и двух монографий — „Бакальское железорудное месторождение на Южном Урале“ (1933) и „К изучению железорудных месторождений так называемого „Ала-паевского типа“ на восточном склоне Урала“ (1934). Сделанные в

в этих работах выводы о происхождении и условиях образования железных руд, вызвавшие широкую дискуссию в печати, имели большое значение для выбора направления поисково-разведочных работ и не потеряли своей ценности до последних дней. Следует отметить, что Бакальское рудоуправление, высоко оценив помощь Л. М. Миропольского в изучении железорудных месторождений, еще в 1931 г. наградило его почетной грамотой.

В 1934 г. Леонид Михайлович Миропольский за плодотворную научно-исследовательскую и научно-педагогическую деятельность был утвержден Высшей аттестационной комиссией в звании профессора, а в январе 1936 г. ему ВАКом же была присуждена степень доктора геолого-минералогических наук без защиты диссертации.

В довоенные годы, в годы Великой Отечественной войны и после нее до настоящего времени Л. М. Миропольский, одновременно с весьма плодотворной научной работой, в продолжение более чем 25 лет ведет большую научно-организационную работу. С 1931 г. он заведует кафедрой минералогии, возглавляет деканат геологобиологического, а с 1933 по 1944 г. деканат геолого-почвенно-географического факультета Казанского университета. Одновременно с 1941 по 1944 г. Леонид Михайлович руководит секцией минерального сырья при СОПСе Академии наук СССР и состоит членом учченого совета Института горючих ископаемых АН СССР. С сентября 1944 г. по январь 1946 г. он работает проректором по научной части Казанского государственного университета. С июня 1945 г. профессор Л. М. Миропольский был назначен заместителем председателя Президиума созданного в Казани филиала Академии наук СССР, а с августа того же года возглавил в качестве директора организованный при его прямом участии Геологический институт Казанского филиала АН СССР. В этих должностях он и работает успешно до настоящего времени, проявив себя прекрасным, любящим свое дело руководителем, пользующимся заслуженным уважением среди научной общественности.

За свою более чем 36-летнюю научную деятельность Леонид Михайлович Миропольский опубликовал свыше 110 работ по вопросам минералогии, геохимии, кристаллографии, литологии, геологии и полезных ископаемых осадочных образований восточных районов Европейской части СССР, в том числе Урала, Башкирской, Татарской, Удмуртской, Марийской, Чувашской АССР, Горьковской и Ульяновской областей и других районов Урало-Поволжья. О направленности научной деятельности и научных интересах Леонида Михайловича некоторое представление дает ниже следующее распределение его трудов по разделам. Оно составлено к началу 1957 г. (см. табл.) и

№ п/п	Разделы	Монографические исследования	Общее число работ
1	Минералогия	1	37
2	Полезные ископаемые	4	32
3	Геохимия	1	14
4	Геология	1	10
5	Литология	—	10
6	Кристаллография	—	3
7	Технология минерального сырья	—	3
8	Поиски и разведка	—	1
9	Разное (рецензии, некрологи и пр.)	—	4
Всего		7	114

имеет, конечно, в известной степени условный характер, так как целый ряд работ затрагивает одновременно несколько разделов исследований.

В настоящей статье, естественно, невозможно дать сколько-нибудь полную характеристику многочисленных трудов проф. Л. М. Миропольского. Поэтому мы попытаемся изложить ниже лишь некоторые общие сведения, касающиеся всех его работ и высказать некоторые суждения о наиболее важных его исследованиях.

Работы профессора Л. М. Миропольского по минералогии, геохимии, полезным ископаемым и другим направлениям исследований базируются на большом фактическом материале, характеризуются глубоким и всесторонним его анализом и широкими теоретическими обобщениями.

Характеризуя научную деятельность профессора Л. М. Миропольского, академик А. Е. Ферсман в свое время писал: «Владея прекрасно всем научным анализом в области минералогии и геохимии, Л. М. Миропольский во всех своих работах никогда не ограничивается чисто формальным констатированием фактов, но дает им глубокое теоретическое объяснение, устанавливает параллели и вносит методы диалектического анализа во все вопросы сложных природных взаимоотношений. Все его работы поэтому представляют значительный интерес и, если с рядом его выводов не все геологи и геохимики могут согласиться, то всегда его работа дает огромный фактический материал, стимулирует к постановке проблем и заставляет серьезно пересматривать старые мнения, что особенно ценно в этом углубленном подходе к анализу природы. Л. М. Миропольский всегда исходит из детального и серьезного анализа фактического материала и только овладев фактами и материалами, он переходит к области общих выводов и гипотез. Но особенно отличительной стороной его работ является глубокий геохимический анализ, который он вносит в природные взаимоотношения, и здесь мы видим новизну мысли, живое использование новых химических подходов и попытку применять идеи геохимии к анализу отдельных территорий».

Работы в области минералогии посвящены исследованиям целестина, барита, гипса, ангидрита, флюорита, вивианита, пирита, галенита, халькопирита, сфалерита, асбеста, многочисленной группы медистых минералов, глауконита, шамозита, анкерита, сидерита и других соединений железа. В каждой из этих работ, кроме детального описания морфологических особенностей минералов, дается развернутая геохимическая характеристика и освещаются условия их образования. Во всех случаях нахождения повышенных концентраций тех или иных минералов указываются основные пути использования их в качестве сырья для нужд народного хозяйства края. К наиболее крупным минералогическим трудам Л. М. Миропольского относятся его монографии: «К генезису целестина в пермских отложениях окрестностей г. Казани» (1926), «Медные руды в пермских отложениях Татарии» (1938), ряд очерков о сульфидной минерализации в девонских отложениях Волго-Камской области (1949—1945) и некоторые другие.

Большое значение имеют работы профессора Л. М. Миропольского по изучению месторождений полезных ископаемых. Среди них особой известностью пользуются труды по железным и свинцовым рудам, магнезитовым и бокситовым месторождениям Южного Урала (1931—1937 гг.), а также монографическое описание медных руд, гипсов и ангидритов среди пермских отложений Татарии (1938, 1946).

Важное народнохозяйственное значение имеют также написанные Л. М. Миропольским в годы Великой Отечественной войны сводные

очерки по полезным ископаемым национальных республик Волго-Камского края — Татарской, Чувашской, Удмуртской, Марийской и Мордовской АССР. В них намечены важнейшие пути использования местного минерального сырья и мероприятия, направленные к увеличению его запасов. За последние годы профессором Л. М. Миропольским подготовлена к печати сводная монография о полезных ископаемых Татарской АССР. Результаты исследования многочисленных видов полезных ископаемых послужили ему основой для разработки стройной классификации экзогенных рудных месторождений, опубликованной еще в 1941 году.

В области геохимии профессор Л. М. Миропольский, успешно продолжая труды академиков В. И. Вернадского и А. Е. Ферсмана, внес много нового в познание геохимических особенностей пермских и нефтеносных девонских отложений Волго-Камского края. Благодаря своим глубоким минералого-геохимическим исследованиям осадочных образований, Л. М. Миропольский приобрел широкую известность среди специалистов-геологов Советского Союза. Им лично и в соавторстве с профессором С. А. Боровиком опубликована целая серия работ о результатах спектрального анализа гипса, целестина, ангидрита, самородной серы, Fe-Cu-Si-содержащих и ряда других минеральных осадочных выделений палеозойского возраста. Среди геохимических работ особенно большое теоретическое и прикладное значение имеет его монографический труд „Топогеохимические исследования пермских отложений в Татарии“ (1956). В этой работе автором обработан колоссальный фактический литературный и собственный аналитический материал по химическому составу пермских отложений Татарской АССР (порядка 10 тысяч определений). На основании этого установлен целый ряд закономерностей распределения и концентрации элементов по отдельным стратиграфическим членам пермской толщи пород и показаны реальные пути и возможности промышленного использования их как ценнейших полезных ископаемых. Практическое решение поставленных в названной работе вопросов будет в значительной степени способствовать развитию народного хозяйства Татарской АССР и прилегающих областей и освобождению их от необходимости использования многочисленных дорогостоящих привозных видов минерального сырья. Работа Л. М. Миропольского по топогеохимии пермских отложений Татарии может быть заслуженно отнесена к выдающимся геохимическим исследованиям осадочных образований. Вместе с тем она характеризует автора как одного из лучших исследователей — знатоков пермских отложений, имеющих столь широкое развитие на востоке Русской платформы.

За последние годы Леонид Михайлович уделяет много внимания изучению топогеохимии девонских нефтеносных отложений Татарии, по своей продуктивности по праву считающихся жемчужиной Второго Баку. Подготовленные к печати им и его учениками-соавторами работы по литологии и геохимии девонских отложений являются существенным вкладом в дело успешного изучения нефтеносных отложений Волго-Уральской области.

Работы Л. М. Миропольского по общим вопросам геологии и литологии тесно переплетаются с вышеуказанными минералого-геохимическими исследованиями осадочных образований. Это характерно, как отмечает М. С. Швецов, для группы казанских геологов, работающих в области петрографии осадочных пород. Из общего числа трудов Л. М. Миропольского около 20 наименований могут быть отнесены специально к разделу геологии и литологии. К такому типу работ принадлежат геолого-литологические исследования пермских отложений в районах Поволжья и Прикамья, проводимые в

связи с проектированием крупных гидростроек, теоретические исследования по вопросам причин окрашенности пермских красноцветов Среднего Поволжья и Прикамья (1943 г.), о микрослоистости татарских отложений (1944 г.), о зональности в осадконакоплении среди верхнеказанских отложений (1948 г.), о стратиграфической самостоятельности уфимских отложений в Татарии (1950 г.) и некоторые другие. К подобным же исследованиям относится монографический труд „О геологических особенностях железорудного месторождения в окрестностях д. Мотмос — Досчатое Выксунского района Горьковской области и его генезисе“ (1950 г.), выполненный Леонидом Михайловичем совместно с Г. Л. Миропольской.

Кристаллографические исследования Л. М. Миропольского в основном относятся к периоду его ранней деятельности (1925 г.), но в той или иной степени находят свое отражение и в последующих трудах по минералогии.

Работы прикладного характера относительно немногочисленны и касаются главным образом технологии минерального сырья, изыскания новых путей его использования для нужд народного хозяйства. К ним относятся статьи о возможности извлечения меди из пермских медистых соединений (1931 г.), о целесообразности организации производства минерало-ватных термо- и звукоизоляционных материалов на базе местного сырья (1942 г.), о наиболее рациональных путях использования гипса (1944 г.) и некоторые другие. Л. М. Миропольский непосредственно участвовал в работах по поискам нефти в районах Татарской АССР. Одна из его статей посвящена изложению соображений о наиболее рациональных путях поисково-разведочных работ на нефть в пермских отложениях Татарии (1944 г.).

Необходимо подчеркнуть, что научно-исследовательская деятельность Л. М. Миропольского шла в тесной связи с конкретными, практическими запросами народного хозяйства республики. Он усиленно и продуктивно занимался изучением различных полезных ископаемых (медных руд, гипса, ангидрита, фосфоритов, углей, нефти, карбонатных пород и пр.) и вопросами их всестороннего использования в народном хозяйстве Татарской республики и других сопредельных областей с целью поднятия их роли в промышленности. Он не только занимался исследованием многих видов минерального сырья, но и вел постоянную пропаганду их значимости для развития народного хозяйства и борьбу за их внедрение в промышленность.

В дни Великой Отечественной войны проф. Л. М. Миропольский затратил много энергии и труда в качестве заместителя председателя Научно-технического совета и председателя секции минерального сырья комиссии по мобилизации ресурсов Среднего Поволжья и Прикамья Академии наук СССР на составление очерков и карт минерального сырья по всему Поволжью и Прикамью и по отдельным республикам и областям. В них он показал наиболее рациональные пути использования имеющихся полезных ископаемых в промышленности для устранения дефицита недостающих материалов. Являясь в течение ряда лет членом Государственной плановой комиссии при Совете Министров ТАССР, проф. Л. М. Миропольский активно содействовал решению ряда практических вопросов.

За последние годы проф. Л. М. Миропольский завершил свой давно начатый труд — учебник „Основы минералогии“ (общая теоретическая часть — объем около 35 печ. л.), в котором обобщен большой опыт его многолетней педагогической практики в стенах Казанского государственного университета им В. И. Ульянова-Ленина. Курс минералогии, читаемый Л. М. Миропольским по своему учебнику, неизменно вызывает исключительный интерес и внимание студентства.

В результате обширной и плодотворной научно-педагогической деятельности Л. М. Миропольским воспитано много специалистов-геологов, работающих в самых различных районах Советского Союза. Среди его учеников имеются доктора наук — А. А. Трофимук и В. А. Полянин, около четырех десятков кандидатов наук, крупные специалисты-производственники. Достаточно указать, что за период с 1946 г. только в Казанском филиале АН СССР под его руководством подготовили и защитили диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук 10 человек.

Професору Л. М. Миропольскому принадлежит заслуга широкого развития исследований по петрографии, минералогии и геохимии осадочных пород в казанской школе геологов. Его последователи и ученики в Казанском филиале Академии наук СССР, в Казанском государственном ордена Трудового Красного Знамени университете им. В. И. Ульянова-Ленина, в объединении „Татнефть“, тресте „Татнефтегазразведка“, Башкирском нефтяном научно-исследовательском институте и других геологических организациях края в последние годы успешно работают над изучением литологии, минералогии и геохимических особенностей пород осадочного покрова востока Русской платформы, содержащего крупнейшие залежи нефти, угля и большие запасы других видов химического и строительного минерального сырья.

Леонид Михайлович Миропольский, ведя большую научно-педагогическую и научно-организационную работу, одновременно является и активным общественным деятелем. С 1938 по 1940 г. он был председателем областной секции научных работников, с 1940 по 1946 г. исполнял обязанности заместителя председателя Татарского обкома союза работников высшей школы и научных учреждений. С 1948 г. и до настоящего времени он является депутатом Казанского городского Совета депутатов трудящихся.

Научно-педагогическая деятельность Леонида Михайловича Миропольского отмечалась правительством Татарской АССР, различными министерствами. В 1936 г. он был награжден грамотой ТатЦИКа и почетным значком имени XX-летия Татарской АССР, в 1943 г. — денежной премией Наркомпроса РСФСР, а в 1945 г. — Министерства нефтяной промышленности СССР.

В 1945 г. решением Президиума Верховного Совета Татарской АССР проф. Л. М. Миропольскому присвоено звание заслуженного деятеля науки Татарской АССР, а в 1947 г. Президиум Верховного Совета РСФСР присвоил ему звание заслуженного деятеля науки РСФСР.

За свои выдающиеся заслуги перед Советским государством в области развития науки и за успехи в педагогической деятельности Леонид Михайлович Миропольский награжден орденами Знак Почета, Трудового Красного Знамени и орденом Ленина, медалью „За доблестный труд в Великой Отечественной войне“.

В связи с шестидесятилетием со дня рождения и тридцатипятилетием трудовой деятельности проф. Л. М. Миропольский в октябре 1956 г. награжден почетной грамотой Верховного Совета Татарской АССР.

Видный ученый, минералог-геохимик, профессор Л. М. Миропольский находится в расцвете своих творческих сил. Пожелаем же Леониду Михайловичу многих лет жизни и дальнейших успехов в труде на благо нашей великой Родины.

Н. Кирсанов,
Ю. Сементовский.

СПИСОК

опубликованных трудов профессора Л. М. Миропольского (1925—1956 гг.)

1925 г.

1. Кристаллическое исследование целестина из района д. Морквиши, Свияжского кантона. Прилож. к протоколам заседания общ. естествоиспыт. при КГУ, 1925 г., № 340, стр. 1—11.
2. Связь кристаллической формы целестина с отдельными горизонтами казанского яруса в р-не д. Печиши — Морквиши. Зап. Рос. минерал. общ., 1925 г., ч. 54, в. 1, стр. 51—66.
3. Охры из района с. Крюкова, Осинского уезда и д. Суханова-Змиева, Оханского у., Пермской губ. Сборн. научн. статей Казанского ин-та с/х и л-ва., 1925 г., вып. 2, стр. 1—12.

1926 г.

4. К генезису целестина в пермских отложениях окрестностей г. Казани и с.-в. России. Тр. общ. естествоиспыт. при КГУ, 1926 г., т. 51, вып. 4 (отдельный выпуск — монография), стр. 3—63.

1927 г.

5. Геологические работы Чувашской экспедиции. Осведомит. бюл. Акад. наук СССР, 1927 г., № 20 (33), стр. 8—15.

1928 г.

6. Некоторые данные к литологии и геологии ю.-в. части Звениговского кантона Марийской автономной области по буровым материалам 1927 г. „Марий Эл“. 1928 г., № 3—4, стр. 69—81.

7. Отчет заведующего 1-й геологической партией по изучению полезных ископаемых и о работе, произведенной в течение лета 1927 г. „Чувашское хозяйство“, 1928 г., № 3—4, стр. 198—201.

8. Барит в юрских и меловых отложениях Чувашской республики. Изв. Акад. наук СССР, 1928 г., № 4—5, стр. 425—441.

9. Фосфориты в Цивильском и Ядринском уездах Чувашской республики. Ком. по изуч. естеств. произв. сил Акад. наук СССР, 1928 г. Матер. № 70, стр. 1—38.

1929 г.

10. Полезные ископаемые с.-в. части Чувашской республики. Матер. ком. экспед. иссл. Акад. наук СССР. Серия чувашская, 1929 г. сборн. № 1, вып. 10, стр. 15—83.

1930 г.

11. Пиритовые конкреции в юрских отложениях Чувашской АССР. Труды Минерал. музея Акад. наук СССР, 1930 г., т. IV, стр. 19—33.

12. Лессовидные суглиники постплиоценена в окрестностях Мариинского Посада и д. Ивановой Чувашской республики и возможности их применения в качестве сырья для строительных материалов. Учен. зап. КГУ, 1930 г., т. 90, кн. 3—4, стр. 463—495.

13. Минерало-петрографические исследования в Звениговском и Моркинском кантонах Мариобласти с целью выяснения геохимических процессов и их влияния на грунтовые воды. „Марий Ильш“, 1930 г., № 3, стр. 11—34.

14. Месторождения свинцовых соединений в окрестностях г. В. Уфалей. Изв. Урал. Г. Г. треста, 1930 г., № 2, стр. 167—172.

1931 г.

15. Медные соединения в пермских отложениях Татарской АССР и возможные способы извлечения из них меди. Недра Соц. Татарстана, 1931 г., стр. 55—58.

16. Возможны ли промышленные разработки местных бурых углей. Недра Соц. Татарстана, 1931 г., стр. 83—86.

17. Медные скопления в пермских отложениях Татарской и Чувашской республик и некоторые новые данные к их генезису. Зап. Рос. минерал. общ., 1931 г., ч. 60, № 1, стр. 119—134.

18. Ильинское железорудное месторождение в Нязе-Петровской даче на Урале. Учен. зап. КГУ, 1931 г., т. 91, кн. 2, вып. 1, стр. 4—12.

19. К изучению железорудных месторождений Верхне-Уфалейской дачи на Урале. Учен. зап. КГУ, 1931 г., т. 91, кн. 2, вып. 1, стр. 13—51.

20. К изучению Бакальских железорудных месторождений на Южном Урале. Изв. Акад. наук СССР, 1932 г., № 4, стр. 571—593. Учен. зап. КГУ, 1931 г., т. 91, кн. 2, вып. 1, стр. 78—99.

21. Оолитовые железные руды на восточном склоне Урала у с. Мугля, Мохновского района. Учен. зап. КГУ, 1931 г., т. 91, кн. 2, вып. 2, стр. 52—77.

1932 г.

22. Магнезит на Бакале (Южный Урал). Изв. Акад. наук СССР, 1932 г., № 6, стр. 829—834.

1933 г.

23. Сидероплезит и пистомезит как первичные руды на Бакале. Докл. Акад. наук СССР, 1933 г., стр. 104—108.

24. Бакальские железорудные месторождения на Южном Урале. Учен. зап. КГУ, 1933 г., т. 93, кн. 1, вып. 2 (отдельная книга — монография), стр. 3—131.

25. К геологии и генезису Бакальских железорудных месторождений на Южном Урале. Всесоюз. геол. развед. объед., 1933 г., вып. 307, стр. 124—127.

1934 г.

26. К изучению железорудных месторождений так называемого Алапаевского типа на восточном склоне Урала. Учен. зап. КГУ, 1934 г., т. 94, кн. 9, вып. 4, стр. 21—128 (монография) и Труды общ. естествоисп. при КГУ, 1934 г., т. 63, в. 4 (отдельный выпуск — монография), стр. 21—128.

27. Бокситы у д. Волково Каменского района на Урале. Учен. зап. КГУ, 1934 г., т. 94, кн. 1, вып. 3, стр. 216—235.

1935 г.

28. К изучению генезиса месторождения серы у села Сюкеева в Татарской Республике. Изв. Моск. геол. геодез. треста, 1935 г., т. 3, вып. 2, стр. 3—14.

29. Характеристика минерального комплекса и основных геохимических процессов в пермских отложениях у д. Сюкеева в Татарской Республике. Учен. зап. КГУ, 1936 г., т. 95, кн. 3—4, вып. 5—6, стр. 3—94.

1936 г.

30. К изучению железорудных месторождений Ольховской полосы в Каслинской даче на Урале. Учен. зап. КГУ, 1936 г., т. 96, кн. 3, вып. 7, стр. 42—69.

31. Арагонит у с. Сюкеева. Труды Ломонос. ин-та Акад. наук СССР, 1936 г., вып. 7, стр. 343. Объем 1 стр.

32. Рецензия на очерк С. И. Стеклова „Средне-волжская сера“. Труды Ломонос. ин-та Акад. наук СССР, 1936 г., вып. 7, стр. 372—373.

33. Оолитовые образования по р. Юрзани в Башкирской АССР. Учен. зап. КГУ, 1936 г., т. 96, кн. 3, вып. 7, стр. 70—78.

1937 г.

34. К изучению железорудных месторождений в Златоустовской и Кусинской дачах на Южном Урале (совместно с В. А. Поляниным). Учен. зап. КГУ, 1937 г., т. 97, кн. 3—4, вып. 8—9, стр. 147—188.

35. О происхождении серы и битумов в пермских отложениях у с. Сюкеева и некоторые данные о нахождении нефти в недрах Татарии. „Социалистический Татарстан“, 1937 г., № 6, стр. 39—52.

36. Медные руды в пермских отложениях Татарской АССР и задачи их дальнейшего изучения. „Социалистический Татарстан“, 1937 г., № 5, стр. 21—30.

37. Медные руды в пермских отложениях ТАССР и их генезис. Тезисы докладов к Международному 17-му Геологическому Конгрессу, 1937 г., стр. 109.

1938 г.

38. Медные руды в пермских отложениях Татарской АССР и их генезис. Учен. зап. КГУ, 1938 г., т. 98, кн. 1, вып. 10 (отдельная книга — монография), стр. 3—188.

39. Галогенные выделения в пермских отложениях Татарии и некоторые геохимические закономерности в последовательности их осаждения при хемогенных процессах. Учен. зап. КГУ, 1938 г., т. 98, кн. 5—6, вып. 11—12, стр. 211—221.

1939 г.

40. Распространение ванадия в каустобиолитах Татарии. Изв. Акад. наук СССР. Серия геол., 1939 г., № 3, стр. 103—110.

41. Флюорит в кунгурских отложениях Татарии. Докл. Акад. наук СССР, 1939 г., т. 25, № 6, стр. 503—505.

1940 г.

42. Галенит в пермских отложениях Татарии. Изв. Акад. наук СССР. Сер. геол., 1940 г., т. 3, стр. 157—164.

43. Медные руды. Сборник „Геология и полезные ископаемые Татарской республики“. Издание Тат. геол. разв. треста Главгеологии Наркомнефти СССР, 1940 г., стр. 265—275.

44. Сера. Сборник „Геология и полезные ископаемые Татарской республики“. Издание Тат. геол. разв. треста Главгеологии Наркомнефти СССР, 1940 г., стр. 277—285.

1941 г.

45. О классификации экзогенных месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых. Учен. зап. КГУ, 1941 г., т. 101, кн. 1, стр. 183—193.

46. Формы выделения и структурные особенности гипса в пермских отложениях Татарии. Учен. зап. КГУ, 1941 г., т. 101, кн. 1, стр. 191—211.

47. О флюорите и флюоритсодержащих породах в пермских и верхнекаменноугольных отложениях Татарии и Чувашии. Изв. Акад. наук СССР. Сер. геол., 1941 г., № 2, стр. 56—62.

48. О микрокристаллических доломитах, их генезисе и псевдоморфозах гипса и ангидрита по ромбоядрам доломита в нижнепермских отложениях Татарии. Докл. Акад. наук СССР, 1941 г., т. 32, № 8, стр. 572—574.

49. О примесях бария и кальция в целестине. Докл. Акад. наук СССР, 1941 г., т. 33, № 1, стр. 64—65.

1942 г.

50. Результаты спектрального анализа целестина из верхнепермских отложений Татарии (совместно с С. А. Боровик). Докл. Акад. наук СССР, 1942 г., т. 34, № 4—5, стр. 127—129.

51. О распространении никеля и меди в каустобиолитах Татарии. Докл. Акад. наук СССР, 1942 г., т. 35, № 5, стр. 170—172.

52. О макроволокнистом ангидrite в Чувашской АССР. Докл. Акад. наук СССР, 1942 г., т. 35, № 5, стр. 173—174.

53. Недра Татарской АССР и проблемы использования полезных ископаемых. „Природа“. Издан. Акад. наук СССР, 1942 г., № 1—2, стр. 81—91.

54. О появлении красноцветов типа „Red Beds“ в нижнепермских отложениях Татарии и причинах их окрашенности. Докл. Акад. наук СССР, 1942 г., т. 35, № 7, стр. 239—242.

55. О вторичных выделениях кварца в нижнепермских отложениях Татарии. Докл. Акад. наук СССР, 1942 г., т. 36, № 2, стр. 69—72.

56. О выделениях кварца и процессе кварцизации в нижнепермских отложениях Татарии. Зап. Рос. минер. общ., 1942 г., ч. 71, № 1—2, стр. 49—55.

57. Минеральная шерсть и возможности производства термо-звукозоляционных материалов в Татарии. „Природа“. Изд. Акад. наук СССР, 1942 г., № 5—6, стр. 83—85.

1943 г.

58. Результаты спектрального анализа гипса из пермских отложений Татарии (совместно с С. А. Боровик). Докл. Акад. наук СССР, 1943 г., т. 38, № 1, стр. 37—41.

59. Результаты спектрального анализа кальций-железо-медьсодержащих минералов и самородной серы в Татарии. Докл. Акад. наук СССР, 1943 г., т. 39, № 9, стр. 403—406.

60. Ресурсы недр Мариийской АССР и перспективы их использования. „Природа“. Изд. Акад. наук СССР, 1943 г., № 5, стр. 51—55.

61. К 80-летию акад. В. А. Обручева. „Природа“. Изд. Акад. наук СССР, 1943 г., № 6, стр. 84—86.

62. К 60-летию акад. А. Е. Ферсмана. „Природа“. Изд. Акад. наук СССР, 1943 г., № 6, стр. 87—90.

63. О красноцветах типа „Red Beds“ в пермских отложениях Среднего Поволжья и Прикамья и их окрашенности. Докл. Акад. наук СССР, 1943 г., т. 41, № 8, стр. 350—353.

64. Результаты спектрального анализа ангидрита из пермских отложений Татарии (совместно с С. А. Боровик). Докл. Акад. наук СССР, 1943 г., т. 41, № 9, стр. 397—398.

1944 г.

65. Новое месторождение битумов и асфальтитов в Казанском Закамье. „Природа“. Изд. Акад. наук СССР, 1944 г., № 2, стр. 55—57 (совместно с Г. Л. Мирольской).

66. Результаты спектрального анализа кремнийсодержащих минералов из пермских отложений Татарии (совместно с С. А. Боровик). Докл. Акад. наук СССР, 1944 г., т. 45, № 8, стр. 355—357.

67. Окристаллизованный флюорит в верхнепермских отложениях Татарии. „Природа“. Изд. Акад. наук СССР, 1944 г., № 4, стр. 69.
68. Некоторые соображения к определению правильного направления поисково-разведочных работ на нефть в пермских отложениях Татарии. Учен. зап. КГУ, 1944 г., т. 104, вып. 14, стр. 3—10.
69. О микрослоистости среди отложений татарского яруса в районе д. Водолесово — г. Марининский Посад — д. Новинская Чувашской АССР. Учен. зап. КГУ, 1944 г., т. 104, вып. 14, стр. 11—27; Материалы к познанию геол. строения СССР. Материалы по литологии. Изд. Моск. общ. испыт. природы, 1946 г., вып. 3 (7), стр. 39—56.
70. Наиболее рациональные возможности использования гипса в качестве сырья для строительных и других материалов в Татарской АССР. Учен. зап. КГУ, 1944 г., т. 104, вып. 14, стр. 29—40.
71. Результаты исследования отбеливающих глин Чистопольского района Татарской АССР как огнеупорного сырья (совместно с В. Н. Алексеевой и Н. В. Кирсановым). Учен. зап. КГУ, 1944 г., т. 104, вып. 14, стр. 41—57.
72. Полезные ископаемые в Мордовской АССР и перспективы их использования. „Природа“. Изд. Акад. наук СССР, 1944 г., № 5—6, стр. 90—95.
- 1945 г.
73. Минерально-сырьевая база Удмуртской АССР и пути ее использования. „Природа“. Изд. Акад. наук СССР, 1945 г., № 1, стр. 49—52.
74. Светлой памяти академика Александра Евгеньевича Ферсмана. „Успехи химии“, 1945 г., т. 14, вып. 6, стр. 468—475.
- 1946 г.
75. Об элементарном составе и геохимических особенностях минеральных образований в пермских отложениях Татарской АССР. Сборник, посвященный памяти акад. А. Е. Ферсмана. „Вопросы минералогии, геохимии и петрографии“. Изд. Акад. наук СССР, 1946 г., стр. 283—289.
76. Гипс и ангидрит в пермских отложениях Татарской АССР и возможности их использования (монография). Учен. зап. КГУ, 1946 г., т. 105, кн. 2, в. 15, стр. 1—210.
- 1947 г.
77. О нижнепермских отложениях Татарии. Докл. Акад. наук СССР, 1947 г., т. 58, № 3, стр. 447—449.
78. О геохимических особенностях элементарного состава нижнеаргинских отложений в Татарии. Докл. Акад. наук СССР, 1947 г., т. 58, № 4, стр. 615—616.
79. О цикличности в осадконакоплении среди верхнеказанских отложений в Татарии. Докл. Акад. наук СССР, 1947 г., т. 58, № 5, стр. 851—853.
80. К литологической характеристике рудносной толщи в железорудном месторождении у д. Мотмос — Досчатое по р. Оке в Горьковской области (совместно с Г. Л. Миропольской). Докл. Акад. наук СССР, 1947 г., т. 58, № 6, стр. 1151—1153.
- 1948 г.
81. О железорудном месторождении у д. Мотмос — Досчатое Выксунского района Горьковской области (совместно с Г. Л. Миропольской). Докл. Акад. наук СССР, 1948 г., т. 59, № 1, стр. 115—117.
82. О железорудных концентрациях у д. Мотмос — Досчатое по р. Оке в Горьковской области (совместно с Г. Л. Миропольской). Докл. Акад. наук СССР, 1948 г., т. 59, № 2, стр. 303—305.
83. Об уфимских отложениях в Татарии. Докл. Акад. наук СССР, 1948 г., т. 61, № 4, стр. 689—692.
84. О зональности в осадконакоплении среди верхнеказанских отложений в Татарии. Докл. Акад. наук СССР, 1948 г., т. 61, № 6, стр. 1075—1078.
- 1949 г.
85. О девонских фолитовых железных рудах в Западной Башкирии и Восточной Татарии (совместно с К. Р. Тимергазиным, Л. Ф. Солонцовым, Н. М. Ковязиным и М. Л. Килигиной). Докл. Акад. наук СССР, 1949 г., т. 66, № 1, стр. 105—107.
86. О распространении флюорита в нижнеаргинских отложениях Татарии и Чувашии (совместно с Е. Т. Герасимовой). Докл. Акад. наук СССР, 1949 г., т. 66, № 2, стр. 261—264.
87. Об оолитовых шамозитовых рудных накоплениях в животских отложениях Башкирии и Татарии (совместно с Л. Ф. Солонцовым и Н. М. Ковязиным). „Разведка недр“, 1949 г., № 6, стр. 7—14.
- 1950 г.
88. О гипсе из отложений горизива в Тат. АССР и прилегающих районах Ульяновской области (совместно с Н. М. Ковязиным). Докл. Акад. наук СССР, 1950 г., т. 70, № 3, стр. 481—484.
89. Об арагоните у д. Долиновки в Татарии (совместно с Н. М. Ковязиным). Записки Всесоюз. минер. общества, 1950 г., ч. 77, вып. 3, стр. 196—202.
90. Об оолитовых рудах в нижнефранских отложениях Башкирии и Татарии (совместно с Л. Ф. Солонцовым и Н. М. Ковязиным). Изв. Казанск. филиала АН СССР, 1950 г., № 1, стр. 11—20.
91. О стратиграфической самостоятельности уфимских отложений в Татарии. Изв. Казанск. филиала АН СССР, 1950 г., № 1, стр. 35—46.
92. О зоне и корах выветривания в Татарии. Изв. Казанск. филиала Акад. наук СССР, 1950 г., № 1, стр. 47—55.
93. Об особенностях гипергенных изменений в красноцветных толщах среди пермских отложений в Поволжье и Прикамье. Учен. зап. КГУ, 1950 г., т. 110, кн. 5, стр. 59—64.
94. О геологических особенностях железорудного месторождения в окрестностях д. Мотмос — Досчатое Выксунского района Горьковской области и его генезисе (совместно с Г. Л. Миропольской). Монография. Учен. зап. КГУ, 1950 г., т. 110, кн. 5, стр. 75—153.
95. О люминесценции минералов из верхнепермских отложений Татарии в ультрафиолетовых лучах. Учен. зап. КГУ, 1950 г., т. 110, кн. 5, стр. 141.
- 1951 г.
96. О барите среди юрских отложений в Татарии, прилегающей части Ульяновской области и у д. Мотмос — Досчатое в Горьковской области (совместно с Н. М. Ковязиным). Записки Всесоюз. минер. общества, 1951 г., ч. 80, вып. 1, стр. 48—53.
97. О сфалерите в девонских отложениях на востоке Русской платформы (совместно с Г. Л. Миропольской и Л. Ф. Солонцовым). Докл. Акад. наук СССР, 1951 г., т. 77, № 3, стр. 479—481.
98. Галенит в девонских отложениях на востоке Татарии. Докл. Акад. наук СССР, 1951 г., т. 78, № 4, стр. 757—759.
99. Новые данные о сфалерите в девонских отложениях на юго-востоке Татарии (совместно с Г. Л. Миропольской). Докл. Акад. наук СССР, 1951 г., т. 80, № 3, стр. 425—428.
100. Халькопирит в девонских отложениях на юго-востоке Татарии (совместно с В. А. Поляниным). Докл. Акад. наук СССР, 1951 г., т. 81, № 3, стр. 457—459.
101. О пирите в верхнекоренных и нижнемеловых отложениях Татарии и в смежных районах Ульяновской области (совместно с Н. М. Ковязиным). Учен. зап. КГУ, 1951 г., т. 111, кн. 6, стр. 3—22.
- 1952 г.
102. Новые данные о галените в девонских отложениях на юго-востоке Татарии (совместно с Г. Л. Миропольской). Докл. Акад. наук СССР, 1952 г., т. 83, № 6, стр. 903—905.
103. Первичная и вторичная минерализация в пермских отложениях Татарии. Учен. зап. КГУ, 1952 г., т. 112, кн. 2, стр. 137—142.
- 1954 г.
104. О сульфидной минерализации в девонских отложениях Татарии. Учен. зап. КГУ, 1954 г., т. 114, кн. 3, стр. 37—51.
105. О иевротических образованиях из нижнепермских и каменноугольных отложений в Татарии. Учен. зап. КГУ, 1954 г., т. 114, кн. 7, стр. 3—8.
106. К общей характеристике первичной и вторичной минерализации в девонских отложениях на юго-востоке Татарии. Учен. зап. КГУ, 1954 г., т. 114, кн. 8 (юбилейный сборник), стр. 129—139.
107. К изучению минералов в нижнефранских отложениях на востоке Татарии и в смежных районах Башкирии (совместно с Л. Ф. Солонцовым и Г. Л. Миропольской). Изв. Каз. филиала Акад. наук СССР, сер. геол., 1954 г., № 2, стр. 3—6.
- 1955 г.
108. О глауконите среди отложений карбонатной формации девона в Татарии (совместно с Е. Т. Герасимовой). Изв. Каз. филиала Акад. наук СССР. Сер. геол. наук, 1955 г., № 5, стр. 41—47.
109. Еще о сульфидной минерализации в девонских отложениях Татарии. Учен. зап. Каз. гос. унив., 1955 г., т. 115, кн. 16, стр. 251—261.

110. Топогеохимические исследования пермских отложений в Татарии на промежутке сакмаро-артинских наслоений. Учен. зап. КГУ, 1955 г., т. 115, кн. 10, стр. 108—111.

1956 г.

111. Топогеохимические исследования пермских отложений в Татарии (монография). Изд. Акад. наук СССР, 1956 г., стр. 1—264.
112. Богатства недр Татарии (совместно с У. Г. Дистановым, Н. В. Кирсановым, В. Н. Незимовым, Ю. В. Сементовским). Таткнигоиздат, 1956 г., стр. 1—76.
113. Об анкерите в нижнееживетских отложениях на востоке Татарии (совместно с Г. Л. Миропольской). Учен. зап. КГУ, 1956 г., т. 116, кн. 5, стр. 190—193.
114. Некоторые данные об условиях осадконакопления и формирования месторождений нефти и газа в девоне юго-востока Татарии. В кн.: "Нефтегазоносность Урало-Волжской области". Труды совещания по проблеме нефтегазоносности Урало-Волжья. М., изд. АН СССР, 1956, 21—30.

Л. М. Миропольский

О НЕКОТОРЫХ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ВОПРОСАХ
МИНЕРАЛОГИИ

В современной минералогии наряду с вопросами, имеющими узко специальный интерес, есть очень много проблем общего значения, которые постоянно привлекают внимание работающих в области этой науки и в то же время остаются до сих пор в достаточной мере не уточненными. К категории таких проблем относится между прочим определение понятий: минеральный вид, разновидность, минерал и целый ряд других.

Сообщение 1-е

К ТЕОРИИ ПОНЯТИЙ ВИДА И РАЗНОВИДНОСТИ
В МИНЕРАЛОГИИ

Необходимость всестороннего освещения понятий *минеральный вид* и *разновидность* и их конкретного содержания в минералогии определяется целым рядом причин. Во-первых, это вызывается тем, что понятия вида и разновидности, как известно, самым тесным образом связаны с определением минерала, как основного объекта изучения минералогии. Во-вторых, понятие вида, как основной таксономической единицы в минералогии, является существенной составной частью систематики минералов. В-третьих, минеральный вид есть одна из основных единиц практической работы и экономики промышленного минерального сырья. Наконец, правильное понимание минерального вида крайне важно для уточнения известных минеральных видов, расчленения на самостоятельные минералы сложных соединений, выявления и открытия новых минеральных видов. Для минералогии вид представляет самодовлеющее значение. Вид — это особый, самостоятельный и основной объект "неживой" природы, стандарт сравнения, мерило идентичности при диагностике, основа выявления новых минералов, это — единица таксономии, это определенный объект минерального сырья, объект промышленного использования и экономики. Короче говоря, минеральный вид в минералогии это — основа основ для разного рода исследований и творческих исканий, а в жизни — практический объект удовлетворения потребностей человека, различных запросов народного хозяйства.

Постановка вопроса о более глубоком раскрытии понятий минерального вида и разновидности несомненно заслуживает сейчас особого внимания, так как в них заложены в известной мере перспективы дальнейших успехов современной минералогии.

Вопрос о понятии вида в минералогии является очень старым и в то же время остается и поныне в значительной мере еще новым. В старой литературе об этом понятии имеется очень много суждений и высказываний различных минералогов. В современной лите-

туре понятие вида не получило дальнейшей углубленной разработки. Это понятие многими считается, видимо, совершенно ясным, о нем даже в специальных работах, в лучшем случае, либо упоминается только вскользь, как о каком-то твердо укоренившемся навсегда представлении, либо совершенно умалчивается. Последний факт является особенно странным для наших новых учебников по минералогии, вышедших за последние два-три десятилетия, где по вопросам вида и разновидности либо совершенно не дается никаких представлений, кроме определения понятия минерал, либо имеются лишь краткие упоминания о них. Само собой разумеется, и вряд ли есть надобность в доказательствах, что понятия "минеральный вид" и "минерал" не одно и то же. Они не идентичны и, вполне естественно, понятие минерального вида требует особых суждений. Цель настоящего очерка состоит в том, чтобы кратко осветить проблему вида в ее своеобразии и многообразии и, на основе углубленного анализа, вскрыть содержание этого понятия как отправной точки познания всего минерального царства и минералогии, как науки. Эта задача не легка, в особенности если вспомнить слова известного ботаника Альфонса де-Кандоль, когда он пишет: "самым тяжелым испытанием для натуралиста является задача ясно выразить свои мнения о природе вида...", так как "каждое его слово будет взвешено,... каждая новая мысль будет признана еретической и... все ошибочные представления об этой базе естественных наук бросят вполне заслуженную тень на его собственные... работы". Но в то же время задача вскрытия содержания понятия минерального вида в выполнении значительно облегчается затраченным трудом предшествующих исследователей целого ряда поколений.

Царство минералов обособил от царства животных и растений впервые д'Эспанье в начале XVII столетия. Уже тогда было ясно, что виды минералов нельзя помещать в одну реальную категорию с видами животных и растений. Минералы, будучи природными продуктами химических реакций и физических преобразований земли, уже в то время не только обособлялись от животных и растений, но и сами по себе представлялись неодинаковыми и даже, видимо, довольно разнообразными. Каждый из них казался не похожим на другой и каждый из них в отличие от других уже давно назывался тем или иным именем. Этим издавна устанавливались различия между минералами. По-видимому, понимание самостоятельного минерального вида слагалось сначала из морфологического сходства и из наличия какой-то суммы своеобразных наружных признаков, ему присущих. Постепенно это понятие впоследствии осложнялось признанием важности химического состава, стало учитываться как-то его внутреннее строение, а сумма наружных признаков стала рассматриваться как следствие или внешнее выражение известного состава и внутреннего индивидуального строения. Сейчас мы, рассматривая любой минерал обособленно или в сложных взаимоотношениях с другими в агрегатах, знаем, что морфологические и все другие его свойства не остаются для нас мертвыми данными. Напротив, каждое из них нами воспринимается как какая-нибудь черта, как какой-нибудь момент из его "биографии", как явление, неразрывно, тесно связанное с химическим составом, внутренним структурным строением, особенностями атомов и силами их связи. Правда, для нас еще часто отдельные признаки у минерала представляются иногда не вполне связанными и объединенными. Минералогу, чтобы разобраться во всей совокупности и охватить всю сложность неразрывно связанных между собой признаков во всей их полноте, приходится иметь ясное и вполне определенное представление о каждом минеральном виде. Минералог, сопоставляя минералы из разных месторождений одной

и той же местности и различных, должен неизбежно всегда охватывать всю ассоциацию видов и найти каждому из них какое-то место в общей системе минерального царства и в конкретно взятом сочетании. В этой работе он должен всегда основываться прежде всего на наблюдениях и опыте.

Все высказанные до сих пор представления о минеральном виде носят отпечаток схематизма. Из определений понятия вида чувствуется неосознанность и неразвернутость его содержания. В представлении абсолютного большинства авторов о виде мы замечаем, во-первых, черту постоянства, или почти постоянства в существенных признаках по принципу: один объект вида походит на другой, во-вторых, черту родства объектов вида по морфологическим, физическим, химическим и другим свойствам и, в-третьих, наличие постепенного нарастания и обрастиания определения вида целым рядом особенностей.

Одновременно с этим в известных представлениях о виде нельзя не обратить внимания на то, что различие в индивидуальных, случайных признаках, присущих виду, привело к понятию разновидности или, как пишет К. Науманн, "видоизменению вида". Четкое представление о виде можно составить только на базе углубленного изучения минералов, как составной части земной коры, широкого их сравнения и сопоставления. В расшифровке понятия "минеральный вид" должно быть положено, в качестве отправной точки, прежде всего одно представление: мы должны смотреть на вид как на особый объект природы, сложившийся исторически и связанный в своем появлении и бытии с окружающей средой земной коры, в ее строю, как ее неотъемлемое звено, как продукт процессов, в ней протекающих, и даже, может быть, как продукт всего космоса.

Вместе с тем для обособления видов мы должны брать в качестве исходного базиса принцип изоляции. Один вид должен быть как-то ограничен и представлять собой нечто определенное и отличное от других видов.

Наряду с этим вид должен рассматриваться не как уникальный объект, а как явление, неизбежно связанное с наличием в земной коре группы индивидуумов, сходных и родственных по признакам. Каждый вид узнается по тождеству строения с некоторым довольно постоянным или идентичным комплексом черт. Основными критериями минерального вида должны быть следующие признаки:

- 1) химический состав (основные минералообразующие компоненты — атомы, ионы, комплексы их и т. п.), обозначаемый буквой X ;
- 2) конструктивные особенности внутренней структуры (тип кристаллической решетки или отсутствие правильности в расположении структурных частиц, их координация и т. п.) и природа связей, характеризуемые буквой C ;
- 3) морфологические наружные особенности (тип сингонии, ее вид у окристаллизованных индивидуумов и аморфность у гелитов и т. п.), именуемые буквой M ;
- 4) разного рода физические и другие свойства (колористические, тяготения, механической прочности, химической, термической устойчивости и др., энергия кристаллической решетки и т. п.), обозначенные буквой Φ .

Эти черты X , C , M , Φ характеризуют любой минеральный вид с разных сторон, если так можно выразиться, и "изнутри" и "снаружи". Под видом подразумевается таксономическая единица в минералогии, характеризующаяся наличием определенных, вполне установившихся каких-то признаков $X-C-M-\Phi$, общих целому ряду индивидуумов определенного минерального объекта, хотя бы и отличающихся по некоторым из этих признаков (чаще всего в от-

иошении X , M и Φ). Отсюда вид должен быть в известной мере сборным представлением со взаимно увязанным комплексом свойств, присущих индивидуумам минерального вида. Вместе с тем, минеральный вид, как и объект, это — некоторая более или менее устойчивая и определенная физико-химическая система состояния вещества в земной коре.

Кроме этого, вид следует рассматривать как очень сложный феномен. Вид, обнимая обычно множество или то или иное количество подобных индивидуумов, подвижен и динамичен. В земной коре он находится в непрерывном развитии — эволюции. Каждый вид имеет свою динамику, как в качественном отношении, так и в количественном проявлении. Вид всегда всесторонне связан с разнообразными явлениями, протекающими в окружающей среде земной коры, вокруг него и в нем самом.

Стремясь к обособлению вида, мы должны учитывать все эти особенности и охарактеризовать их возможно полнее и рельефнее для того, чтобы придать понятию вид максимальную конкретность содержания.

Для минерального вида в земной коре характерным является ряд сугубо специфичных черт. Здесь отметим в качестве основных только некоторые особенности.

1. Изменчивость вида. Обособленно взятые индивидуумы одного и того же минерального вида не всегда подобны между собой. Они различаются иногда во многих отношениях. В качестве примера можно взять кварц, гранат и многие другие. Наряду с индивидуумами, резко обособленными, с типичными признаками, существуют индивидуумы, отклоняющиеся от них по тем или иным признакам, например, морфологическим, физическим свойствам, химическому составу и т. п. Отклонения в признаках отмечаются у индивидуумов одного и того же вида и во времени (по разным стратиграфическим горизонтам, по месту выделения в одном и том же геопроцессе и т. п.), и в пространстве (в синхронных отложениях по географическим участкам, пунктам и т. д.). Изменчивость есть неотъемлемая черта минерального вида. Наличие ее свидетельствует о том, что вид не есть что-то застывшее. Напротив, это нечто изменяющееся и развивающееся. Это свойство вида определяется в своем проявлении влиянием множества факторов и прежде всего обуславливается особенностями окружающей среды, в которой шло и сейчас идет образование индивидуума того или иного вида.

2. Расхождение признаков у вида. При общем „родстве“ индивидуумов одного и того же минерального вида часто наблюдается расхождение их признаков или свойств. Это есть процесс дробления вида на подчиненные ему группы — разновидности, отличающиеся либо по одному какому-нибудь свойству, например, окраске или по огранке формы, либо в составе по присутствию тех или иных примесей, либо одновременно по целому ряду присущих свойств. Однако, все эти вариации не должны заслонять собой основные особенности вида. Каждый минеральный вид может иметь некоторый ареал или спектр расходящихся признаков, ему свойственных, и притом разного объема, иногда малого (с малым спектром дробления свойств), а иногда большого (с большим спектром отклонений в признаках). Понятие вида слагается из суммы расходящихся признаков и в ареале их вид превращается в нечто конкретное. Это дает вполне определенный критерий для различия минеральных видов и, даже больше того, для установления той или иной его разновидности. Расхождение признаков — это процесс дробления вида. Следствием его является изменение, текучесть вида. Расхождение признаков приводит

к преобразованию вида в разновидность, а затем, в случае резкого различия между индивидуумами, и в новый вид.

3. Повторяемость видовых свойств. Индивидуумы одного и того же минерального вида всегда обладают некоторой совокупностью видовых признаков, обособляющих их от других видов. Приобретение их является характерной особенностью каждого вида. Само собой разумеется, эта черта воспринимается минеральным видом не всегда однозначно и не обязательно в отношении всех признаков. Устойчивость прослеживается у видов главным образом в отношении основных — константных видовых свойств и при этом как во времени, так и в пространстве. Повторение некоторых главных признаков характерно для минеральных видов, образующихся как в настоящее время, так и выделившихся в давно прошедшие геологические эпохи. При этом повторяемость видовых признаков, сходство их у индивидуумов одного и того же минерального вида и „родственное“ взаимоотношение индивидуумов друг к другу проявляются в земной коре различно. Если бы не было повторяемости константных свойств, то не было бы и видов или по крайней мере их трудно было бы обособить. Все индивидуумы одного и того же вида в пространстве и времени связаны между собой некоторой суммой издавна установленных общих признаков. Эта особенность определяется в своем существовании общностью химического состава, конструктивных черт у самих слагающих атомов, ионов и т. п. и структурных их построений. Все это своим относительно „выдержаным“ сочетанием издавна определяет у одного и того же минерального вида наличие некоторой суммы константных свойств во времени и пространстве. Всякое изменение, даже незначительное, в химической системе вида неизбежно влечет за собой изменение или то или иное отклонение в свойствах.

4. Гибридность видов. Мы привыкли каждый минеральный индивидуум обязательно относить к тому или иному виду или втискивать в него. Среди множества природных объектов это не всегда легко можно сделать, так как находимые в земной коре индивидуумы не всегда можно строго уложить в понятие определенных видов. „Стричь“ все многообразие природных фактов под одну или несколько „гребенок“ в земной коре нельзя. Среди массы более или менее устойчивых видов существует множество переходных, промежуточных, смешанных индивидуумов со своеобразным сочетанием признаков двух или нескольких видов. Один минеральный вид иногда дает переходные ступени к другому виду. В земной коре имеется множество примеров всех ступеней перехода между двумя и больше видами, от одного вида к другому. Здесь достаточно указать многогранные ступени переходов между полевыми шпатами, в частности плагиоклазами, пироксенами, гранатами, углекислыми соединениями щелочноземельных элементов и целого ряда других. Факты „скрещивания“ видов по разным качественным ступеням в минералогии общеизвестны и очень широко распространены. Это свойство „скрещивания“ видов подобно гибридности в биологии. Причем при скрещивании каждый из видов реагирует активно, а свойства у гибридных видов обычно аддитивны содержанию скрещиваемых видов. Они преимущественно воспринимаются гибридами и притом соответственно преобладанию вида „хозяина“, а „гость“, как правило, лишь накладывает на гибрид свой отпечаток. В результате скрещивания — гибридизации видов появляется большое количество разнообразных форм гибридов — межвидовых индивидуумов. Гибридность есть своеобразное явление — свойство многих минеральных видов. Эта особая форма сочетания видов создает „мучения“ и затруднения минералогам для „втискивания“ таких индивидуумов в определенные ми-

ральные виды. Гибридность у видов, как свойство, революционизирует природу минерального вида и в ряде случаев приводит к появлению в земной коре новых минеральных видов.

5. Дефективность у видов. Минералогу приходится постоянно встречаться в земной коре с фактами, отклоняющимися от обычно принятых норм для вида. В отличие от нормально развитых минеральных видов наблюдаются индивидуумы «уроды», индивидуумы недоразвитые, индивидуумы с теми или иными дефектами — внешними и внутренними и индивидуумы «идеалы» исключительного совершенства. Последние, как известно, редко встречаются в земной коре, а дефективные индивидуумы — обычно. В отличие от любого штампа и от привычки иметь определенное представление о минеральном объекте, как некотором стандарте, минеральные виды в земной коре в абсолютном большинстве случаев проявляют дефективность и во внутренней структуре, и во внешних формах гранки, и в целом ряде других проявлений. Причем это прослеживается у видов и во времени и в пространстве, но не всегда однозначно. Однако, некоторые дефекты, например, присутствие штриховки на гранях куба у пирита, на гранях призмы у кварца удружаются индивидуумами одного и того же вида довольно часто в разновозрастных отложениях и в разных участках земной коры. Свойство дефективности у минеральных видов обусловливается главным образом особенностями окружающей среды. Минеральные виды в земной коре находятся, с момента своего возникновения, в постоянном взаимодействии с окружающей средой. Поскольку же последняя в разных местах и случаях непостоянна, то трудно и ожидать, чтобы каждый индивидуум одного и того же вида мог быть всегда подобен другому такому же индивидууму.

6. Загрязненность видов. Детальными исследованиями минералов в последние годы устанавливается, что чистых минеральных видов в земной коре, видимо, нет. Они всегда загрязнены примесями на правах «гостей». Степень загрязнения в разных случаях различна.

Природа загрязнителей также непостоянна. В минералах нередко наблюдаются включения других минералов, механических примесей (например глинистых, алевритовых, песчаных частиц), присутствие пузырьков, выполненных жидкостями, газами и т. п. Кроме этого, каждый минеральный вид содержит, помимо минералообразующих, главных элементов, как «хозяев», большое число других элементов, находящихся в незначительных концентрациях и отличающихся от первых тем, что в распределении их в минералах не отмечается в целом ряде случаев каких-либо явных закономерностей. С внедрением и усовершенствованием методов анализа число улавливаемых примесей имеет явную тенденцию к возрастанию. За последние годы И. и В. Ноддаки при применении комбинированных точных методов на ряде объектов показали, что при достаточной чувствительности методов анализа во многих минералах могут быть обнаружены почти все элементы. Они утверждают, что такие элементы, как кислород, кремний, алюминий, встречаются, как примеси, во всех минералах земли. Открытие этого обстоятельства «навело» их «на мысль... повсеместного присутствия» элементов и идею «повсюдности». Количество и качество «больших» и «малых» примесей в разных минералах не выдерживается. По мнению И. и В. Ноддаков, концентрация «малых» примесей у распространенных элементов выше 10—5%, у большинства же редких — весьма незначительна. Свойство загрязненности у минеральных видов, как особенность, изменяется и во времени, и в пространстве. Было это в прошлом, имеет место и в настоящем. Факт этот обусловливается в своем существовании опять-таки главным образом влиянием окружающей среды, в част-

ности — сложностью ее состава в разных условиях геопроцессов, вызывающих минералообразование.

7. Количество ограниченность минеральных видов (числа минералов в земной коре). Когда подвергаешь обзору всю совокупность минералов в земной коре, например, по экспонатам в их хранилищах (музеях) с бесконечным разнообразием и богатством форм, красок и т. п., то на первый взгляд создается впечатление о бесконечно великим разнообразии минеральных видов. На самом же деле это далеко не так. И. и В. Ноддаки, комбинируя все известные элементы в химические соединения и рассматривая их как теоретически возможные минеральные виды, заключили, что количество минералов в земной коре должно было бы превышать 400 тысяч. В то же время они подсчитали действительно существующие и пришли к выводу, что из большого числа возможных минералов в земной коре образуется только немногим более 1800 видов. О. М. Шубникова теоретически подсчитала, что из 92 элементов можно было бы получить «число соединений, выраженное чисто астрономической цифрой с 28 нулями». На самом же деле число минеральных видов не превышает, по ее мнению, 2000, хотя, правда, ежегодно увеличивается. Эти выводы с наибольшей убедительностью подчеркивают ограниченную распространенность минеральных видов. По мнению И. и В. Ноддаков, число минеральных видов является в первую очередь функцией земной распространённости элементов и, по-видимому, их различной наклонностью или способностью к минералообразованию. Минеральные виды могут в земной коре возникать там, где образующие их элементы имеют достаточную концентрацию. Одновременно с этим ограниченность минеральных видов определяется также законами химического, кристаллохимического равновесия и характером геопроцессов, приводящих к минералообразованию.

8. Неравнозначность видов (числа и массы их). Распространенность минеральных видов в земной коре неодинакова. Числа и массы их неравнозначны. Одни из видов прослеживаются чаще, другие же, наоборот, реже или даже совсем редко. Они неравнозначны в развитии и во времени, и в пространстве. Неравнозначность развития вида — это общее свойство минерального вида. Один вид по массе не равен другому. Из общего количества известных минералов большим распространением пользуются только около 300, а из последних доминирующими развитием в земной коре — лишь около двух-трех десятков. Из обзора минеральных видов вытекает, как будто бы, следующее правило: минералы обыкновенные, большого распространения, дают и большие массы концентраций, минералы ограниченного распространения — меньшие массы и более редкие концентрации, минералы редкие, ничтожного, скучного распространения — очень малые массы. Для технических целей эта сторона минерального вида заслуживает особого внимания. Для практики менее важно число минеральных видов, а более важна масса их и концентрация в земной коре, в особенности тех видов, которые служат полезным источником (сырьем) для получения металлов (черных, цветных, легких, редких, благородных) и других продуктов. Проиллюстрировать это можно большим числом примеров. Возьмем хотя бы минеральные виды, где основными минералообразователями являются кремний, алюминий, железо и некоторые другие элементы большого распространения. Каждый из них образует большое число или много минеральных видов и каждый из них — большие массы. Другие элементы благодаря меньшей распространенности дают меньшее число минералов и меньшие их массы.

Из обзора приведенных особенностей, присущих минеральному виду, вытекает, что каждый вид, во-первых, обособлен и ограничен от других на основе сходства, родства константных, характерных признаков $X-C-M-\Phi$; во-вторых, он представляет сложное образование, связанное с наличием некоторого объема спектра или ареала расходящихся, изменяющихся признаков при общей их близости; в-третьих, он является сборным в том смысле, что представляет какие-то группы минеральных индивидуумов с практически подобными признаками, реально связанными в какое-то единое целое; в-четвертых, вид — это образование текучее, подвижное, находящееся в связи с особенностями окружающей среды, составом и строением самого минерала и специфичными чертами атомов; в-пятых, это объект естественно исторический, сложившийся в тесной связи со всем развитием земной коры.

Вся эта совокупность сложных и разносторонних признаков и особенностей минерального вида мешает дать понятию его вполне исчерпывающее определение, которое в сжатой форме отражало и охватывало бы в себе все его содержание. Любая формулировка понятия вида, как и многих других объектов природы, не может отразить, передать и исчерпать в себе все особенности и многообразие его свойств и тем самым вскрыть полностью его содержание. Учитывая все это и возникающие при этом трудности, определение минерального вида может быть сформулировано следующим образом: **минеральный вид — это основная таксономическая единица минералогии, представляющая, как объект, группу или совокупность индивидуумов, обладающих относительной однородностью индивидуализированных признаков $X-C-M-\Phi$, близких друг к другу, естественно отграниченных от других и являющихся определенным вполне закономерным продуктом земной коры и космоса, или другими словами вид — это совокупность каких-то родственных друг другу минеральных индивидуумов, имеющих одну и ту же или очень близкую (сходную) характеристику как естественно обособленного явления природы или, еще короче говоря, вид — какая-то группа индивидуумов, обладающих относительной однородностью признаков, составляющих их естественную индивидуальность.** Все приведенные определения минерального вида страдают последовательным упрощением, а каждое упрощение почти всегда, как и в данном конкретном случае, приводит к некоторому несовершенству определения. Несмотря на это, данные нами выше определения минерального вида на фоне предыдущих суждений все же достаточно ясны и вполне приложимы к абсолютно преобладающей массе минералов. Ими, мне кажется, мы должны пользоваться и руководствоваться во всех наших исследованиях и при решении всевозможных практических задач.

Что же представляет собой разновидность? Это — индивидуумы или группы их, каким-либо из признаков ($X-C-M-\Phi$) отличающиеся от общей характеристики вида, по каким-то отдельным признакам обособляющиеся от него, тогда как все другие свойства сходны родственным признакам вида. Это нечто автономное среди вида, но не вполне стерильное. Это своего рода отклонение, притом устойчивое, от вида по некоторым свойствам $X-C-M-\Phi$. На фоне вида разновидность есть частность, но эта частность „кровно“ родственна виду. Разновидность среди минерального вида легко узнается по общей совокупности видовых признаков, но отличается от вида некоторой их вариацией, например, у кварца разновидности аметист, морион и другие — по окраске. Таким образом, **разновидность — это группа индивидуумов, характеризующаяся общим родством признаков с видом и автономная по некоторым из них.**

Разновидности отличаются между собой и от вида сравнительно частными признаками. Таким образом, под понятием „минеральный вид“ мы должны иметь в виду представление преимущественно об общих свойствах, а под понятием разновидность — о частных, часто и довольно твердо удерживающихся.

Приведенные определения вида и разновидности, как и всякие другие определения природных объектов, не исчерпывают собой полностью многогранности их понятий, так как „все грани в природе условны, относительны, подвижны...“ (В. И. Ленин, Сочинения, т. 14, стр. 268). Однако, в них все же выделено то, что является основным, необходимым для разрешения теоретических и практических задач.

Л. М. Миропольский
О ПРОЯВЛЕНИЯХ МАГМАТИЗМА В КАМСКО-ВОЛЖСКОМ КРАЕ

1. Исследования кристаллического фундамента, отложений верхнего протерозоя и нижнего палеозоя, проведенные в последние годы на территории Татарии и смежных областей, показывают, что в их развитии играли весьма существенную роль неоднократные проявления тектогенеза и магматизма. В этом отношении большое значение имеют прежде всего результаты исследований отложений бавлинской свиты, выполненных Л. Ф. Солонцовым [9], Е. В. Чибриковой [12], а затем и изверженных пород, осуществленных по разным районам указанной территории В. П. Флоренским [14, 15, 16, 17, 18], Т. А. Лапинской [4, 5], Б. А. Успенским [13], К. Р. Тимергазиным [10], К. И. Ломоть [6], М. А. Гаррис [1], А. М. Дымкиным [2, 3] и их соавторами. Вполне понятно, что изучение последних только по керновому материалу не дает пока еще исчерпывающих данных для аргументированного решения широкого круга принципиальных вопросов, относящихся к проблеме магматизма в условиях востока Русской платформы, но тем не менее зафиксированные результаты уже сейчас позволяют составить некоторое приближенное представление по некоторым из них.

2. Изверженные породы в нижнем Прикамье и Среднем Поволжье сейчас установлены глубоким бурением в ряде пунктов, как то: по Татарии — у д. Мальбагуш, Казаклар, Сулеево, верховья р. Чемешан и т. д., по Удмуртии — у д. Варзи-Ятчи, Грахово, по Башкирии — у д. Калтасы — Орьеваш — Надеждино, Чекмагуш, Старо-Петрово, Серафимовка и в ряде других мест, по Куйбышевской области — у г. Сызрань, Зольный овраг, д. Печорская, Радаевка и т. д. и по Чувашии — у г. Мариинский Посад. Многие из них уже в литературе описаны, а некоторые лишь констатированы. Кроме того геофизиками, в частности А. Г. Салиховым [8], указывается присутствие магматических масс в целом ряде других мест, еще не вскрытых бурением. При этом по Татарии, применительно к приподнятому Татарскому «блоку», автором [7] недавно было отмечено облекающее расположение некоторых из вышеуказанных магматических очагов.

Среди выявленных изверженных пород здесь обособляются глубинные — интрузивные и излившиеся — эфузивные. Первые из них представлены габбро-диабазами, а эфузивные — габбро-диабазами, диабазами, миндалекаменными порфиритами, вулканогенными стеклами, ныне раскристаллизованными, и туфами.

Глубинные интрузивные породы гипабиссального происхождения прослеживаются лишь внутри кристаллического доверхнепротерозайского, точнее архейского фундамента у его поверхности. В этих условиях они установлены в Татарии — у д. Мальбагуш, Сулеево, в Чувашии — у д. Мариинский Посад, в Куйбышевской области — у г. Сызрань, д. Печорская, Зольный овраг и т. д. Габбро-диабазы

в пределах Бакалинского и Октябрьского районов, по данным М. А. Гаррис, „протягиваются вдоль юго-восточного склона Татарского свода” в виде „полосы повышенного залегания с абсолютными высотами 1600—1650 м” [1]. Для габбро-диабазов в фундаменте характерны следующие особенности: отсутствие „огнейсированности”, наличие механической деформированности, континентальной выветрелости у поверхности, близость абсолютных высот древней денудационной поверхности их с вмещающими гнейсами фундамента, элементы контактирующего воздействия на них. В совокупности эти черты указывают, с одной стороны, на обособленность интрузивных тел и более позднее появление их среди кристаллического фундамента и, с другой стороны, на сходные последующие условия их существования и изменения с вмещающими породами фундамента. В то же время зафиксированные у интрузивных пород минералогический состав, структурные особенности с некоторыми отклонениями и вариациями свидетельствуют о принципиальной близости извергавшихся основных магм и медленных условиях их остывания на относительно небольших глубинах.

Все же другие выявленные магматические образования, установленные под осадочным покровом, среди верхнепротерозойских, под нижнекембрийскими, девонскими и среди девонских отложений, автор склонен относить к субвулканогенным интрузиям и вулканогенным лавовым образованиям. Последние возникли среди осадочного покрова либо вблизи земной поверхности, либо непосредственно на ней в условиях суши или донной обстановки бывших здесь морских бассейнов.

Эффузивные магматические образования не идентичны. В одних случаях они по составу и в структурном отношении сходны между собой и с габбро-диабазами в кристаллическом фундаменте. В других же случаях они не подобны. Это относится в первую очередь к миндалекаменным порфиритам и явным вулканитам — стеклам, туфам. Одновременно с этим те и другие имеют совершенно отличные условия залегания. Это либо силлы, состоящие в ряде случаев из нескольких этажей (дд. Калтасы — Орьеваш — Надеждино), либо покровы или потоки (д. Казаклар, Варзи-Ятчи), либо, видимо, дайки. При этом покровы местами подвергались позднее явлениям поверхностного выветривания. Об этом свидетельствует в частности присутствие коры выветривания у их поверхности (д. Грахово).

3. Кристаллический фундамент, сформировавшийся за счет глубокого метаморфизма осадочных и, возможно, магматических образований, представлен на интересующей нас территории у поверхности в основном биотитовыми гнейсами и только местами амфиболитами, кварцитами и изредка сланцами, в частности слюдистыми. Позднее этот базис испытал существенные преобразования. В более раннюю стадию он, видимо, пережил широко территориально развитый, длительный во времени процесс метасоматической гранитизации, описываемый обычно под именем мигматизации с образованием так называемых мигматитовых гранито-гнейсов. Гранитизация здесь происходила за счет „выборочного вытапливания” наиболее подвижных веществ, видимо, из базальтовой оболочки и подачи снизу, возможно, выжимания несколько иных по составу каких-то растворов-флюидов, которые, проникая или внедряясь в виде „инъекций” или фронтально путем диффузии по ослабленным местам, сланцеватости, зазорам между минеральными индивидуумами в гнейсы, метасоматически селективно замещали их сиалическими гранитоподобными компонентами. Возможно, в ходе гранитизации, а скорее всего в более позднюю стадию, гнейсы и парагенетически связанные с ними другие метаморфические породы подвергались прямому воздействию

извергавшихся с глубины магматических масс основного ряда. О более поздней фазе их подачи свидетельствуют прослеженные более ранними исследователями факты изменения вмещающих гнейсов на контакте, пересечения их прожилками кварца, кальцита и т. п. Автор склонен эти интрузии габбро-диабазов, фиксируемые внутри фундамента, считать по возрасту моложе архея и древнее верхнего протерозоя и относить эти интрузии к первой — самой древней нижнепротерозойской фазе проявления магматизма в Камско-Волжском крае. Извержения указанных магматических масс протекали, вероятно, за счет выплавления из перidotитовой оболочки или расплавления базальной. Они были тесно взаимосвязаны с какими-то разрывными тектоническими движениями, породившими глубокие внутрикоровые разломы, по которым они происходили.

Кристаллический фундамент еще ранее, а затем позднее вместе с эродированными магматическими массивами подвергался в период континентального нижнепротерозойского существования, а местами и в более позднее время, воздействию атмосферных агентов, образовав у поверхности самую древнюю и в то же время сложную многостадийную кору выветривания. Причем рельеф его вследствие денудации и тектонических преобразований принял очень сложно моделированную поверхность.

4. Субвулканогенные и вулканогенные магматические образования стратиграфически установлены, во-первых, среди отложений верхнего протерозоя, во-вторых, между верхнепротерозойскими и нижнекембрийскими отложениями и, в-третьих, под девонскими осадками и внутри их. Среди первых они прослежены:

1) в отложениях инзерской свиты: габбро-диабазы и диабазы у дд. Старо-Петрово (нижний этаж) и Серафимовка в Западной Башкирии;

2) в отложениях миньярской свиты: габбро-диабазы или диабазы у дд. Чекмагуш (?), Старо-Петрово (средний этаж), Калтасы — Орьеваш — Надеждино в Западной Башкирии.

Между отложениями миньярской свиты и басинской толщей ашинской свиты диабазы прослежены у дд. Калтасы — Орьеваш (верхний этаж) и под басинской толщей — порфириты у д. Варзи-Ятчи в Удмуртии. Под девонскими отложениями и среди них близкие магматические образования обнаружены:

1) под нижнекембрийскими — диабазы у д. Грахово в Удмуртии и
2) в кровле пашинской свиты: вулканиты у д. Казаклар на северо-западе Татарии и д. Радаевка в Куйбышевской области.

Если исходить из приведенных данных и взаимосвязи проявлений магматизма и тектогенеза, то можно сугубо приближенно полагать, что на территории нижнего Прикамья и среднего Поволжья было среди осадочного покрова, сложенного отложениями верхнего протерозоя, нижнего кембра и девона, по крайней мере, не менее двух более поздних фаз вулканизма. Первая из них или вторая с учетом нижнепротерозойской фазы — нижнекембрийская — совпадала с границей верхнего протерозоя и нижнего кембра, где между миньярской свитой и басинской толщей ашинской свиты отмечается перерыв в осадконакоплении, связанный с поднятием местности. При этом допускаем, что к проявлению вулканизма этой нижнекембрийской фазы относятся излияния магм в инзерской и миньярской свитах и рассматриваем их, как остановившиеся при извержении на разных уровнях. Если же отвлечься от факта указанного перерыва в осадконакоплении, т. е. явно тектонического движения, пережитого местностью, и рассматривать зафиксированные проявления магматизма в инзерской и миньярской свитах обособленно, в качестве самостоятельных фаз, то к выше отмеченным двум фазам вулканизма

следует прибавить еще две другие более ранние — инзерскую и миньярскую. К этой же — второй фазе вулканизма автор относит и проявления магматизма, отмечающиеся под нижненеживетскими отложениями (д. Грахово).

Третья фаза вулканизма — *пашийская* на рассматриваемой территории совпадала с концом отложений пашийской свиты и представлена явными вулканитами. Она фиксируется у д. Казаклар в Татарии и д. Радаевка в Куйбышевской области. Проявление вулканизма в это время также было тесно связано с тектоническими движениями. При этом достоин внимания тот факт, что природа магм этой фазы вулканизма становится несколько иной с уклоном в сторону андезитового состава.

5. Придерживаясь ядерной теории развития земли и земной коры, автор склонен рассматривать все отмеченные выше фазы проявления магматизма как продукты выплавления глубинных подкоровых масс в результате продолжающейся глубинной дифференциации вещества литосфера и удаления их в более поверхностные части земли. Причем это протекало, как видно, неоднократно и ритмично. В целом же она приводила каждый раз к обогащению осадочного покрова новым, принципиально иным магматическим материалом. Позднее, в ходе геологического развития магматическая активность прекратилась. Учитывая же пространственную приуроченность фокусов магматической активности в ряде случаев к контурам облекаемых ими блоков кристаллического фундамента, следует полагать, что проявление магматизма происходило, видимо, по тектоническим разломам. Вполне возможно, что мозаичное проявление последних было обусловлено, наряду с другими причинами, в частности и извержениями магматических масс.

В аспекте же сопряженной и взаимно обусловленной магматической и тектонической мобильности кажется вполне правдоподобным объяснение и проявлений здесь пневмо-гидротермальных процессов, породивших рассеянную вкрапленность сульфидной минерализации, приуроченной в пределах Татарии к отложениям, расположенным над кристаллическим фундаментом и внутри его. При этом характерным является тот факт, что развитие рудных гидротермальных выделений здесь также начинает резко сокращаться примерно с отложений кыновской свиты и полностью прекращается в конце франского времени. Это связано с ослаблением общей активности земных недр. Таким образом, на рассматриваемой территории имеется налицо региональная связь между неоднократно проявляющейся тектонической мобильностью, магматической активностью и гидротермальным рассеянным рудопроявлением как во времени, так и в пространстве, тесно увязываемых с общим поступательным вещественным развитием земли и земной коры. В итоге же всего этого мы имеем на рассматриваемом участке востока Русской платформы примерно то же, что отмечается в других внутренних континентальных платформах, например, в верхнем палеозое Казахстана, мезозое Китая, а также в Якутии, Декане и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

- Гаррис М. А. О габбро-диабазах кристаллического фундамента в западной Башкирии. ДАН, 1955 г., т. 103, № 1, 133.
- Дымкин А. М., Солонцов Л. Ф. и Эллерн С. С. Некоторые новые данные о породах диабазовой формации на востоке Русской платформы. ДАН, 1956 г., т. 109, № 1, 173.
- Дымкин А. М. и Эллерн С. С. Диабазы из Граховского района Удмуртии. Учен. зап. Каз. гос. ун-та, 1956 г., т. 116, кн. 5, 206.
- Лапинская Т. А. Габбро-диабазы и диабазы восточной части Татарской АССР. ДАН, 1954 г., т. 99, № 2, 307.

- Лапинская Т. А. Новые данные о вулканизме в восточной части Татарской АССР. ДАН, 1955 г., т. 105, № 4, 494.
- Ломоть К. И. Новые данные о следах вулканической деятельности в палеозойских отложениях Второго Баку. ДАН, 1954 г., т. 94, № 4, 749.
- Миропольский Л. М. Некоторые данные об условиях осадконакопления и формирования месторождений нефти и газа в девоне юго-востока Татарии. Нефтегазоносность Урало-Волжской области. Тр. совещ. по проблеме нефтегазоносности Урало-Поволжья. Изд. АН СССР, 1956 г., 21.
- Салихов А. Г. Геологическая интерпретация гравитационно-магнитных аномалий в условиях Татарской платформы. Тр. совещ. по проблеме нефтегазоносности Урало-Поволжья. Изд. АН СССР, 1956 г., 99.
- Солонцов Л. Ф. Додевонские отложения Урало-Волжской области и смежных территорий. Нефтегазоносность Урало-Волжской области. Тр. совещ. по проблеме нефтегазоносности Урало-Поволжья. Изд. АН СССР, 1956 г., 103.
- Тимергазин К. Р. Эффузивная порода в осадочном покрове западной Башкирии. ДАН, 1954 г., № 6, 1157.
- Троепольский В. И. и Эллерн С. С. О возрасте девонской вулканической толщи в Приказанском районе. Учен. зап. Каз. гос. ун-та, 1956 г., т. 115, кн. 16, 25.
- Чибrikova E. V. Находки спор в бавлинской свите Башкирии. ДАН, 1954 г., т. 95, № 5, 1071.
- Успенский Б. А. О палеозойских вулканических явлениях в Приказанском районе. ДАН, 1952, т. 85, № 2, 413.
- Флоренский В. П. К вопросу о петрографических особенностях кристаллических пород основания Русской платформы по наблюдениям в западной части Башкирской АССР. ДАН, 1951 г., т. 79, № 6, 1017.
- Флоренский В. П. и Лапинская Т. А. Материалы по петрографии архейских пород центральной и восточной частей Русской платформы по результатам глубокого бурения. ДАН, 1952 г., т. 83, № 1, 141.
- Флоренский В. П. и Лапинская Т. А. Габбро-поритовая формация зоны Жигулевских дислокаций Среднего Поволжья. ДАН, 1952 г., т. 84, № 3, 579.
- Флоренский В. П. и Варенцов И. М. К вопросу о палеозойском вулканизме на востоке Русской платформы. ДАН, 1954 г., т. 95, № 5, 1085.
- Флоренский В. П., Лапинская Т. А. и Князев В. С. Габбро-диабазы, диабазы и близкие к ним породы восточной части Русской платформы. Труды Моск. нефт. ин-та, 1955 г., вып. 14.

Г. Л. Миропольская

О ПРЕРЫВИСТОСТИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ТЕРРИГЕННОЙ
ТОЛЩЕ ДЕВОНА НА ВОСТОКЕ ТАТАРИИ

В настоящей статье излагаются результаты литологических исследований, полученные автором в 1950—1956 гг. по востоку Татарии и прилегающим районам Башкирии, Удмуртии и Куйбышевской области. Проведенные исследования позволили выявить в терригенной толще девона ритмичность в осадконакоплении, наличие размывов, перерывов при формировании пород и ряд других фактов, затрагиваемых лишь попутно в настоящей работе. Указанные вопросы привлекали и ранее внимание многих исследователей [2, 4, 7, 9, 11—15, 21, 23, 25—30, 36].

К моменту вторжения вод девонского моря территория востока Татарии и прилегающих к ней районов Башкирии, Удмуртии, Куйбышевской области представляла собой сушу. Начавшаяся в эйфельское время трансгрессия морских вод, вдававшихся заливами в наиболее пониженные участки суши, захватила лишь незначительную часть юга Татарии и небольшие участки на севере ее (рис. 1). С этого момента было положено начало длительной прерывистой истории формирования девонских терригенных, местами нефтеносных отложений. Изученный терригенный комплекс осадков эйфельско-пашийского¹ времени указывает, что при накоплении их перерывы в осадконакоплении и размывы прослеживаются здесь неоднократно.

Появление их было вызвано, с одной стороны, неодинаковыми по амплитуде колебательными тектоническими движениями, которые периодически приводили к пульсационно повторяющемуся омелению и углублению бассейна, расширению трансгрессии моря, приводящей к переработке ранее отложенных осадков, интенсивному сносу обломочного материала с прилегающей эродированной сушей и, с другой стороны, местными гидродинамическими факторами, существовавшими в морском водоеме (волны, течения, приливы и т. п.). И те и другие способствовали сносу ранее накопленного материала, его транспортировке и переотложению на дне прибрежного мелкоморья. При преобладании роли тектонического фактора размывы, перерывы в накоплении осадков имели широкое площадное распространение, а гидродинамического — локальное, ограниченное развитие. Наиболее длительный перерыв в осадконакоплении и местами размыв (д. Исергапово) устанавливается на контакте бавлинской свиты и эйфельского яруса. Образования последнего трансгрессивно перекрывают на юге Татарии (д. Бавлы) и в прилегающих районах (дд. Туймазы, Боровка) разновозрастные осадки бавлинской свиты, а на остальной территории востока Татарии ложатся на разрушенные породы кристал-

¹ Расчленение девонских отложений производится по схеме, принятой на совещании по унификации стратиграфических схем Урала в 1956 г. (г. Свердловск).

лического фундамента. В основании их изредка констатируются обломки и гальки гранито-гнейсов, кварцитов и других пород (д. Тукмак).

До настоящего времени большинство исследователей [1, 2, 3, 4, 11, 12, 22, 27, 28, 35, 36] рассматривают эйфельские отложения как результат единого ритма осадконакопления, а горизонт Ду — как базальный песчаниковый пласт. Однако имеются данные [7, 14, 15], которые противоречат сложившимся представлениям. Это в первую очередь неоднородный характер осадков, слагающих эйфельские образования [14]. В разрезе их выделяются две литологические пачки: нижняя гравийно-(аргиллито)-песчаниковая (горизонт Ду) и верхняя — карбонатно-(алевролито)-аргиллитовая. При этом в нижней пачке устанавливается своеобразный комплекс пород, который не наблюдается в перекрывающих образованиях девона. Наоборот, литологический состав пород в верхней пачке имеет сходство, как увидим далее, с перекрывающими отложениями живетского яруса.

Нижняя пачка слагается преимущественно грубозернистыми породами — разнозернистыми пористыми песчаниками. В основании пачки они нередко чередуются с гравийными песчаниками и гравелитами, а в верхней части разреза иногда сменяются мелкозернистыми песчаниками и близкими к ним по составу песчаными алевролитами. Все эти породы характеризуются неравномернообломочной структурой и слоистой текстурой. Роль грубопесчано-гравийного материала, как и величина зерен в целом сокращается в них с северо-запада на юг и юго-восток, а также вверх по разрезу. Одновременно улучшается отсортированность и окатанность зерен обломочного материала. По составу песчаники (гравелиты, песчаные алевролиты) — кварцевые. Незначительную примесь в них составляют обломки кварцита (чаще на северо-западе в основании пачки), неопределенные разрушенные зерна и еще реже тяжелые минералы: ильменит-лейкоксен, магнетит, циркон, анатаз, турмалин и другие, более редкие. В cementации зерен принимает участие глинистый чешуйчатый материал, редко, участками, сидерит и пирит (тип соприкосновения, участками — пор). У д. Шугурово, Узбяк наблюдается плотная упаковка зерен с регенерационным кварцевым цементом. Местами в порах констатируются выделения тонкозернистого кварца, пирита, крупнозернистого сидерита, какого-то органического вещества, гидроокислов железа, а в подошве пачки — халькопирита, сфалерита, галенита. Наибольшая роль этих пород (90%) совпадает с прибрежной узкой полосой, окаймляющей с юга и востока кристаллический фундамент.

К югу в разрезе пачки этот генетически близкий ряд пород разобщается плотными глинистыми разностями песчаников, связанных взаимопереходами с глинисто-песчаными алевролитами и песчано-алевритовыми аргиллитами обломочной структуры (от 0,2 до 2 м, реже больше). Этим родственным породам свойственны: зеленовато-серая окраска, плотное сложение, отсутствие слоистой текстуры и наличие неотсортированных зерен обломочного материала от пелитовых частиц (0,007—0,01 мм) до гравия (2—4 мм). Отличие глинистых песчаников, а также алевролитов от ранее рассмотренных заключается: а) в сокращении количества зерен обломочного материала в составе породы (65—85% в песчаниках, 55—80% в алевролитах, 35—60% в аргиллитах), б) в уменьшении размеров преобладающих зерен, в) в большей роли глинистого материала, выполняющего обычно нацело поровые пространства в песчаниках и алевролитах (10—30%) и составляющего основную массу в аргиллитах (30—60%). Глинистый материал в них представлен в основном каолинитом. Впервые он был выявлен термографическими данными

Ю. В. Сементовского, а затем химико-минералогическими исследованиями Н. В. Кирсанова [5, 7, 8] и электронно-спектральными данными Ю. И. Созина. Небольшое значение среди глинистых минералов принадлежит чешуйкам гидрослюд, типа гидромусковита (10—15%), гидробиотита (3—5%). Среди ранних минеральных образований в глинистых разностях пород большое распространение получает пирит, а из более поздних — гидроокислы железа. Последние прослеживаются как в кровле (д. Тумутук, Мал. Бурнашево, Туктар), так и в нижней части пачки в виде пятен, разводов вокруг трещинок и пор (д. Исергапово, Октябрь-Буляк, Бирючевка, Тукмак) или выделений, охватывающих толщу пород мощностью до нескольких метров (д. Боровка). Изредка в нижней части пачки встречаются неясные сферолиты и зональные ромбоэдры сидерита, наряду с деформированными оолитами шамозита (д. Октябрь-Буляк, Мал. Бурнашево, Бирючевка, Узбяк, Колотовка).

Среди однообразной толщи песчаников, то плотных, глинистых, то, чаще, пористых, разнозернистых, прослеживаются иногда (д. Туктар, Васильевка, Ниж. Чершилы, Тукмак, Боровка) прослои (менее 1 м) буроокрашенных аргиллитов. Окраска у них обвязана, повидимому, обугленным и углефицированным остаткам растений и сильно измененному углистому дегриту. Отличает эти аргиллиты от обломочной разности их большая окатанность зерен, скопляющихся в тонкие прослойки и линзочки.

На крайнем юго-востоке Татарии оолитовые, шамозитовые руды образуют среди описанных разностей выдержаные в пространстве прослои (от 0,5 до нескольких метров) в нижней части пачки и в кровле [14—18]. Так, прослои из нижней части разреза пачки (д. Мал. Бурнашево, Бирючевка, Исергапово, Туймазы) характеризуются зеленовато-темно-серой окраской, плотным сложением, неясной слоистостью и неоднородным соотношением оолитов шамозита (10—40%), цементирующей массы (20—60%) и зерен обломочного материала (20—35%). Черные оолиты шамозита обычно эллипсоидальные, сплющенные, реже овальные. Часть их нередко деформирована, разорвана, а большинство почти нацело замещено кальцитом, пиритом. Цементом в рудах служит крупнозернистый кальцит, участками каолинит, с примесью шамозита, а нередко и пирита. Рассеянные неотсортированные зерна обломочного материала неравномерно размещаются в цементе и оолитах шамозита. Отмечаются в рудах изредка неясные перекристаллизованные (крустифицированные) остатки фауны, стяжения пирита, выделения гидроокислов железа, халькопирита и сфалерита (д. Бирючевка).

Оолитовые шамозитовые руды из кровли нижней пачки (д. Октябрь-Буляк, Тимяшево, Шугурово, Бавлы, Исергапово, Туймазы) пятнисто окрашены в буровато-зеленый цвет благодаря неравномерному распределению бурых оолитов шамозита (30—70%) во вмещающей глинистой или глинисто-сидеритовой массе породы. Отличаются эти руды от ранее описанных, во-первых, значительным обогащением гидроокислами железа, особенно оолитов, во-вторых, преимущественно каолинитовым, шамозит-каолинитовым или сидеритовым составом цемента, в-третьих, меньшим распространением менее крупных (от 0,009 до 0,8 мм) зерен обломочного материала и, в-четвертых, иными вторичными процессами, преобразующими в незначительной степени оолиты. Это — выделения по концентрам и по трещинкам в оолитах пирита, изредка тонкозернистого кварца и сидерита.

Этот тип руд слагает почти нацело разрез пачки на Аргуновской площади (д. Октябрь-Буляк).

Наконец, несколько отличен разрез пачки у д. Исергапово в районе.

д. Бавлы, где в основании её устанавливается своеобразная толща переслаивающихся между собой оолитовых шамозитовых руд, известняков и аргиллито-песчаниковых пород. По мнению Г. П. Батановой, эту толщу следует рассматривать как нижнедевонскую, хотя литологический облик аргиллито-песчаниковых пород и оолитовых руд (нижний горизонт) типичен для нижней пачки.

Доломитизированные известняки, прослеженные в этой толще, характеризуются органогенно-обломочной, участками мелкозернистой структурами. Многочисленные неясные остатки фауны обычно перекристаллизованы и иногда импрегнированы пиритом. Мелкозернистая вмещающая их часть породы значительно обильна гелевидным материалом, импрегнирована пиритом, реже ромбоэдрами доломита или участками перекристаллизована.

Как исключение, в основании нижней пачки у д. Алтунино термографическими исследованиями Ю. В. Сементовского установлен прослой (0,1 м) сероокрашенного анкерита. Для него свойственна крупнозернистая структура в центральной части прослой и строение „конус-в-конус“ в подошве и кровле. Изредка в них наблюдаются реликты тонко- и мелкозернистого строения. По-видимому, при перекристаллизации последних глинистый материал, подчеркивающий строение, был оттеснен в края каждого зерна и не всегда правильных усеченных конусов, входящих друг в друга.

Мощность нижней пачки изменяется от 0 до 34 м. Колебания мощности нижней пачки объясняются тремя причинами: во-первых, налеганием осадков на неровную размытую поверхность подстилающих образований, во-вторых, неодинаковой по силе амплитудой погружения дна бассейна во время осадконакопления, более интенсивного на юге, и, в-третьих, размывом на грани с образованиями верхней пачки.

Осадки верхней пачки имеют более широкое территориальное распространение, чем образования горизонта D_V (рис. 1). Они перекрывают в западных и северных районах распространения разрушенные породы кристаллического фундамента. Незначительное расширение региона распространения морских вод, трансгрессировавших с юга и юго-востока на несколько выровненный рельеф дна бассейна и прилегающей суши, способствовало частичной переработке, размыву ранее отложенных в основном терригенных осадков горизонта D_V . Следы деятельности морских вод выражаются в неровном контакте терригенных образований и оолитовых руд нижней пачки с вышележащими обычно карбонатными породами (дд. Дербедень, Исергапово, Шугурово, Боровка). Местами же море, омелевая, отступало, способствуя образованию в породах из кровли нижней пачки признаков размыва, перемывания и выделений гидроокислов железа (дд. Туктар, Тумутук, Мал. Бурнашево).

Размыв в наиболее северных и западных районах распространения эйфельских образований сопровождался перерывом в осадконакоплении. Об этом можно судить по выпадению здесь из разреза пачки карбонатных пород и их аналогов, а в зоне, расчленяющей северный и южный куполы Татарского свода — всей верхней пачки пород (рис. 1). Для района Тепловки Б. Я. Полонская [23] указывает на присутствие „известняковой глинистой брекции“ в подошве верхней пачки как доказательство перерыва в осадконакоплении на грани нижней и верхней пачек, а К. И. Ломоть [11] — наличие местами „конгломератовидных известняков“. Однако она не делает соответствующих выводов, рассматривая их как критерий „мелководности“.

Иной облик пород, слагающих верхнюю пачку, также подтверждает отмеченный выше перерыв в осадконакоплении. В наиболее углубленной части шельфа нижнюю часть разреза верхней карбо-

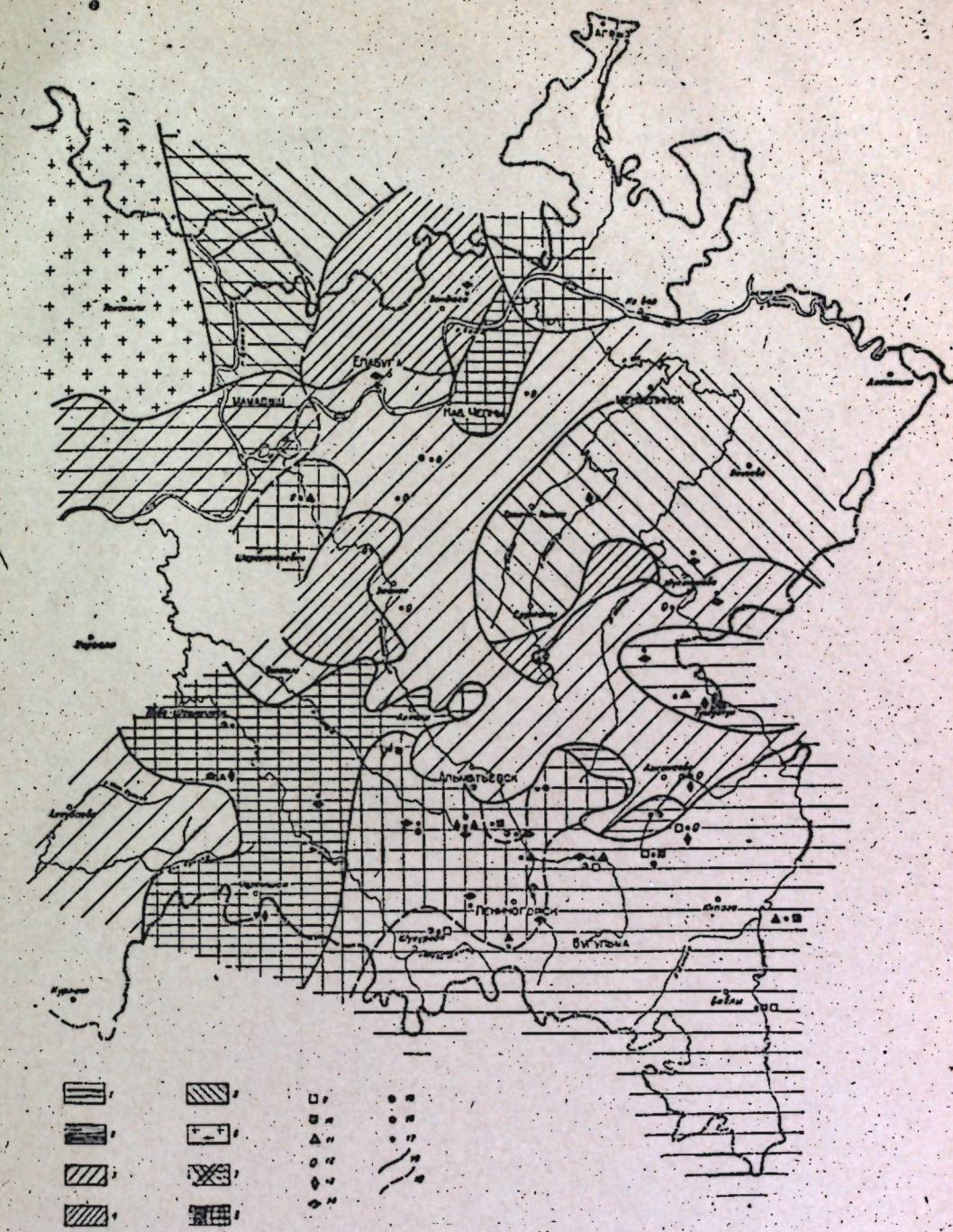


Рис. 1. Схематическая карта распространения эйфельско-живетских отложений и размывов, отмечаемых в них.
 1 — нижняя гравийно-(алевролито)-песчаниковая пачка (горизонт D_V) эйфельского яруса; 2 — верхняя карбонатно-(алевролито)-аргиллитовая пачка эйфельского яруса; 3 — алевролито-(гравийно-)песчаниковая пачка (горизонт D_{IV}) нижнезиветского подъяруса; 5 — подъярус; 4 — алевролито-аргиллитовая пачка нижнезиветского подъяруса; 6 — кристаллический фундамент в верхнезиветское и условно пашинское время; 7 — зона размыва верхней алевролито-(песчанико-)аргиллитовой пачки верхнезиветского подъяруса в нижнекыновское время; 8 — зона отсутствия нижней части разреза верхней пачки эйфельского яруса; 9 — брекции в основании эйфельского яруса (горизонта D_V); 10 — признаки размыва на контакте нижней и верхней пачек эйфельского яруса; 11 — брекции в основании нижне-живетского подъяруса (горизонта D_{IV}); 12 — грубозернистые пески и крупнообломочный материал в основании верхне-живетского подъяруса (горизонта D_{III}); 13 — брекции в основании горизонта D_{III} ; 14 — размывы внутри горизонта D_{III} ; 15 — брекции и крупнозернистый кварц в основании среднего и верхнего песчаниковых прослоев в горизонте D_{II} ; 16 — размывы в глинистых разделах горизонта D_I ; 17 — скважины, в которых установлены признаки размыва; 18 — границы распространения отложений; 19 — граница зон размыва и перерыва в отложениях осадков.

натно-(алевролито-)аргиллитовой пачки слагают карбонатные породы (дд. Шугурово, Бавлы, Туймазы, Боровка).

Известняки электрорепера „нижний известняк“, залегая с размывом на образованиях нижней пачки, достигают мощности 4–9 м у дд. Туймазы, Бавлы. К северу и западу они расклиниваются на ряд маломощных прослоев и замещаются отчасти или полностью мергелями, аргиллитами, песчаниками и оолитовыми шамозитовыми рудами, соответственно изменению режима мелководного морского бассейна. Известняки обычно органогенные (криноидные), реже органогенно-обломочные, участками мелкозернистые, серые, слоистые.

Среди последующих преобразований отмечается в известняках перекристаллизация пелитоморфного и зернистого кальцита в крупнозернистый с появлением крустификаций вокруг остатков фауны. В трещинах и порах прослеживаются выделения кальцита, иногда с пиритом и органическим веществом бурого цвета. К пропитанным последним участкам приурочены обычно позднее образованные ромбоэдры доломита.

Доломитизация в органогенных известняках иногда приводит к возникновению доломита с реликтово-органогенной структурой и участками разнозернистой. Многочисленные членики криноидей приобретают в них форму неясного ромбоэдра, в результате перекристаллизации захватившего и вмещающую их массу породы.

Выше карбонатных пород или при выпадении их из разреза верхнюю пачку слагают, в основном, три разности аргиллитов, каждая из которых приурочена к определенным районам. Так, карбонатные породы на крайнем юго-востоке Татарии и Башкирии (дд. Чалпы, Мал. Бурнашево, Крым-Сарай, Бавлы, Исергапово, Туймазы) перекрывают аргиллиты доманикового типа, отлавлившиеся в условиях западин с нарушенным газовым режимом. Аргиллиты гелевидные, темносерые с заметным содержанием остаточного органического вещества бурого цвета (битум А отсутствует). Основная глинистая масса в них, по определениям Ю. В. Сементовского и Н. В. Кирсанова [7, 8], иная, чем в нижней пачке. Она представлена в основном гидрослюдами типа гидромусковита, с примесью каолинита (7–15%), галлуазита (1,3%). Обычными в этой разности являются обломки и остатки мелкой фауны брахиопод и зерна обломочного материала (15–30%). Размер последних изменяется в более узких пределах (от 0,008 до 0,08 мм, редко до 1 мм), чем в нижней пачке. В составе обломочного материала наблюдается большая примесь, чем в породах из нижней пачки, полевых шпатов, турмалина, граната, титанита, корунда и других более редких минералов. Кроме того, в аргиллитах рассеяны характерные для отложений верхней пачки изометрические зерна сидерита (< 0,03 мм), кристаллы, стяжения пирита, обрывки обугленных растений и споры.

Другая разность аргиллитов — чешуйчатого строения — приурочена в основном к юго-западным районам исследования (дд. Ромашкино, Шугурово, Алтунино, Боровка и др.). Им свойственна зеленовато-серая окраска, листовая слоистость. Отличие их от первой разности заключается в раскристаллизации глинистого материала почти полностью в чешуйчатый, часто параллельно-чешуйчатый, агрегат минералов из группы гидрослюд. Иногда чешуйки образуют пизолиты (д. Боровка) вокруг зерен обломочного материала. Последние менее распространены, чем в первой разности аргиллитов, имеют меньший размер (0,008–0,06 мм), лучше отсортированы и нередко скапливаются в макро- и микропрослойки, участки. Характерно для рассматриваемых аргиллитов неоднородное распространение изометрических зерен сидерита (< 0,02 мм) с частой концентрацией их в участки и линзы.

Наконец, последняя разность аргиллитов — сильно алевритовых, господствует в равнинной части шельфа в обстановке заливов лиманов, лагун на северо-западе и западе (дд. Смычка — Чупаево — Ромашкино). Они непосредственно перекрывают образования нижней пачки и чередуются здесь с глинистыми алевролитами и песчаниками. Маломощные прослойки их прослеживаются и в других районах Татарии и прилегающих областей. Им свойственна неравномернообломочная структура, желтовато-бурая пятнистая окраска и неяснослоистая текстура. Обязана она прихотливому чередованию темных глинистых и светлоокрашенных алевритовых линз, участков, прослоек. Контакт их обычно неровный (гигероглифы, конуса вмывания и т. п.). Глинистый материал (минералы из группы гидрослюд) в этих разностях по преимуществу лишь цементирует зерна обломочного материала. Кроме того он обычно пропитан органическим веществом бурого цвета, импрегнирован изометрическими зернами сидерита ($<0,05$ мм) и кристаллами, стяжениями пирита. Среди вторичных выделений распространены метаморфозы пирита по остаткам растений, а в порах и трещинах — тонкозернистый кварц, крупнозернистый сидерит, изредка халькопирит.

Песчано-глинистые алевролиты и мелкозернистые песчаники связаны взаимопереходами между собой и вышеописанной разностью алевролитов. Неравномернообломочная структура песчаников и алевролитов обусловлена неотсортированностью зерен обломочного материала (от 0,005 до 1,2 мм). Однако размер их меньший, чем в нижней пачке. Цементирует зерна глинистый чешуйчатый агрегат минералов из группы гидрослюд, пропитанный органическим веществом бурого цвета. Чаще, чем в нижней пачке, цементом является тонко- или крупнозернистый сидерит. В порах наблюдаются зональные ромбоэдры, сферолиты сидерита, стяжения пирита, халькопирита, у д. Бавлы — ромбоэдры доломита.

Иной тип строения разреза верхней пачки устанавливается на Аргуновской площади. Среди оолитовых шамозитовых руд, слагающих пачку, аргиллиты и другие породы играют здесь подчиненное значение. Оолитовые руды у д. Мал. Буриашево являются фациальным аналогом разных по составу пород — известняков, аргиллитов, алевролитов, песчаников. В зеленовато-серых оолитовых рудах из основания пачки у д. Мал. Буриашево господствует мелкозернистый кальцит (40—70%). В нем наблюдаются: многочисленные остатки члеников крионидей, обломки створок раковинок и другой неясной фауны (10—20%), почти не просвечивающие красноокрашенные оолиты и их обломки (10%), рассеянные крупнопесчаные (более 0,4 мм) зерна кварца (5%) и глинистый гелевидный материал.

Выше по разрезу основная масса руд представлена глинистым чешуйчатым материалом из группы гидрослюд, шамозита. Соотношение же между остатками фауны (10—15%) и песчаными зернами кварца (5—10%) лишь незначительно меняется.

Наконец, еще выше по разрезу оолиты шамозита составляют уже 25—40% породы. В них четко выражено радиально-лучистое и концентрическое строение. Размеры у оолитов большие (до 1 мм), а форма шарообразная, округлая. В центре оолитов наблюдаются зерна кварца, стяжения пирита, обломки оолитов, а по концентрам — иногда гидроокислы железа. Цементируются оолиты мелкозернистым сидеритом ($<0,04$ мм), который нередко и замещает их с поверхности.

В кровле разреза среди глинистых (разнозернистых) песчаников, уже описанных выше, устанавливаются лишь единичные деформированные оолиты шамозита, иногда нацело замещенные пиритом, а по трещинкам — тонкозернистым кварцем.

К востоку от д. Мал. Буриашево прослеживаются оолитовые руды, типичные для средней и верхней частей разреза (д. Октябрь-Буляк), к югу — нижние и средние прослои их (дд. Бирючевка, Ключевка, Ивановка), а к северо-западу — лишь самый верх (д. Кудашево).

Оолитовые руды из верхней пачки значительно отличаются от руд, развитых в нижней: во-первых, составом цемента, обычно мономинеральным (кальцитовым, сидеритовым, шамозито-глинистым), во-вторых, подчиненным значением оолитов шамозита в составе породы (от 5 до 40%); в-третьих, меньшим распространением зерен обломочного материала и, в-четвертых, развитием обогащения гидроокислами железа в нижних прослоях и замещением сидеритом, пиритом — в верхних.

Все вышеотмеченное, включая и литологическую неоднородность пачек, указывает на отсутствие единого ритма в осадконакоплении эйфельского яруса. Так, первый период существования морского бассейна, трансгрессивавшего в пределы востока Татарии и прилегающих областей, характеризовался слабо кислой средой и накоплением осадков более мелководного типа. В течение второго периода осаждались разнородные образования несколько более глубоководной части шельфа, уже в условиях восстановительной среды. Приведенный фактический материал свидетельствует о размыве осадков нижней пачки и перерыве в осадконакоплении, предшествующем отложению пород верхней пачки. Они накладывали отпечаток на изменение мощности нижней и соответственно верхней пачек на коротких расстояниях.

Определяющим же моментом в изменении мощности верхней пачки (от 0 до 15,2 м) является неодинаковая амплитуда погружения дна бассейна, более значительная на юге.

В заключение можно сделать предположение, что отложения нижней пачки (горизонта Д₁) возможно являются даже более древними, чем эйфельские. Литологическая неоднородность пачек, как результат неодинаковых условий при формировании их, и размыв между ними подтверждают правильность подобного высказывания. Однако отсутствие фаунистических данных из терригенных образований нижней пачки пока затрудняет окончательное решение этого вопроса. Впрочем, по данным Е. Ф. Чирсково-Залесской [33], в песчаниках нижней пачки встречены формы псилофитовой флоры, которые ею трактуются как возможно нижнедевонские.

Контакт эйфельских образований с перекрывающими отложениями животского яруса также неровный.

На неустойчивость режима мелководного бассейна, его омеление в конце эйфельского времени указывает наличие в породах знаков ряби, трещинок усыхания и связанных с ними гигероглифов. О размыве и перерыве между ними ярко свидетельствует наложение животских грубозернистых пород горизонта Д₁ (гравелитов, песчаников) на разные горизонты эйфельского яруса. В основании базальных песчаников иногда наблюдаются брекчии (дд. Байгулово, Муслюмово, Бирючевка, Васильевка, Туймазы), образование которых обязано перемыву нижележащих пород (рис. 1).

Появление размыва вызвано было новым пульсационно проявляющимся наступлением морских вод, распространявшихся на значительно большую территорию, чем в эйфельское время, и переработавших ранее накопленные осадки. Воды животского моря захватили с течением времени почти весь восток Татарии и прилегающие районы. При этом неодинаковый уровень кристаллического фундамента и разная мобильность его во время формирования осадков животского яруса обусловили разновременное перекрытие рассматриваемой территории морскими водами. Изолированные участки суши, наблюдавшиеся среди

водного пространства на севере востока Татарии, постепенно сокращались в объеме. Часть их была позднее поглощена наступавшими водами, так что к концу живетского времени суша осталась лишь на северо-западе в пределах северного купола "Татарского свода". Этим обусловлено трансгрессивное перекрытие образований эйфельского яруса, а на севере—разрушенных пород кристаллического фундамента все более молодыми накоплениями живетского яруса.

Контакт живетского яруса и пашайской свиты также неровный со следами прерывистости в осадконакоплении и размыва, о чем будет сказано ниже.

В разрезе живетского яруса на территории Татарии выделяются шесть литологических пачек: нижняя — алевролито-(гравийно-)песчаниковая (горизонт D_{IV}), алевролито-аргиллитовая, песчанико-алевролитовая (горизонт D_{III}), карбонатно-аргиллитовая, алевролито-(аргиллито-)песчаниковая (горизонт D_{II}) и верхняя — алевролито-(песчанико-)аргиллитовая. Чередование указанных песчаниковых и аргиллитовых пачек, их троекратная повторяемость свидетельствуют о ритмичности в осадконакоплении. Она была прослежена сначала в Башкирии [12, 22, 26, 27, 34], а затем в Татарии [1, 28, 36]. Однако, до настоящего времени указаний на перерыв в осадконакоплении и размыв между двумя нижними ритмами, то есть в основании горизонта D_{III} , не было, и, наоборот, ошибочно указывался размыв между двумя верхними ритмами, в подошве горизонта D_{II} [9, 30, 35, 36]. Автором же установлено, что отложения песчанико-алевролитовой пачки (горизонта D_{III}), начинающие второй ритм, налегают с размывом на подстилающие образования алевролито-аргиллитовой пачки. Местами на севере (дд. Рус. Шубер, Альметьево, Карапай-Саклово, Варьяш-Баш и др.) они перекрывают разрушенные породы кристаллического фундамента (рис. 1). Наиболее четко размыв констатируется по наличию брекчий в основании пачки (дд. Салейкино, Васильевка, Тумутук, Уразаево, Октябрь-Буляк и др.). Состав обломков в них свидетельствует о перемыше нижележащих пород. Интенсивное поступление обломочного материала обусловило обособление в подошве разнозернистых песчаников (дд. Байгулово, Голюшурма, Нов. Мусабаево, Калмаш, Смычка, Токмак, г. Заинск, дд. Красный Яр, Анкиреево, Салейкино, Дюсумово, Уразаево, Сергеевка и др.) и других пород с крупнопесчано-гравийными зернами кварца (дд. Сетяково, Бехтерево, г. Елабуга, дд. Карапай-Саклово, Варьяш-Баш, Тумутук, Мальбагуш, г. Альметьевск, дд. Абдрахманово, Васильевка, Октябрь-Буляк, Куакбаш, Валеев Хутор, Александровская, Сергеевка, Икбиек и др.). Размыв нижележащей пачки и перерыв в осадконакоплении на грани обеих пачек подтверждают и такие факты, как колебания мощности горизонта D_{II} и нижележащей пачки за счет выпадения одной из сопредельных частей разреза обеих пачек; наличие признаков неустойчивого режима мелководного бассейна в породах алевролито-аргиллитовой пачки, выделения гидроокислов железа в породах последней; обогащение пород в подошве горизонта D_{III} зернами кварцита, полевых шпатов и других минералов, не характерных для подстилающей пачки. При этом следует подчеркнуть, что признаки размыва и перерыва в осадконакоплении более четко проявляются на севере и северо-востоке Татарии. К югу они постепенно затухают и слабо улавливаются. Однако размыв все же является, по-видимому, региональным.

Все приведенные данные позволяют расчленить живетский ярус на две неравные части, а границу между нижне- и верхнеживетскими подъярусами, которая сейчас условно проводится по подошве D_{II} , проводить по подошве горизонта D_{III} , хотя фаунистических и флористических данных для такого разграничения пока не имеется.

Контакт двух верхних ритмов, наоборот, спокойный. Он лишен перерыва и размыва, хотя В. И. Троепольский, С. С. Эллерн [30, 35, 36], А. И. Кринари [9] и ряд других исследователей, анализируя изменение мощности указанных пачек, пришли к выводу о наличии размыва между ними. Однако, как показало изучение отложений обоих ритмов (верхнеживетского и пашайского по схеме 1951 г.), аргиллиты из верхней части карбонатно-аргиллитовой пачки имеют изменчивую мощность не за счет размыва, а в результате фациального замещения их алевролитами и песчаниками верхнего ритма (горизонта D_{II}). Мощность последних также варьирует, но имеет противоположное значение. Поэтому, основываясь на произведенных литологических исследованиях, автор еще в 1951 г. пришел к выводу, что граница между живетскими и франскими образованиями проходит в средней части пашайской свиты. Позднее фито- и палеонтологические исследования Л. С. Тузовой [31], Г. П. Батановой [2—4] и других исследователей [24] подтвердили высказанное автором заключение. В настоящее время нет никаких литологических данных для установления границы между нижне- и верхнеживетскими отложениями по подошве горизонта D_{II} .

Несмотря на литологическую близость пород верхнего ритма к нижележащим отложениям живетского яруса, образования каждого ритма и каждой пачки имеют свои отличительные особенности. Так, нижняя алевролито-(гравийно-)песчаниковая пачка (горизонт D_{IV}) относительно выдержана в пространстве. Она слагается преимущественно песчаниками все более крупнозернистыми и гравийными на севере вокруг островов кристаллического фундамента, особенно в основании пачки, и алевритовыми на юге, чаще в кровле ее. По внешнему облику они напоминают пористые разнозернистые песчаники из нижней пачки эйфельского яруса. Они также всегда содержат рассеянный или сконцентрированный в прослои крупнопесчаный и гравийный материал. Однако, несмотря на ритмичное обогащение указанных пород крупнопесчаными и гравийными зернами, устанавливается снизу вверх по разрезу и с севера на юг общее сокращение размеров зерен обломочного материала, улучшение окатанности и отсортированности их. По составу песчаники (алевролиты, гравелиты) в основном кварцевые. Незначительную примесь в них составляют обломки кварцита, зерна полевых шпатов и тяжелых минералов (анатаза, турмалина, граната и др.), чаще отмечаемых в основании пачки, особенно на севере. Цементируются зерна обломочного материала чешуйчатым агрегатом глинистых минералов, или, чаще в кровле пачки, тонкозернистым сидеритом (тий соприкосновения). Относительно равномерная пористость песчаников местами нарушается выделениями крупнозернистого сидерита, тонкозернистого кварца, пирита, а в подошве пачки на северо-западе Татарии (у дд. Соболеково, Морд. Акташ, Васильевка и др.) — сульфидами цинка, меди, свинца, мышьяка.

Местами, обычно в депрессиях мелководного щельфа, где отмечаются замедленные течения, песчаники чередуются с глинистыми алевролитами и аргиллитами желтовато-буроокрашенными. Подобное строение горизонта D_{IV} наблюдается в виде линз, полос, рассекающих собственно песчаники с северо-запада на юго-восток соответственно направлению течений вокруг островов. Иногда алевролиты и аргиллиты замещают отчасти верхнюю часть разреза нижней пачки и крайне редко обособляются в нижней половине ее (д. Тукмак). Характеристика этих разностей пород будет дана ниже при описании других литологических пачек, в которых им принадлежит господствующее значение.

Мощность нижней пачки изменяется от 0 до 36 м, в зависимости

от рельефа подстилающих образований (на юге — эйфельских, а на севере — пород кристаллического фундамента) и соответственно погружению дна бассейна, более интенсивному на юге. Песчаниковые накопления горизонта D_{IV} выровняли на значительном пространстве рельеф морского дна. Поэтому отложения вышележащей алевролито-аргиллитовой пачки представлены однородным комплексом осадков мелководного равнинного берега в основном сильно алевритовыми и сидерито-алевритовыми аргиллитами. Первые из них иногда чередуются с глинистыми алевролитами, а среди последних устанавливаются еще и маломощные прослои оолитовых сидерито-шамозитовых руд. Лишь по периферии Ромашкинского месторождения и за его пределами среди указанного комплекса осадков прослеживаются изредка тонкие прослойки аргиллитов чешуйчатой структуры зеленовато-сероокрашенных, а также известковистых темносерых разностей их. К последним приурочены изредка карбонатные породы.

Наиболее распространены в алевролито-аргиллитовой пачке сильно алевритовые аргиллиты. Чередуясь с сильно глинистыми алевролитами, чаще на севере, они прослеживаются также в нижней пачке и в вышележащем разрезе яруса. По облику и составу обе разности пород близки к аргиллитам и алевролитам того же строения из верхней пачки эйфельского яруса. Они также характеризуются желтовато-буровой пятнистой окраской, неравномерно-обломочной структурой и неяснослоистой текстурой. Последняя обязана приходившему чередованию существенно глинистых и алевритовых участков, прослоек, линз с разной крупностью зерен (от 0,006 до 1,6 мм), что свидетельствует о неустойчивом режиме мелководного бассейна. Общее возрастание размеров зерен, составляющих 70—80% пород, прослеживается к северо-западу и отчасти к востоку. Однако размер зерен в них все же несколько меньший, чем в тех же разностях из нижней пачки (горизонта D_{IV}), но зерна хуже отсортированы. Чешуйки глинистых минералов из группы гидрослюд [5, 7, 8] выполняют в рассматриваемых разностях лишь функцию цемента (тип пор или соприкосновения). Глинистый материал в них всегда пропитан органическим веществом, импрегнирован пиритом, изометрическими зернами сидерита, особенно многочисленными в рассматриваемой пачке, и содержит обрывки растений, кутикулы, спор, изредка раковинки *Lingula* sp.

Сидерито-алевритовые аргиллиты и сидерито-глинистые алевролиты свойственны только отложениям нижнеживетского подъяруса. Отличает их от предыдущих разностей зеленовато-бурая пятнистая окраска, а у аргиллитов — чешуйчатая структура. Особенностью их строения является сложное переплетение трех составляющих компонентов: чешуек глинистых минералов (группа гидрослюд, шамозита), зерен обломочного материала (0,009—1,8 мм) и сидерита, с преобладанием в разных участках породы одного из них. При концентрации сидерита в линзы, участки, в них наблюдаются оолиты шамозита, а в трещинах и порах — более частые, чем в первых разностях — выделения сфалерита, галенита, халькопирита, пирита и меньшие — сидерита, кварца.

Основную массу в зеленовато-бурых оолитовых рудах (0,05—0,2 м), иных по составу, чем в эйфельском ярусе, составляет тонко- и мелко-зернистый сидерит. В нем рассеяны, реже сгруппированы зерна обломочного материала (0,007—1,9 мм), чешуйки глинистых минералов и единичные, округлые, голубоватые оолиты шамозита. В глинистых промазках на контакте с сидеритом наблюдается скопление черных, нередко деформированных чечевицеобразных оолитов.

Мощность рассматриваемой пачки обычно ограничивается пределами 4—11 м. На северо-западе отложения ее иногда отсутствуют.

Частичное сокращение мощности пачки объясняется либо налеганием (на севере) на эловий кристаллический фундамент, либо размывом верхней части ее.

Отложения песчанико-алевролитовой пачки (горизонта D_{III}), как указывалось, залегают с размывом на подстилающих образованиях алевролито-аргиллитовой пачки. Для этой пачки свойственна невыдержанность литологического строения. Так, у д. Туймазы и Бавлы она слагается в основном песчано-глинистыми и глинистыми алевролитами, в кровле иногда с прослоем мелкозернистых песчаников или песчаных алевролитов (до 2 м). Последние в восточной половине Ромашкинского месторождения не устанавливаются, уступая место глинистым разностям.

В западной части Ромашкинского месторождения в разрезе пачки прослеживаются три прослоя песчано-глинистых, реже песчаных алевролитов или песчаников, залегающих чаще в основании. Их разобщают аргиллиты сильно алевритовые. Среди последних отмечаются прослои оолитовых шамозитовых руд, брекчий и карбонатных пород. Местами некоторые песчано-алевролитовые прослои замещаются в разной степени глинистыми алевролитами и аргиллитами, что приводит к их расклиниванию или замещению. В то же время наблюдается объединение двух верхних или чаще двух нижних прослоев в единое целое в результате замещения аргиллитов песчаниками или иногда размывом их.

В северных и юго-западных районах три алевролито-песчаниковые прослои не всегда прослеживаются, так как нижний прослой и вышележащая глинистая перемычка часто отсутствуют. Поэтому в горизонте D_{III} остается средний песчаниковый прослой и верхняя аргилито-алевролитовая толща, в которой не всегда улавливается верхний алевролитовый прослой.

Таким образом, в песчанико-алевролитовой пачке (горизонте D_{III}) устанавливается в основном трехкратная ритмичная смена песчанико-алевролитовых пород алевролито-аргиллитовыми. При этом на контакте их наблюдаются локальные размывы. В результате эта последовательность иногда нарушается или в связи с неодинаковой интенсивностью мелких колебательных пульсационных движений на коротких расстояниях или вследствие неоднородного гидродинамического режима мелководного бассейна (течения) в разных участках морского дна. Это приводит местами к перемыву нижележащих пород, о чем свидетельствуют брекчи с обломками из местных пород (д. Варьяш-Баш, Карамышево и др.), обогащение песчанико-алевролитовых пород более крупнообломочным материалом, иногда сокращение мощности их и признаки неустойчивого режима мелководного бассейна в породах, разделяющих песчаниковые прослои (рис. 1).

В составе пачки (горизонта D_{III}) принимают участие главным образом алевролиты в разной степени песчаные и глинистые. Среди них обособляются три разности. Одна из них — глинистая и чаще песчано-глинистая — наиболее распространена в горизонте D_{III}, особенно на юге. Отмечается она и в нижележащих пачках. Желтовато-серая пятнистая окраска песчано-глинистых алевролитов обязана концентрации глинистого материала в виде промазок, линз, конусов вмывания по трещинкам высыхания, гиероглифам, свидетельствующим о неустойчивости режима мелководного бассейна. Неравномерно-обломочная структура рассматриваемых алевролитов обусловлена локализацией зерен разного размера (от 0,02 до 1,9 мм) в микропрослои, линзочки с нечеткими контурами. При этом в подошве пачки алевролиты нередко обогащаются крупнопесчаными зернами кварца. Однако размер зерен в них все же меньший, чем в нижележащих пачках, а общее сокращение происходит к югу и вверх по

разрезу. Распределение глинистого и сидеритового цемента в глинисто-песчаных алевролитах неоднородное. Преобладает обычно один из них, чаще глинистый. Этим объясняется неодинаковая пористость и крепость их. Импрегнации сидерита и пирита нередко снижают пористость.

Песчаные алевролиты и песчаники замещают глинистые алевролиты на севере и в основании пачки. Они характеризуются, в отличие от тех же разностей из горизонта D_{IV}, неяснослоистой текстурой, сокращением преобладающих размеров зерен, прослойками хуже отсортированных, повышенением роли глинистого цемента, выделениями сидерита, реже пирита и соответственно ухудшением пористости.

Наконец, сильно глинистые алевролиты близки по структурно-текстурным признакам к аргиллитам обломочной структуры из нижележащей пачки. Обе эти разности слагают глинистые перемычки между песчанико-алевритовыми прослойками, а при замещении некоторых из них — и часть прослоев. Для них характерно обогащение крупнопесчаными зернами кварца в подошве горизонта D_{III}, повышенная глинистость, по сравнению с теми же разностями из нижележащих пачек, и, наоборот, сокращение участия сидерита в их составе. Еще большее распространение получают здесь остатки обугленных растений, кутикулы, спор.

Своеобразие оолитовых сидерито-шамозитовых руд, прослеживающихся в глинистых разделах, заключается: в превалирующей роли зерен обломочного материала над сидеритом, в оoidном или мелкозернистом (0,04—0,07 мм) строении сидерита, часто в полном преобразовании, замещении оолитов тонкозернистым кварцем, крупнозернистым сидеритом, изредка пиритом и большем их распространении совместно с сульфидами (сфалеритом, халькопиритом, галенитом).

Мощность горизонта D_{III} возрастает в целом с севера на юг от 0—10 м до 27 м. Резкие сокращения ее (д. Ивановка и др.) объясняются размывом нижней части пачки, а частично размывами внутри ее.

Карбонатно-аргиллитовая пачка слагается в основании карбонатными породами — мергелями, известняками, доломитами (электрорепер — „средний известняк“). Выше залегают аргиллиты, обычно темноокрашенные доманикового типа, параллельно-чешуйчатой структуры, а затем зеленоокрашенные спутанно-чешуйчатого строения. Среди первых наблюдаются маломощные прослойки мергелей, известняков. К последним же приурочивается сидерит, анкерит, оолитовые шамозитовые руды, а ближе к кровле — сильно глинистые алевролиты и аргиллиты обломочной структуры, уже описанные выше.

Среди аргиллитов, слагающих в основном карбонатно-аргиллитовую пачку, преобладают разности зеленовато-сероокрашенные, реже красновато-коричневые (дд. Воздвиженка, Степной Зай, Боровка). Слагают их спутанно-чешуйчатый агрегат глинистых минералов, по данным Н. В. Кирсанова [5, 7, 8] из группы гидрослюд, типа гидромусковита с примесью каолинита (7—15%) и галлуазита (1,3%). В неоднородной глинистой массе обычно рассеяны зерна обломочного материала (0,006—0,07 мм). В кровле пачки они иногда концентрируются в линзочки и прослойки, как и сидерит. По трещинкам в последнем отмечаются разнообразные выделения (сидерита, кварца, халькопирита, реже сфалерита) и местами локализация стяжений фосфорита. Подобные аргиллиты наблюдаются в верхней пачке эйфельского яруса, и, как отмечалось, в алевролито-аргиллитовой пачке, а также в глинистых разделах горизонта D_{III}.

Реже встречаются аргиллиты доманикового типа — темноокрашенные, почти черные, с присущей им хрупкостью и раковистым

изломом, прослеживающиеся почти исключительно в рассматриваемой пачке. Они контактируют обычно непосредственно с карбонатными породами. Глинистый параллельно-чешуйчатого строения материал (группа гидрослюд) пропитан в них органическим веществом бурого цвета, содержит пелитоморфный кальцит, обломки, остатки фауны, чаще по слоистости, и рассеянные мелкие (0,008—0,04 мм) зерна обломочного материала.

Переходную группу пород от аргиллитов последнего типа к известнякам составляют мергели. Маломощные прослойки их наблюдаются как среди первых, так и последних. Поэтому одна разность мергелей характеризуется повышенным содержанием органического вещества, большей глинистостью, тонкой слоистостью, гелевидной или чешуйчатой структурой, а другая — значительной известковистостью, зеленовато-серым цветом и тонкозернистой структурой. Иногда при перекристаллизации у мергелей возникает структура „конус-в-конус“ (д. Галкино).

Известняки наиболее распространены на юге и севере востока Татарии, в основном за пределами Ромашкинского месторождения. Известняки обычно шламмово-органогенные, участками мелкозернистые, сероокрашенные, пористые. Перекристаллизация в известняках наблюдается обычно вокруг остатков фауны (крионидей, брахиопод и др.), иногда захватывает и мелкозернистую вмещающую часть породы. Реже отмечаются реликты пелитоморфного и тонкозернистого кальцита.

Известняки на востоке Ромашкинского месторождения обычно доломитизированные, в верхней части переходят в доломиты мелкозернистые. На юго-западе последние преобладают, а к северу сменяются крупнозернистыми разностями. Бурая окраска доломитов обязана значительной пропитке органическим веществом. На контакте неправильных зерен доломита (0,06—0,8 мм) прослеживаются каемки по скоплению гелевидного глинистого материала, органического бурого вещества, реже пирита. Среди вторичных процессов, кроме перекристаллизации, особенно значительной в неясных остатках фауны, распространены в порах и трещинах выделения доломита, органического вещества, пирита, изредка тонкозернистого кварца и, как исключение, кристаллов халькопирита в каверне у д. Сергеевка.

Доломиты иногда, при высоком содержании FeO, переходят в анкерит. Прослои и линзы последнего прослежены термографическими исследованиями Ю. В. Сементовского на большом регионе среди зеленовато-серых аргиллитов (дд. Лекарево, Полянка, Анкиреево, Бирючевка). По внешнему виду серый и буроокрашенный анкерит тонкозернистого строения в одних случаях неотличим от доломита, а в других — от сидерита, соответственно изменению в его составе содержания MgCO₃ и FeCO₃.

В верхней части рассматриваемой пачки большим распространением пользуется сидерит. Он здесь входит не только в состав пород, но образует стяжения, линзы, прослои тонкозернистого строения среди зеленовато-серых чешуйчатых аргиллитов. По многочисленным контракционным трещинкам в стяжениях, линзах сидерита отмечаются часто выделения кристаллического сидерита, тонкозернистого кварца, халькопирита, реже сфалерита и, как отмечалось, стяжения — „гравий“ фосфорита и оолиты шамозита.

Фосфорит в виде „гравелита“ приурочен обычно к линзам сидерита. Прослежен он, как и в эйфельском ярусе, в зеленовато-серых чешуйчатых аргиллитах, обычно над „средним известняком“ (дд. Соболеково, Бехтерево, Покровское, Анкиреево, Салейкино, Дербедень, Курай-Елга, Чупаево, Васильевка, Тайсуган, Биш-Мунча, Ерыкли, Боровка). Одновременно с серым и черным „гравием“ — стяжениями

фосфорита, реже сидерита встречаются полуокатанные остатки раковинок, ребристые обломки какой-то фауны, члеников крионидей. Сложены последние также фосфоритом, отчасти кальцитом, пиритом, сидеритом, тонкозернистым кварцем.

Оолитовые шамозитовые руды в рассматриваемой пачке имеют иную природу, чем в нижележащем разрезе яруса. Зерна обломочного материала и сидерит, являющиеся основными компонентами в нижележащих рудах, утрачивают здесь свое значение и уступают место глинистому материалу (чешуйчатый агрегат из группы гидрослюд). Оолиты в нем образуют еще меньшие, чем в нижних пачках, скопления (до 1 см).

Мощность карбонатно-аргиллитовой пачки возрастает в целом с севера на юг от 0–8,4 до 16,6 м. Колебания ее на коротких расстояниях объясняются, как указывалось, фациальным замещением аргиллитов из рассматриваемой пачки вышележащими алевролито-песчаниковыми образованиями горизонта Д_{II}.

Обычно имеющийся керновый материал показывает постепенный переход аргиллитов из карбонатно-аргиллитовой пачки в алевритовые аргиллиты и глинистые алевролиты Д_{II} путем постепенного обогащения их зернами обломочного материала. В других случаях, когда в основании горизонта Д_{II} залегают алевролито-песчаниковые породы, граница между ними устанавливается более четко. Мелкозернистые, часто алевритовые песчаники и песчаные алевролиты образуют один, два, реже три прослоя, отделенные друг от друга небольшими по мощности (от 0,5 до 2 м, реже 4–6 м) глинистыми перемычками. В последних концентрируются глинистые алевролиты и алевритовые аргиллиты желтовато-бурых окрасок, а также чешуйчатые зеленоватоокрашенные аргиллиты того же типа, что и в нижележащих пачках. Среди последних Г. П. Батановой установлена фауна гониатитов верхнеживетского возраста. На юго-западе в чешуйчатых аргиллитах наблюдаются прослои доломита и мергеля (дд. Танаевка, Анкиреево, Ивановка, Боровка).

Иногда в подошве верхнего алевролито-песчаникового прослоя (д. Ново-Троицкое, г. Альметьевск, дд. Уразаево, Балтачево, Чупаево, Васильевка, Абдрахманово, Биш-Мунча), реже среднего (дд. Балтачево, Мал. Буриашево, Бирючевка) или в глинистом разделе между ними (д. Нов. Мусабаево), отмечаются обломки и гравий подстилающих аргиллитов, реже зерна крупнопесчаного кварца (см. рис. 1). Однако характерно, что при развитии всех трех прослоев, когда нижний не замещен глинистыми образованиями, в основании горизонта Д_{II} следов размыва не наблюдается. Они не прослеживаются даже тогда, когда песчаники и песчаные алевролиты на востоке Ромашкинского месторождения образуют монолитный пласт мощностью до 15–25 м. В этом случае песчаники замещают большую часть аргиллитов из подстилающих образований. Прослеживаются подобные песчаниковые образования в виде линз, протягивающихся с северо-востока на юго-запад. На западе месторождения и в других районах востока Татарии подобные монолитные песчаниковые образования отмечаются редко небольшими изолированными участками.

Отличает песчаники и песчаные алевролиты от тех же разностей в нижележащих пачках (горизонте Д_{VI} и Д_{III}) свойственная им равномернообломочная структура, изредка слоистая текстура и более равномерная пористость. Все зерна, в отличие от обломков из нижних пачек, заметно окатаны, особенно на юге и в кровле пачки, и имеют меньший размер (в песчаниках от 0,12 до 0,23 мм, в алевролитах — от 0,08 до 0,15 мм). Значительно меньше в них роль цемента, выполненного обычно частично поровые пространства (сидерит, глинистый чешуйчатый агрегат, редко кальцит). Распространены в порах

выделения нефти, реже сидерита, пирита, тонкозернистого кварца, чаще отмечаемые в кровле пачки.

Песчаники в горизонте Д_{II} часто замещаются, как указывалось, глинисто-песчаными и глинистыми алевролитами желтовато-бурых окрасок. Они аналогичны разностям из горизонта Д_{III}, как и породы, отмечаемые в глинистых разделах между ними. При таком строении разреза горизонта Д_{II} мощность его сокращается до 2–10 м ввиду замещения нижней части разреза пачки аргиллитами из подстилающих образований.

В сложении верхней алевролито-(песчанико-)аргиллитовой пачки, как правило, обособляются две части: нижняя преимущественно аргиллитовая и верхняя в основном алевролитовая. Первую из них слагают чаще всего тонкослоистые, зеленовато-сероокрашенные аргиллиты чешуйчатой структуры, близкие по структурно-текстурным особенностям и составу к чешуйчатым аргиллитам из карбонатно-аргиллитовой пачки и горизонта Д_{II}. Среди них наблюдаются мало мощные прослои глинистых и углистых алевролитов, сидерита. По стенкам трещинок и пор в стяжениях — линзах сидерита устанавливаются выделения пирита, сидерита, а в полостях их, чаще, чем в нижележащих пачках живетского яруса, — тонкозернистого кварца, часто в сопровождении халькопирита, сфалерита, редко галенита. К линзам сидерита приурочены также единичные оолиты шамозита, иногда прослойки их (дд. Сетяково, Токмак, Биклянь, Урсала, Ниж. Мектама, Биш-Мунча, Туктар, Чупаево, Зай-Каратай, Стар. Суркино, Галкино, Туймазы и др.), аналогичные рудам из нижележащих пачек, и скопления стяжений — „гравия“ фосфорита (дд. Анкиреево, Полянка, Ильтень Бута, Нов. Елань, Морд. Акташ, Кульшарипово, Якши-Коран, Тархановка, Чалпы, Муслюмово, Курай-Елга, Балтачево, Миннибаево, Чупаево, Васильевка, Юлдашево, Узбяк, Зай-Каратай, Абдрахманово, Юлдуз, Бол. Федоровка, Верхн. Мектама, Сергеевка, Александровка, Степной Зай, Ромашкино, Крым-Сарай, Ерыкли, Боровка), как и в карбонатно-аргиллитовой пачке, обычно рассеянного в самих аргиллитах. Изредка наблюдается непосредственный контакт и переход типичных для живетского яруса зеленовато-бурых оолитовых руд с двумя типами оолитов шамозита (черных чечевицеобразных и голубых округлых) в красноокрашенные оолитовые руды (д. Анкиреево) уральского типа.

Мощность глинистой части разреза верхней пачки составляет 4–8 м, сокращаясь в западном и северо-западном направлении.

Верхняя алевролитовая часть разреза верхней пачки имеет неоднородное литологическое строение. Представлена она переслаивающимися между собой алевритовыми аргиллитами неравномерно-обломочной структуры и глинистыми разностями алевролитов желтовато-бурых окрасок, сходными с разностями из горизонта Д_{II} (второй тип разреза) и нижележащих пачек. Признаки неустойчивого режима мелководного бассейна (следы перемывания, трещинки высыхания, знаки ряби, течений, гиероглифы, розовая окрашенность пород) в них яснее выражены. Более многочисленны также обрывки и остатки обугленных, реже углефицированных растений, кутикулы, спор, вторичные выделения сидерита, пирита, кварца, сфалерита, халькопирита, галенита, в нередких стяжениях, линзах сидерита. В последних в верхней части пачки иногда устанавливаются единичные оолиты шамозита, а в кровле — рассеянные стяжения — „гравий“ фосфорита (дд. Кухтино, Кутема, Морд. Акташ, г. Альметьевск, дд. Сарайлы, Курай-Елга, Миннибаево, Чупаево, Нариман, Ив. Баллы, Кульшарипово, Тайсуган, Ромашкино, Ивановка, Бавлы).

Оолитовые руды из верхней пачки (дд. Урсала, Биш Мунча, Нижн. Мектама, Чупаево, Туктар, Ст. Суркино, Зай-Каратай, Крым-

Сарай и др.) являются маркирующим горизонтом этой части разреза и отличаются от всех других разностей оолитовых руд, наблюдаемых в терригенной толще девона. Они окрашены в желтовато-бурый, пятнами светло-голубой цвет. Слагаются они в основном зернистым сидеритом, в котором рассеяны зерна обломочного материала (0,008—0,03 мм), чешуйки глинистых минералов из группы гидрослюд и голубоватые оолиты шамозита, обычно выщелоченные. Некоторые оолиты отчасти или нацело замещены крупнозернистым сидеритом, тонкозернистым кварцем, редко пиритом или же сидеритом. Новообразования их и халькопирита отмечаются также по трещинкам. Изредка в рудах устанавливаются обрывки растений, обломки раковинок и стяжения фосфорита.

На большей части территории востока Татарии, особенно на западе Ромашкинского месторождения, наблюдается замещение верхней алевролитовой части пачки нацело или отчасти мелкозернистыми песчаниками, реже песчаными алевролитами. Изредка они без четкого контакта переходят в вышележащие алевролито-песчаниковые образования пашийской свиты. Поэтому для практических целей песчаники из верхней пачки животского яруса включены в состав горизонта D_1 как нижний прослой „Д“. Отличие их от тех же разностей, описанных в нижних пачках, заключается лишь в частых выделениях крупнозернистого сидерита, тонкозернистого кварца, а часто в наличии обрывков растений и глинистых бурых промазок.

У д. Алтунино, Шугурово, Боровка алевролитовая верхняя часть разреза средней пачки не констатируется, по-видимому, вследствие размыва (рис. 2).

На юге Татарии (д. Бавлы — Ново-Ибрайкино) и в прилегающих районах (д. Кухтино, Голюшурма, Туймазы, Боровка) между литологически неоднородными частями разреза средней пачки прослеживаются прослои карбонатных пород: известняков, доломитов, мергелей. В районе д. Туймазы — Бавлы они содержат фауну животского возраста и являются выдержаным маркирующим горизонтом — „черный известняк“ [22, 24, 27]. В расположенных севернее районах прослои карбонатных пород этого стратиграфического горизонта обычно отсутствуют. В то же время здесь прослои карбонатных пород прослеживаются на разных уровнях, как в нижней части разреза пачки (д. Байгулово, Анкиреево, Танаевка и др.), так и в верхней (д. Покровское, Миннибаево, Юлдашево, Павловка, Дурасово и др.). Однако они не имеют специфических для „черного известняка“ черт.

Мелко-, реже среднезернистые известняки последнего обладают темносерой, почти черной окраской в результате повышенной глинистости и отчасти значительной пропитки органическим веществом бурого цвета. Перекристаллизация в них наблюдается в основной массе породы, остатках фауны и вокруг глинистых промазок, иногда с образованием лучистых агрегатов кальцита. К порам и трещинкам нередко приурочены выделения кальцита или органического вещества, с рассеянными внутри его мелкими ($<0,05$ мм) ромбоэдрами доломита.

Благодаря концентрации глинистых промазок, иногда сгущающихся, наблюдается изредка переход известняков в мергели или переслаивание с маломощными прослойками их. В последних гелевидный глинистый материал неравномерно раскристаллизован, пронизан тонкозернистым кальцитом и пропитан органическим веществом.

Доломитизация известняков приводит иногда к переходу их в доломит темносерой окраски, реликтово-органогенной или участками мелкозернистой структуры. Перекристаллизация и выделения органического вещества в доломитах распространены.

Мощность верхней пачки изменяется от 0—8 м до 18—22,5 м у д. Бавлы. Изменения мощности ее на коротких расстояниях объясняются размывом и перерывом в осадконакоплении на грани с вышележащими образованиями пашийской свиты.

Отложения пашийской свиты (горизонта D_1 по схеме 1951 г.) начинают новый этап — ритм в осадконакоплении девона. Они налагаются с размывом на подстилающие образования животского яруса в связи с обновлением и усилением трансгрессии морских вод в пределы востока Татарии и прилегающих районов. Интенсивное вторжение вод вызвало размыв ранее отложенных осадков, что подтверждают прослои брекчий в основании пашийской свиты (дд. Лебедевка, Акташ, Сулеево, Туктар, Зай-Каратай, Сергеевка, Крым-Сарай, Галкино и др.). Состав обломков в них свидетельствует о перемыше нижележащих пород. Местами на севере востока Татарии в подошве свиты залегают базальные песчаники с крупнообломочным кварцем до гравия включительно (дд. Лебедевка, Подмонастырка, Нов. Мусабаево, Полянка, Альметьевск, Акташ, Ново-Никольское, Уразаево, Улаклы-Чишма, Чупаево, Туктар, Абдрахманово). При этом перерыв в осадконакоплении, по-видимому, проявлялся неодновременно. В одних местах он наступал раньше, еще во время формирования образований верхней пачки животского яруса (рис. 2). Поэтому и не прослеживается верхняя алевролитовая часть разреза ее (дд. Алтунино, Шугурово, Боровка). В других местах перерыв наступил, наоборот, позднее, охватывая начало пашийского времени (рис. 2). Это привело к выпадению из разреза свиты в приподнятых участках девонских структур (дд. Бавлы, Крым-Сарай) нижних ее горизонтов с сохранением их в пониженных участках. О резком обмелении мелководного бассейна конца животского времени и периодическом выводе осадков на поверхность свидетельствуют следующие признаки неустойчивого режима в породах из кровли животского яруса: наличие следов перемывания, и, как следствие последнего, — концентрация в тяжелых фракциях из них ильменита-магнетита ($>70\%$). Одновременно здесь же в породах отмечаются трещинки высыхания, гиероглифы типа заполнения трещин, перимятость, розовая окрасность пород (дд. Сулеево, Зереклы-Елга, Степной Зай) и ряд других признаков. Наконец, в пользу смены условий осадконакопления говорит и иной литологический облик пород пашийской свиты, чем в нижележащем разрезе девона.

Для пашийской свиты (горизонта D_1) характерно сложное и неоднородное литологическое строение, как и в горизонте D_{II} . Оно изменяется на коротких расстояниях и во времени [15]. Это объясняется тем, что в составе свиты обособляются обычно четыре монолитных песчаниковых прослоя („А“, „Б“, „В“, „Г“)¹. Они отделены друг от друга литологически отличными алевролито-аргиллитовыми образованиями, в пространстве относительно более выдержаными, чем песчаниковые прослои. В глинистых разделах иногда прослеживаются маломощные прослои карбонатных пород, оолитовых шамозитовых руд, брекчий и сидерита.

Подобное идеальное строение разреза свиты обычно нарушается вследствие фациального замещения, проявляющегося в разной степени. Замещение на более ранней стадии приводит лишь к расклиниванию, дроблению одного (нескольких) монолитного песчаникового прослоя на два, реже три или четыре пропластка, а в дальнейшем — к выклиниванию некоторых из них или всех при замещении всего

¹ В выявлении особенностей литологического строения горизонта D_1 большое участие принимали Е. Т. Герасимова, Н. С. Ерофеев, отчасти В. Н. Логинова, М. В. Мальцев, А. С. Ильясов и другие сотрудники ГИКФАН СССР.

разреза прослоя (двух или трех) алеврито-глинистыми накоплениями. Территориально максимальное дробление, охватывая почти все прослои, прослеживается на юго-западе (Ромашкинская площадь) востока Татарии и отчасти в пониженных участках девонских структур. При этом наиболее интенсивное замещение в трех нижних прослоях ("В", "Г", "Д") проявляется на юго-востоке Татарии (Азнакаевская, Аргуновская и другие площахи), а в двух верхних — на юго-западе ее (Миннибаевская, Ромашкинская площахи).

Наряду с дроблением прослоев, местами происходит объединение некоторых из них в единую песчаниковую толщу более 10—20 метров мощности. Слияние их возникает обычно вследствие опять-таки замещения, но теперь глинистых образований, отделяющих те или иные песчаниковые прослои, песчаниками или песчаными алевролитами. Объединение прослоев изредка обязано локальным размывам глинистых разделов.

Соответственно расслоению прослоев изменяется состав пород, слагающих их, и мощность коллекторов. Собственно песчаники и максимальные мощности их обычно господствуют в местах монолитного строения прослоев, иногда несколько смещенных друг по отношению к другу в вышележащих прослоях. К периферии от этих участков песчаники при расклинивании на два пропластка обычно сменяются алевритовыми разностями их или песчаными алевролитами. Соответственно сокращается и мощность. Лишь при более дробном расчленении и выклинивании одного из пропластков состав коллектиора ухудшается, сменяясь соответственно песчано-глинистыми и в разной степени глинистыми алевролитами. При этом следует отметить, что песчаные алевролиты и песчаники в каждом из прослоев, кроме прослоя "Г", в котором они обычно имеютплощадное распространение, образуют линзообразные залежи (полосы). Оси линз, полос в каждом из прослоев простираются с северо-запада на юго-восток, а во времени смещаются друг по отношению к другу. Подобная пестрота литологического строения каждого из прослоев, а следовательно, и свиты в целом обусловлена неодинаковой гидродинамической обстановкой в условиях мелкого моря. Так, течения накладывали свой отпечаток на направленность песчаниковых линз параллельно береговой линии выступов кристаллического фундамента, на их чередуемость с полосами развития глинистых пород. Неодинаковые скорости течений благоприятствовали накоплению местами мощных песчаниковых толщ или, наоборот, глинистых разностей пород и т. д.

Однако, несмотря на пестроту литологического строения пашийской свиты в разрезе ее четко устанавливается четыре ритма в осадкообразовании по обособлению в основании каждого ритма алевролито-песчаниковых прослоев, сменяющихся вверх по разрезу тонкозернистыми и глинистыми осадками. Возникновение ритмов обязано, как и в горизонте Дш, пульсационным колебательным движениям восходящего характера, прослеживающимся на фоне общего опускания дна моря на территории Татарии и прилегающих областей. По силе ритмически повторявшиеся движения были мелкомасштабными, по сравнению с движениями, установленными на контакте животикового яруса и пашийской свиты. Территориально они охватывали ту или иную часть востока Татарии и проявлялись неодновременно. При этом каждый новый ритм иногда местами знаменуется локальным размывом. Констатируется размыв иногда по наличию брекчий в основании песчаниковых прослоев или скоплению крупнопесчаного кварца (рис. 2). Мощность прослоек брекчий определяется несколькими сантиметрами и лишь иногда достигает 20—30 см. Состав обломков в брекчиях неоднороден. Их слагают породы, развитые

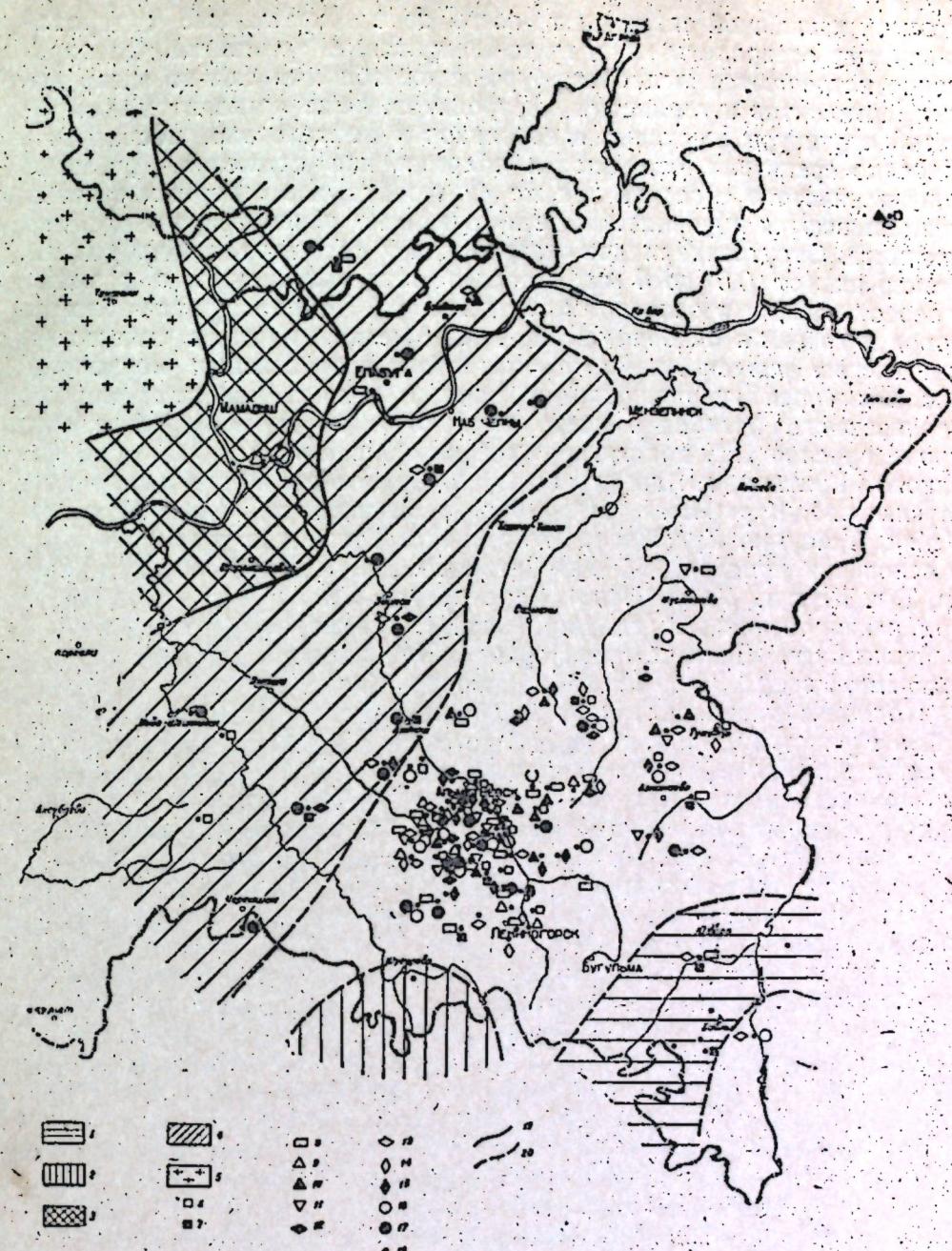


Рис. 2. Карта распространения отложений пашийской свиты и размывов, отмечаемых в ней.

- 1 — зона отсутствия нижней части разреза пашийской свиты;
- 2 — зона размыва верхней части разреза верхней алевролито-(песчано-)аргиллитовой пачки верхне-живетского подъяруса;
- 3 — предполагаемая зона полного размыва пашийских отложений и области развития верхнезиветских отложений;
- 4 — зона частичного размыва верхней части пашийской свиты;
- 5 — породы кристаллического фундамента;
- 6 — признаки размыва, омеления, перемывания в кровле верхнезиветского подъяруса;
- 7 — брекчии, реже крупнопесчаный кварц в основании пашийской свиты;
- 8 — признаки размыва внутри алевролито-песчаникового прослоя "Г";
- 9 — признаки размыва между прослоями "Г" и "В";
- 10 — брекчии и крупнопесчаный кварц в подошве песчаникового прослоя "В";
- 11 — признаки размыва между прослоями "В" и "Б";
- 12 — брекчии и крупнопесчаный кварц в подошве песчаникового прослоя "Б";
- 13 — признаки размыва внутри прослоя "Б";
- 14 — признаки размыва между прослоями "Б" и "А";
- 15 — брекчии и крупнопесчаный кварц в подошве "А";
- 16 — признаки размыва и омеления в кровле пашийской свиты;
- 17 — брекчии в основании кыновских отложений;
- 18 — скважины, в которых установлены признаки размыва;
- 19 — границы пород кристаллического фундамента и отложений пашийской свиты;
- 20 — границы зон размыва.

в самой пашской свите: чаще всего зеленоокрашенные сидерито-глинистые алевролиты и сидерито-алевритовые аргиллиты. Одновременно встречаются желтовато-буро-серые обломки сильно алевритовых аргиллитов и глинистых алевролитов, реже аргиллитов, чешуйчатой структуры, песчаных алевролитов и нефтеносных песчаников. Нередко среди них отмечаются обломки или стяжения — „гравий“ тонкозернистого сидерита или же фосфорита, а в северных районах примешиваются крупнопесчаные и гравийные зерна кварца, изредка кварцита. Отсутствие следов окатанности у обломков, неоднородный размер их (от 0,5 до 5 мм) и состав свидетельствуют о размыве и переотложении в основном местных пород. Цементируются обломки пород и гравий в основном тонко-, реже мелкозернистым сидеритом, с примесью чешуек глинистого материала и рассеянных мелкоалевритовых зерен кварца, роль которых в разных участках породы неоднозначна. Наиболее часто брекции и крупнопесчаный кварц, кроме прослоя „Г“, констатируются в подошве прослоя „В“ (дд. Сетяково, Кухтино, г. Альметьевск, дд. Дюсумово, Ново-Никольское, Муслюмово, Курай-Елга, Миннибаево, Васильевка, Ниж. Мактама, Узбяк, Тайсуган, Кудашево, Биш-Мунча, Гульбахча и др.), нередко в основании прослоя „Б“ (дд. Сетяково, Ново-Мусабаево, Тархановка, Тат. Шуган, Миннибаево, Кирлей, Ив. Баллы, Валеев Хутор, и др.), реже прослоя „А“ (дд. Дербедень, г. Альметьевск, дд. Бигашево, Зереклы-Елга, Балтачево, Нариман, Миннибаево, Чупаево, Ниж. Мактама, Узбяк, Кзыл-Чишма, Кудашево, Куакбаш).

Подобная же концентрация крупнопесчаного кварца, реже брекций и глинистых обломков наблюдается в основании каждого пропластка при более дробном строении прослоев „Г“ (д. Варьиш-Баш, г. Альметьевск, дд. Мальбагуш, Уразаево, Бирючевка, Миннибаево, Туктар, Гульбахча, Кама-Исмагилово, Сергеевка, Лениногорск, Куакбаш) или „Б“ (дд. Кухтино, Красный Яр, Дюсумово, Сулеево, Тархановка, Ново-Никольское, Курай-Елга, Зереклы-Елга, Октябрь-Буляк, Кульшарипово, Чупаево, Туктар, Ниж. Мактама, Узбяк, Абрахманово и др.).

Встречаются брекции кроме того в глинистых перемычках, разделяющих как алевролито-песчаниковые прослои, так иногда и пропластки в них. Например, они устанавливаются между прослоями „Г“ и „В“ (дд. Миннибаево, Ив. Баллы, Танаевка), наиболее часто между прослоями „В“ и „Б“ (дд. Варьиш-Баш, Курай-Елга, Балтачево, Улаклы-Чишма, Кульшарипово, Чупаево, Кирлей, Туктар, Верх. Мактама, Александровка, Зай-Каратай и др.), реже „Б“ и „А“ (дд. Дербедень, Мальбагуш, Ст. Михайловка, Тумутук, Миннибаево, Туктар, Ив. Баллы, Сулеево, Ниж. Мактама, Дурасово). Скопление крупнообломочного материала в основном на северо-западе изученной территории в основании песчаниковых прослоев свидетельствует о ритмически повторяющемся интенсивном сносе обломочного материала, а, следовательно, о смене ранее существовавшего режима, и, возможно, размыве. Признаки же омеления бассейна в породах из глинистых разделов (трещинки усыхания, знаки ряби, гиероглифы, розовая окрашенность пород и др.) возможно обязаны неоднократному кратковременному выводу их на дневную поверхность во время накопления осадков свиты. Кроме того местами отмечается выпадение из разреза той или иной части песчаниковых прослоев. Наиболее отчетливо подобное явление (размыв) наблюдается в прослое „В“. В его составе в одних случаях отсутствует нижний пропласток, в других — верхний.

Максимальное значение в сложении пашской свиты имеют песчаники и сходные с ними алевролиты. Среди них выделяются две разности. Наиболее развиты песчаники и песчаные алевролиты,

характеризующиеся равномерной крупностью и отсортированностью зерен обломочного материала, серовато-белой окраской, бурой, при нефтенасыщении, пористостью. Эти разности аналогичны песчаникам и песчаным алевролитам из горизонта Дii. Особенностью их в пашской свите является прежде всего ритмически повторяющееся обогащение песчаников крупнообломочным материалом, чаще в основании прослоев, особенно вблизи выступа кристаллического фундамента. Одновременно к северо-западу ухудшается отсортированность зерен обломочного материала, их окатанность. Вместе с тем возрастает размер зерен, примесь в составе их кварцита, полевых шпатов и малоустойчивых минералов тяжелых и легких фракций. Кроме того в песчаниках и песчаных алевролитах из прослоев „А“ и „Б“ отмечается местами плотное кварцитовидное строение. Оно, видимо, вызвано перегруппировкой зерен обломочного материала при тектонических воздействиях. Реже плотность их участками обусловлена выделениями крупнозернистого сидерита или кальцита (д. Бавлы). Наконец, более обычны в рассматриваемых разностях новообразования кварца, галенита, халькопирита в порах, иногда сфалерита по остаткам растений. Они чаще устанавливаются при расклинивании монолитного прослоя „А“, реже других на ряд пропластков.

Кроме того среди песчаников и алевролитов устанавливаются глинистые разности (глинисто-алевритовые песчаники и слабо-глинистые алевролиты). Они приурочены только к разрезу пашской свиты и прослеживаются преимущественно в юго-западных районах исследования, отмечаясь в основном при расклинивании монолитных песчаниковых прослоев на ряд маломощных пропластков. Эти песчаники и алевролиты обладают, в отличие от первых разностей их, неравномернообломочной структурой, неодинаковой пористостью, пятнистой зеленовато-или буровато-серой окраской, благодаря неравномерной пропитке нефтью или неодинаковой глинистости, и большим распространением минеральных выделений (сидерита, пирита, кварца, реже сфалерита, халькопирита, галенита). Размер зерен в них изменяется в тех же пределах (от 0,006 до 0,65 мм, реже до 1—2 мм), что и в ранее рассмотренных, но распределяются они неравномерно. Мелкие частицы ($< 0,02$ мм), например, нередко скапливаются между крупными, забивая поры и ухудшая пористость, или же концентрируются в прослои, линзы, участки. При единстве состава цемента с ранее описанными разностями (глинистый чешуйчатый материал из группы гидрослюд или сидерит тонкозернистый, крупнозернистый) меняется его роль. Распространение получают сфериты сидерита, иногда группирующиеся в более значительные стяжения.

Глинистые разделы между песчаниковыми прослоями и отдельными пропластками в них представлены чаще всего зеленовато-серыми сидерито-алевритовыми аргиллитами и сидерито-глинистыми алевролитами, содержащими многочисленные стяжения, сфериты и кристаллы сидерита. Обе разности характерны для разреза пашской свиты и не отмечаются в подстилающих образованиях животского яруса. Приурочены они по преимуществу к глинистым разделам между прослоями „А“ и „Б“. Для сидерито-алевритовых аргиллитов характерны: яркозеленовато-серая окраска, более светлая у алевролитов, отсутствие ясно выраженной слоистости, наличие частых следов скольжения. Указанные аргиллиты имеют спутанно-, участками параллельночешуйчатое строение. Среди глинистых минералов господствуют в них гидрослюды. Составной частью в аргиллитах, наряду с зернами обломочного материала (0,02—0,09 мм, реже до 0,6 мм), то рассеянными, то сконцентрированными в прослои, и глинистыми чешуйками в алевролитах, является сидерит. Он часто образует

изометрической формы тонко- и мелкозернистые агрегаты, сфериты, сферолиты (до 2 мм), корочки и микрожилки кристаллического сидерита по трещинкам, желваки зернистого строения, реже ромбоэдры. В полостях трещинок часто прослеживается тонкозернистый кварц, пирит, халькопирит, редко сфалерит. Эти же минералы сопровождают и черно-бурые выделения органического вещества по вертикальным и причудливым трещинкам, или по плоскости скольжения.

Для разреза верхней пачки характерно также тонкое переслаивание и чередование серовато-белых алевролитов и зеленовато-серых аргиллитов с преобладанием то первых, то последних. Подобная микрослоистость прослеживается главным образом в верхней части разреза пачки, особенно при замещении песчаников и алевролитов в прослойе „А“, реже „Б“ глинисто-алевролитовыми образованиями. Смена алевролитов типа слабо глинистых разностей, описанных выше, и аргиллитов чешуйчатого строения, аналогичных охарактеризованным в живетском ярусе, обычно сложная, с волнистой, неровной линией разделения. Нередко они друг друга пронизывают, создавая конусы вмывания, трещинки высыхания, гиероглифы и т. д. На плоскостях наслойения в аргиллитах наблюдается массовое скопление обрывков и остатков растений, пленок сине-зеленых водорослей, остатков раковинок брахиопод, редких оолитов шамозита, а в кровле свиты — стяжений сидерита и фосфорита. В порах алевролитовых прослоек, если они не заполнены нефтью, встречаются, главным образом, выделения сидерита, пирита, кварца, халькопирита и галенита.

Кроме описанных разностей пород, в сложении алевролито-аргиллитовых перемычек принимают участие разности, охарактеризованные при освещении литологии живетского яруса. Так, аргиллиты чешуйчатой структуры, тонкозернистые, зеленовато-сероокрашенные отличаются от ранее описанных более темной окраской (темнозеленово-буровой или зеленовато-темносерой), в связи с пропиткой органическим веществом, и наличием массовых скоплений остатков мелкой фауны брахиопод на плоскостях напластования. Господствующее значение они имеют в глинистом разделе между прослойями „Б“ и „В“. Реже более светлоокрашенные разности их отмечаются между прослойями „В“ и „Г“, иногда и в других глинистых перемычках в виде маломощных прослоек.

К рассмотренным аргиллитам между прослойми „Б“ и „В“, реже другими, приурочены изредка скопления оолитов шамозита (д. Биклянь, Поповка, Александровская Слобода, Мактама, Чупаево, Узбяк, Горкино, г. Лениногорск, д. Алтунино). По внешнему виду, составу и характеру оолитов они близки к оолитовым рудам из живетского яруса. Они также пятнисто окрашены в зеленовато-буровый цвет благодаря чередованию в основном зеленоватых глинистых прослоев, участков, с концентрацией в них черных чечевицеобразных оолитов, и линзообразных желваков сидерита, содержащих единичные, округлые голубоватые оолиты. В отличие от руд из живетского яруса, основная масса в них представлена тонкочешуйчатым агрегатом минералов гидрослюд, шамозита и других. Сидерит, оолиты шамозита и зерна обломочного материала, распределяясь неравномерно, имеют подчиненное значение в составе породы.

К аргиллитам чешуйчатого строения, кроме оолитовых руд, приурочены иногда стяжения — „гравий“ фосфорита. Однако в алевролито-аргиллитовых перемычках между четырьмя алевролито-песчаниковыми прослойми фосфорит не образует скоплений (гравелитов), а встречается рассеянно (д. Варьыш-Баш, Полянка, Дербедин, Верх. Акташ, Сетяково, Карапай-Саклово, Михайловка, Октябрь-Буляк, Улаклы-Чишма, Васильевка, Миннибаево, Тайсуган, Биш-Мунча, Горкино, Сходнево, Ивановка и др.).

Наконец, сильно глинистые алевролиты и сильно алевритовые аргиллиты желтовато-бурых окрасок имеют ту же природу, что и в нижележащих отложениях живетского яруса. Они устанавливаются в глинистых образованиях между пропластками прослоя „Г“ и в виде маломощных прослоек в вышележащих глинистых образованиях. В последних эти разности пород нередко имеют зеленоватый оттенок и даже окраску в то время, как в нижних прослоях у них сохраняется желтовато-бурая окраска. Однако аргиллитам и алевролитам подобного типа не так свойственны здесь признаки неустойчивого режима мелководного бассейна, как в живетском ярусе.

Факты приуроченности тех или иных разностей глинистых алевролитов и аргиллитов к определенной части разреза или глинистому разделу позволяют говорить о литологическом отличии каждой из перемычек между песчаниковыми прослойями.

Карбонатные породы — мергели, известняки, доломиты — отмечаются в пашийской свите на разных стратиграфических уровнях как в алевролито-аргиллитовых перемычках, так и в самих прослоях. Отличие их от рассмотренных в нижележащем разрезе девона заключается прежде всего в иной окраске (мергели и известняки светлосерые или зеленовато-серые, доломиты — бурые), почти всегда тонко-, реже мелкозернистой структуре, плотном сложении, большей частью отсутствии фаунистических остатков.

Мощность пашийской свиты (горизонта Δ_1) на востоке Татарии изменяется от 0—12 м на севере до 24—38 м на юге. Отклонения от этой общей закономерности, притом на коротких расстояниях, объясняются целым рядом причин: 1) общее возрастание мощности с севера на юг связано с интенсивным погружением в этом направлении; 2) некоторое местное увеличение мощности свиты обусловлено неодинаковой скоростью накопления осадков, наиболее значительной у песчаников в некоторых прослоях. Последнее приводит иногда к возникновению мощных песчаниковых толщ, благодаря чему вышележащий маркирующий горизонт („верхний известняк“) занимает в таких участках более высокое положение, чем в прилегающих (рис. 3), то есть происходит как бы структурообразование в момент накопления осадков [13, 15]; 3) некоторое уменьшение мощности пашийской свиты происходит иногда вследствие размывов, наблюдавшихся в разрезе свиты; 4) эффективное влияние на изменение, сокращение мощности свиты оказывает размытый ранее на контакте живетского яруса и пашийской свиты; 5) наибольшее влияние на сокращение мощности свиты до нескольких метров или отсутствие ее в пределах северо-запада Татарии и юга Удмуртии оказывает размытый и перерыв в осадконакоплении между пашийской и кыновской свитами. В 1951 г. исследованиями автора был установлен на юго-востоке Татарии лишь локальный размытый между ними [13, 15]. В настоящее время размытые с большим угловым несогласием прослежены на большем регионе целым рядом исследователей — Е. И. Тихвинской, В. И. Троепольским, С. С. Эллерн, С. П. Егоровым, И. С. Муравьевым [21, 28, 30, 36] и др. Размытый пашийской свиты и перерыв в накоплении кыновской наиболее четко констатируется в районах, прилегающих к выступу кристаллического фундамента (северный купол Татарского свода), во-первых, по выпадению из разреза сопредельных частей кыновских и пашийских отложений, во-вторых, по изменению — сокращению мощности каждой из свит и, в-третьих, по наличию брекчий на контакте их (д. Бехтерево, Рус. Шубер, Нов. Мусабаево, Калмаш, Тогаево, Токмак, Красный Яр, Слобода Петропавловская, Салейкино, Полянка, Дербедин, Акташ, Тархановка, Октябрь-Буляк, Кирлей, Туктар, Нариман, Верх. Мактама, Иркен, Куакбаш, Ниж. Чершилы, Галкино). Состав обломков в

брекчиях свидетельствует о размыве разнородных осадков (от карбонатных пород до песчаников), как пашийских, так и кыновских. При этом следует отметить, что в породах из кровли пашийской свиты, где она не размыта, наблюдаются многочисленные признаки омеления бассейна — следы перемывания, трещинки усыхания, выделения гидроокислов и т. д. (дд. Карапай-Саклово, Ново-Егорьевка, Верх. Акташ, Дюсумово, Тархановка, Зереклы-Елга, Миннибаево, Туктар, Чупаево, Кирлей, Узбяк, Тайсуган, Юлдуз, Кама-Исмагилово, Нижн. Чершилы, Исергапово).

Наряду с этим характерно, что мощность отложений пашийской свиты уменьшается по направлению к выступу кристаллического фундамента более заметно, чем у кыновских образований (рис. 3). Подобное изменение явилось следствием устойчивой тенденции к поднятию дна моря в периферийной части северного купола Татарского свода во время накопления большей части осадков кыновской свиты. При этом проявление тектонических движений ослабевало с удалением от поднятия кристаллического фундамента. Об этом свидетельствует перекрытие все более молодых (верхних) образований живетского яруса и пашийской свиты более низкими горизонтами кыновской, с сохранением всего разреза пашийско-кыновских отложений за пределами зоны, нанесенной на карте (рис. 2). Следы незначительного размыва в подошве кыновской свиты, как указывалось, прослеживаются на территории всего востока Татарии, участками в Молотовском Приуралье, по данным Н. Н. Соколовой [25] и в Куйбышевских нефтеносных областях, по данным Б. Я. Полонской [23] и других исследователей.

Из всего этого мы делаем заключение, что размыв и перерыв в осадконакоплении между пашийскими и кыновскими отложениями имеет региональное значение.

Однако до настоящего времени нет единого мнения о возрасте этого регионального размыва. Большая часть исследователей — Е. И. Тихвинская, С. С. Эллери, В. И. Троепольский, Г. П. Батанова, А. И. Кринари, В. Н. Логинова [9, 28, 30, 36] и ряд других исследователей считают его верхне-нижнекыновским, отмечая лишь локальный размыв на контакте пашийских и кыновских отложений. Фактический же материал показывает, что перерыв в осадконакоплении начинается с выпадения из разреза верхнего известняка, то есть самой нижней части разреза кыновских отложений. При движении по направлению к выступу кристаллического фундамента, как уже говорилось выше, наблюдается постепенное выпадение из разреза нижней части кыновских аргиллитов, алевролитов горизонта D_0 , включая и перекрывающие его аргиллиты, и соответственно верхней, потом и нижней частей пашийских и даже верхнеживетских наслоений.

Отражением этих пашийско-нижнекыновских тектонических движений, проявившихся наиболее значительно на северо-западе Татарии и юге Удмуртии, являются признаки размыва, установленные нами еще в 1951 г. на юго-востоке Татарии в подошве кыновских отложений и в кровле пашийской свиты [13]. Еще более показательным фактом тектонических подвижек пашийско-кыновского времени служат вулканические излияния в Казанской впадине на западе Татарии у д. Казаклар, описанные Б. А. Успенским [32], В. И. Троепольским, С. С. Эллери [28—30] и другими исследователями. Правда, В. И. Троепольский и С. С. Эллери в последней своей работе [29] отказались в ссылке от подобного определения возраста вулканогенной толщи, отдавая дань новому определению верхнекыновского размыва.

Рассмотрев литологические особенности эйфельского, животского ярусов, пашийской свиты, выявив в разрезе их ритмичность в

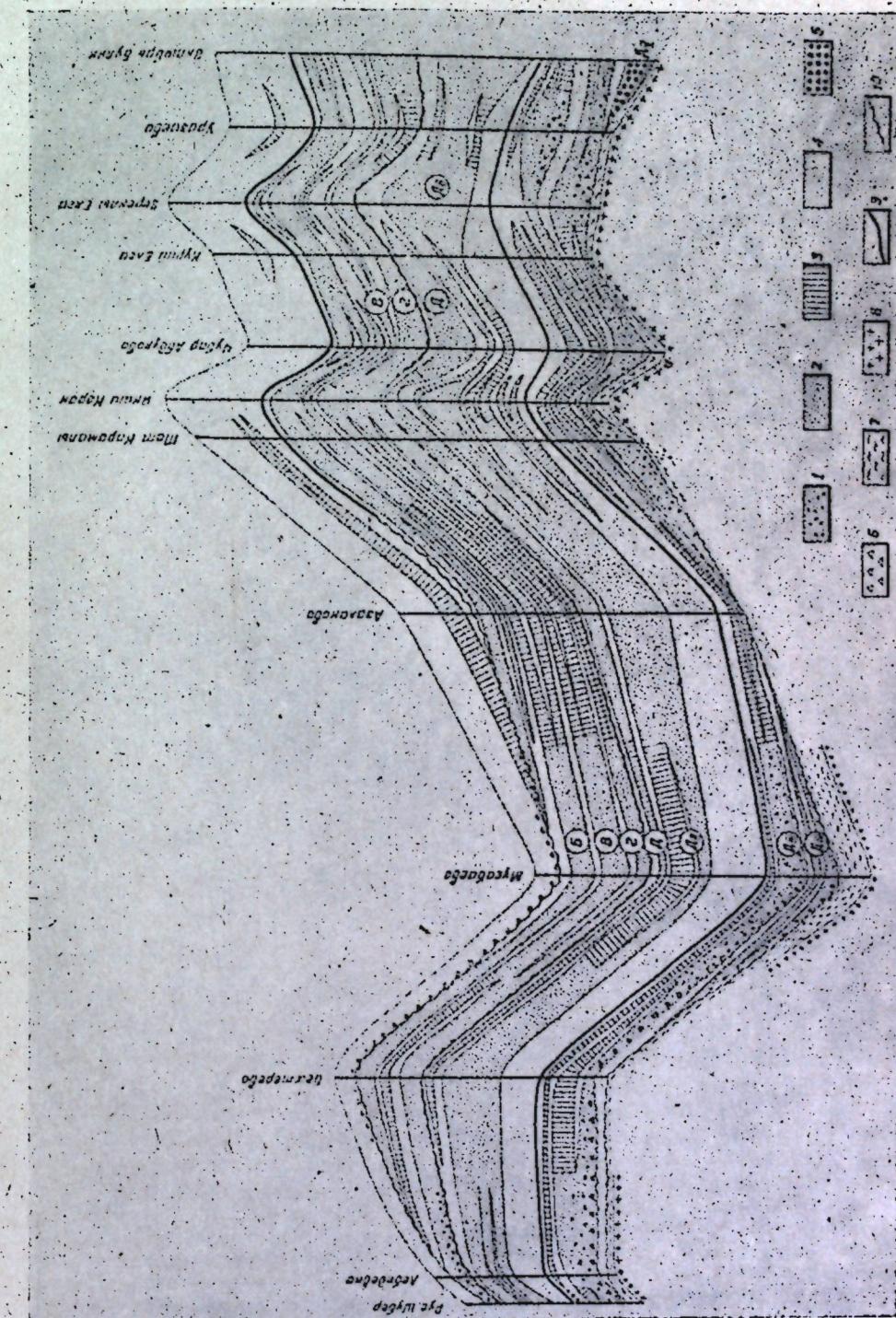


Рис. 3. Схематический профиль строения терригенної толщи девона. 1 — гравелиты и гравийно-разнозернистые песчаники; 2 — мелкозернистые песчаники и песчаники; 3 — алевролиты; 4 — аргиллиты в разной степени алевритовых; 5 — оолитовые сидерито-шамозитовые руды; 6 — брекчии; 7 — элювий; 8 — кристаллический фундамент; 9 — электрореперы — "средний и верхний известняк"; 10 — поверхность размыва.

осадконакоплении и присутствие размывов, можно сделать для исследованной части девона ряд выводов.

1. Отложения эйфельского, живетского ярусов и пашийской свиты делятся по литологическому составу на три литологически отличные друг от друга части, не совпадающие по своему объему с указанными стратиграфическими единицами. Нижняя из них — гравийно-(аргиллито)-песчаниковая пачка (горизонта Д_У), выделяемая в современной стратиграфической схеме (1956 г.) среди эйфельских образований, имеет незначительный объем. Она слагается грубо-зернистыми породами (гравелитами, песчаниками), характеризующимися неотсортированностью зерен обломочного материала, в основном кварца, каолинитовым составом глинистого материала, принимающего участие в цементации, и развитием выделений пирита, кварца, гидроокислов железа и реже других.

Другая, наиболее мощная часть разреза изученного терригенного комплекса пород, объединяет верхнюю пачку эйфельского яруса и шесть пачек, обособляемых в живетском ярусе. Для указанных отложений этой части разреза девона свойственно: приблизительно одинаковое распространение в ней песчаников, алевролитов, аргиллитов; уменьшение, по сравнению с нижней толщой, крупности зерен обломочного материала, некоторое улучшение отсортированности их и окатанности; иной состав глинистого компонента (из группы гидрослюд); участие в цементации зерен обломочного материала, наряду с глинистыми минералами, сидерита; развитие вторичных выделений пирита, сидерита, кварца, реже сульфидов (цинка, свинца, меди).

Третьей части изученного разреза соответствует пашийская свита (горизонт Д₁). Особенности ее заключаются в своеобразии литологического состава в основном зеленоокрашенных пород, обогащенных в большинстве случаев сферитами, сферолитами, кристаллами и другими образованиями сидерита.

При этом самая древняя по времени образования часть терригенных накоплений девона характеризуется таким литологическим комплексом пород, который не отмечается в вышележащем разрезе девона. Наоборот, наиболее молодая из изученных литологических частей девона (горизонт Д₁) имеет черты преемственности среднего раздела (эйфельско-живетского) при наличии особенностей литологического строения, присущих только для верхней пачки пашийской свиты.

Наряду с наличием резкого литологического различия между указанными тремя частями изученного разреза девона, наблюдаются для всех них общие закономерности. К ним относятся: во-первых, сокращение крупности зерен обломочного материала в песчаниках и аргиллитах, при ритмически повторяющихся отклонениях, снизу (от основания горизонта Д_У) вверх по разрезу девона (до кровли пашийской свиты), во-вторых, — возрастание во времени роли сидерита в составе пород, в-третьих, изменение концентрации ряда минералов в тяжелых и легких фракциях снизу вверх по разрезу как в сторону возрастания роли (кварца, турмалина и других), так и сокращения их значения (измененных зерен, полевых шпатов, черных рудных минералов и других).

2. В указанном литологически неоднородном комплексе пород выявлены пять крупных ритмов в осадконакоплении. Они констатируются обычно по смене алевролито-песчаниковых пород алеврито-глинистыми образованиями. Нижний ритм охватывает нижнюю гравийно-аргиллито-песчаниковую пачку (горизонта Д_У) эйфельского времени, второй — перекрывающие карбонатно-глинистые осадки того же яруса, третий — песчаники горизонта Д_{1У} и покрывающие

их алевролито-аргиллитовые образования, четвертый — песчанико-алевролитовую (горизонт Д_и), карбонатно-аргиллитовую пачку, алевролито-аргиллито-песчаниковые накопления горизонта Д_и и выше лежащие образования алевролито-(песчанико-)аргиллитовой пачки и, наконец, пятый — алевролито-песчаниковые осадки (горизонта Д₁) национальской свиты. Для четвертого и особенно пятого ритмов устанавливается ритмичность более мелкого масштаба. Она отчетливо выражена на территории Ромашкинского месторождения и других более мелких древних структурных единиц.

3. В изученном терригенном комплексе осадков эйфельского-национальского времени устанавливаются многочисленные размыты и иногда перерывы в осадконакоплении, в основном на контакте выше-отмеченных ритмов. Так, наиболее длительный перерыв в осадконакоплении и значительный размыт устанавливается на контакте бавлинской свиты и эйфельского яруса, менее выраженный внутри последнего. Региональные размыты и местами перерывы при формировании осадков, как и первые два, зафиксированы также в основании нижней и верхненживетского подъярусов, пашийской и кыновской свит. Доказываются эти перерывы в осадконакоплении, кроме литологического отличия каждой из указанных частей разреза, размытом на грани их, а в результате последнего — обособлением в подошве каждого раздела брекчий, травия или базальных песчаников, изменениями мощности соответствующих разделов, а также признаками омеления, предшествующими размытам.

Признаки омеления бассейна устанавливаются в конце каждого ритма, а именно: в кровле горизонта Д_у, в алевролито-аргиллитовой пачке эйфельского яруса, в глинистых образованиях между горизонтами Д₁ и Д_и, между горизонтами Д_и и Д₁ в верхней части пашийской свиты, а также между каждым из песчаниковых прослоев в разрезе последней. Они констатируются по наличию брекчий в алевролито-аргиллитовых породах, разделяющих песчаниковые образования, обхвачиванию пород и признакам неустойчивого режима мелководного бассейна в породах, разделяющих песчаниковые прослои.

Наряду с размытами регионального характера на контакте крупных ритмов, прослежена в изученном разрезе девона ритмичность меньшего масштаба и локальные размыты между ними. Они связаны в основном с районами древних структур, в которых пульсационные колебательные движения наиболее отчетливо проявлялись в горизонтах Д_и, Д₁, реже Д_у.

4. Нижняя литологическая отличная часть разреза девона, по-видимому, является нижнедевонской по времени образования. В пользу такого предположения говорит своеобразие литологического состава пород и признаки размытам и перерыва в осадконакоплении на грани с вышележащими заведомо эйфельскими отложениями.

Более древней, чем принято в современной стратиграфической схеме, является также и нижняя половина разреза живетского яруса. Нижненживетский возраст ее доказывается литологическим отличием осадков из нижней половины разреза яруса от перекрывающих отложений верхненживетского подъяруса и региональным размытом между ними.

5. Из всего изложенного можно сделать вывод, что накопление, в основном терригенных осадков, происходило в обстановке постоянного, но неравномерного во времени и пространстве погружения кристаллического фундамента, более интенсивного на юге и сохраняющего относительно устойчивое положение на северо-западе. Это опускание способствовало все большему развитию трансгрессии. Однако на фоне общего опускания дна бассейна ритмически проявлялись тенденции иного порядка — погружения и воздымания.

Они на изученной территории не всегда совпадали во времени, охватывали разные по объему площади и протекали нередко с неодинаковой интенсивностью. Кроме того они в разных участках были даже противоположно направленными. Эта неоднородность проявления тектонических движений в условиях мелкого моря накладывала отпечаток на рельеф дна морского бассейна, изменение гидродинамического режима водоема (направление, силу течений и т. д.), и, следовательно, обусловила неодинаковые условия накопления осадков в разных участках изрезанной прибрежной зоны шельфа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баташова Г. П. и Солонцов Л. Ф. Стратиграфический разрез девонских отложений Шугуровского р-на ТАССР. Изв. КФАН СССР, сер. геол., № 1, 1950.
2. Баташова Г. П. Стратиграфия франских отложений в Татарской АССР. ДАН СССР, т. 89, № 1, 1953.
3. Баташова Г. П. Лингуиды девонских отложений центральной части Волго-Уральской области. Изв. КФАН СССР, сер. геол., № 5, 1955.
4. Баташова Г. П. Брахиоподы девона восточной части Татарской АССР. Труды ВНИГРИ, нов. серия, вып. 68, 1955.
5. Кирсанов Н. В. К методике определения глинистых минералов иммерсионным методом при больших увеличениях. Изв. КФАН СССР, серия геол., № 5, 1955.
6. Кирсанов Н. В. О составе и характере аргиллитов франского яруса. ДАН СССР, т. 102, № 3, 1955.
7. Кирсанов Н. В. и Миропольская Г. Л. О составе и генезисе аргиллитов живетского яруса на востоке Татарии. ДАН СССР, т. 103, № 3, 1955.
8. Кирсанов Н. В. О минералогическом составе девонских аргиллитов на востоке Татарии. Изв. КФАН СССР, сер. геол., № 4, 1957.
9. Кринари А. И. «Девонская нефть Татарии». Таткнигоиздат, 1956.
10. Ломоть К. И. Новые данные о следах вулканической деятельности Второго Баку. ДАН СССР, т. 93, № 4, 1953.
11. Ломоть К. И. Условия образования пород девона и подстилающих их отложений Волго-Уральской области. Труды ВНИГРИ, нов. серия, вып. 82, 1955.
12. Микрюков М. Ф. и Тимергазин К. Р. Новые данные о стратиграфии и литологии терригенных отложений девона Бавлинско-Туймазинского нефтеносного р-на. «Нефтяное хозяйство», № 9, 1948.
13. Миропольская Г. Л. Новые данные о литологии пашийской свиты на юго-востоке Татарии. ДАН СССР, т. 98, № 3, 1954.
14. Миропольская Г. Л. Литологические особенности нижненживетского подъяруса на юго-востоке Татарии. ДАН СССР, т. 103, № 4, 1955.
15. Миропольская Г. Л. Краткая литологическая характеристика отложений живетского яруса и пашийской свиты на юго-востоке Татарии. Изв. КФАН СССР, серия геол., № 4, 1957.
16. Миропольский Л. М., Тимергазин К. Р., Солонцов Л. Ф., Ковязин Н. М., Килигина М. Л. О девонских оолитовых железных рудах в Западной Башкирии и Восточной Татарии. ДАН СССР, т. 66, № 1, 1949.
17. Миропольский Л. М., Солонцов Л. Ф. и Ковязин Н. М. Об оолитовых шамозитовых рудных накоплениях в живетских отложениях Башкирии и Татарии. «Разведка недр», № 6, 1949.
18. Миропольский Л. М., Солонцов Л. Ф. и Ковязин Н. М. Об оолитовых рудах в нижнефранских отложениях Башкирии и Татарии. Изв. КФАН СССР, сер. геол., № 1, 1950.
19. Миропольский Л. М. К общей характеристике первичной и вторичной минерализации в девонских отложениях на юго-востоке Татарии. Учен. зап. Каз. гос. ун-та, т. 114, кн. 8, 1954.
20. Миропольский Л. М. Еще о сульфидной минерализации в девонских отложениях Татарии. Учен. зап. Каз. гос. ун-та, том 115, кн. 16, геология, 1956.
21. Муравьев И. С. и Иванов Е. Е. О кыновских слоях юго-востока Татарии. Казанского Поволжья и Удмуртии. ДАН СССР, том 101, № 4, 1955.
22. Петухова Е. Н. Строение терригенно-глинистого толщи девона Туймазинского района. Учен. зап. Каз. гос. ун-та, т. 115, кн. 10, 1955.
23. Полонская Б. Я. Петрография и фаунистические особенности девонских отложений Куйбышевского Поволжья. Изд. АН СССР, 1956.
24. Рождественская А. А. О верхней границе живетского яруса в Западной Башкирии по фауне остракод. ДАН СССР, т. 99, № 3, 1954.
25. Соколова Н. Н. Петрография девонских отложений Молотовского Приуралья и палеогеография времени их образования. Изд. АН СССР, 1952.
26. Теодорович Г. И. О ритмичности в разрезе вероятных нефтеносных свит (на примере девона Урало-Волжской области). ДАН СССР, т. 86, № 5, 1952.

27. Тимергазин К. Р. Живетские слои Западной Башкирии. „Башкирская нефть”, № 1, 1950.
28. Троепольский В. И. Палеогеография и фациальные особенности осадконакопления на севере и северо-западе Татарии в девонский период. Учен. записки Каз. гос. ун-та, геология, т. 115, кн. 16, 1950.
29. Троепольский В. И. и Эллери С. С. О возрасте вулканической толщи в Приказанском районе. Учен. зап. Каз. гос. ун-та, геология, т. 116, кн. 16, 1956.
30. Троепольский В. И. и Эллери С. С. Татария в девонский период. Таткнигоиздат, 1956.
31. Тузова Л. С. Споро-пыльцевая конференция, тезисы докладов, 1953.
32. Успенский Б. А. О палеозойских вулканических явлениях в Приказанском р-не. ДАН СССР, т. 85, № 2, 1952.
33. Чирково-Залесская Е. Ф. Ископаемые растения терригенного девона Урала-Поволжья. ДАН СССР, т. XIX, № 1, 1954.
34. Чочна Н. Г. Цикличность в девонских отложениях западного склона Урала. Лит. сб. ВНИГРИ, № 2, 1949.
35. Эллери С. С., Троепольский В. И. и Бальчунас А. Е. Оживистских отложениях Татарии. ДАН СССР, т. 79, № 1, 1951.
36. Эллери С. С., Муравьев И. С., Иванов Е. Е., Коробова Н. Ф., Малышева О. Н., Чурина Н. И. Основы стратиграфии и фациального сложения девона ТАССР. Учен. зап. Каз. гос. ун-та, т. 115, кн. 10, 1955.

В. Н. Логинова

ЛИТОЛОГИЯ САРГАЕВСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОКА ТАТАРСКОЙ АССР

Отложения саргаевской свиты в пределах территории востока Татарской республики и прилегающих областей имеют повсеместное развитие и залегают здесь на кыновских отложениях.

Нижняя граница саргаевской свиты до сих пор проводилась по подошве пачки известняков с *Timanites acutus* Keys., именуемых в практике бурения репер „аяксы“. Этим прослойям карбонатных пород на электрокароттажных диаграммах обычно соответствуют повышенные сопротивления. Однако, Г. П. Батановой указывается, что в настоящее время на севере Татарии, в Удмуртии и Башкирии в известняках нижней части „аяксов“ обнаружена типично кыновская фауна — *Megaphyllum pashense*, Soshk. и др. В связи с этим нижнюю границу саргаевской свиты следует уже проводить по смене фаунистических комплексов, т. е. несколько выше подошвы „аяксов“. Правильность такого проведения нижней границы саргаевской свиты, обоснованного палеонтологическими данными, подтверждается и результатами литологических исследований. Об этом свидетельствует, прежде всего, иной литологический характер саргаевских образований по сравнению с кыновской свитой, брекчиевидный облик известняков, неровные бугристые поверхности наслаждения их в нижней части свиты (д. Сарайлы, Светлое Озеро, Абди, Уркуш и др.). Последнее, видимо, свидетельствует об обмелении бассейна к началу саргаевского времени. Однако, явные признаки размыва в керновом материале на границе кыновских и саргаевских отложений на востоке Татарии пока не встречены. Приведенный в доказательство размыва материал Е. Т. Герасимовой [3] является ошибочным. Ею указывается „брекчия“ у д. Бехтерево (обр. 119), которая при детальном изучении оказалась верхнефранским брекчиевидным фораминиферовым известняком, а у д. Карапай-Саклово (обр. 5а) — мергелем с линзами известняка. Не отрицая в принципе возможности существования размыва на границе кыновской и саргаевской свит, мы тем не менее считаем, что для подтверждения его в настоящее время еще нет фактов.

Верхняя граница саргаевской свиты проводится по подошве известняков доманика, нередко окремнелых в основании свиты. На кароттажных диаграммах эта граница отчетливо выражается резкой сменой относительно низких сопротивлений (10—30 омм) пород саргаевской свиты весьма высокими (250—400 омм) сопротивлениями, характеризующими отложения доманиковой свиты.

Мощность саргаевской свиты колеблется от 4 до 92 м. В направлении с севера на юг мощность ее увеличивается от 6—8 м (у д. Бураново, Голюшурма, Малмыж, Кукмор, Бехтерево, Покровское, Сарайлы) до 83 м (у д. Боровка).

В направлении с востока на запад мощность саргаевской свиты увеличивается с 7—14 м (Бавлы — Ивановка) до 75 м (у пос. Шугурово) и даже 92 м (у д. Алтунино). Далее на запад, в районах дд. Черемшан и Аксубаево мощность ее снижается до 26—33 м, а затем в районах дд. Камское Устье и Верхний Услон вновь возрастает до 45—55 м. Резкие изменения мощности саргаевских отложений обусловлены в основном неровностями дна бассейна. На рельеф дна последнего неоднократно накладывали отпечаток тектонические движения, обычно проявлявшиеся с различной степенью интенсивности на различных участках и в различное время в период осадконакопления.

Отложения саргаевской свиты представлены, главным образом, карбонатным комплексом пород — известняками и мергелями. Среди них подчиненное значение имеют аргиллиты и горючие сланцы. Указанные породы дают постепенные взаимопередачи от почти чистых известняков к их глинистым разностям, мергелям и аргиллитам.

При рассмотрении литологических особенностей у осадков саргаевской свиты можно выделить три основных типа разрезов. Первый из них имеет развитие на юге Татарии и наиболее отчетливо выражен у пос. Шугурово (рис. 1). Саргаевские отложения здесь имеют мощность 75 м. Они подразделяются на две основные толщи: нижнюю мергельно-известняковую и верхнюю — известняково-мергельную.

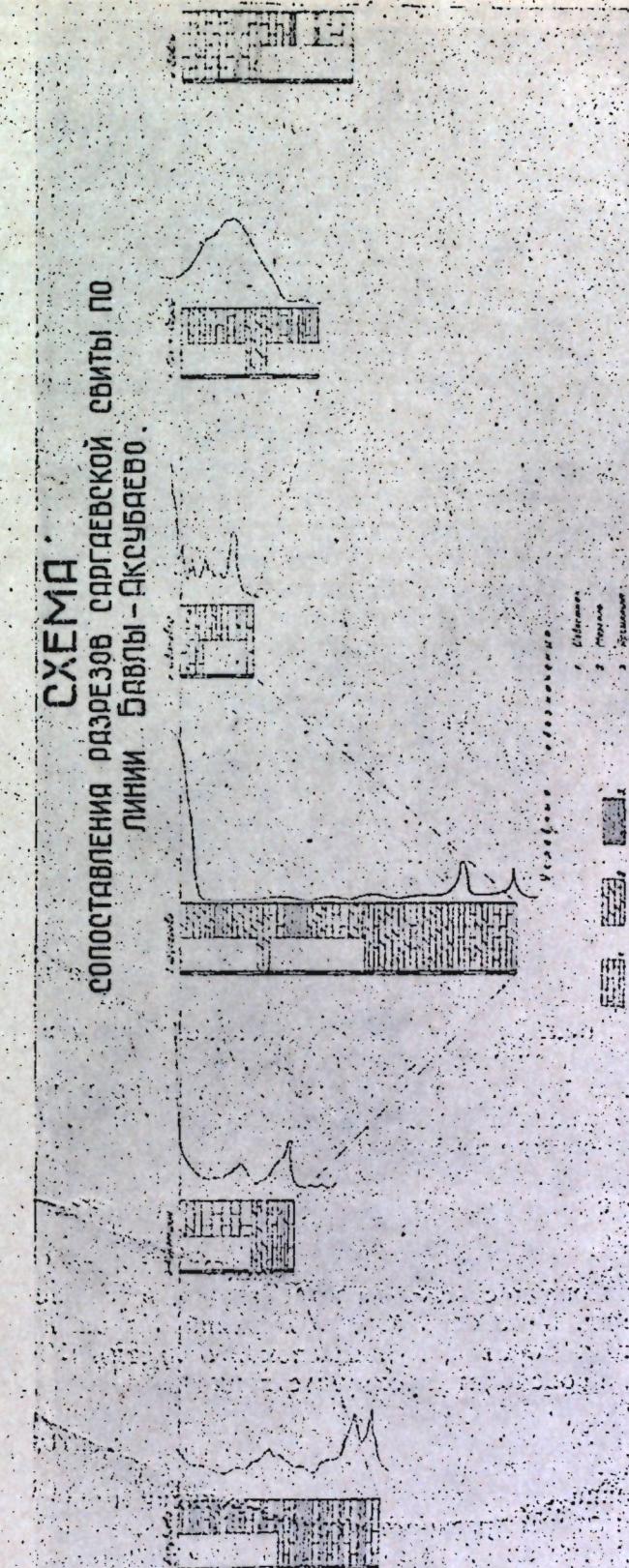
Нижняя мергельно-известняковая толща имеет мощность 15 м. Она представлена толщей известняков („аяксы“), разобщенной прослоем мергеля мощностью в 2,5 м. Верхняя известняково-мергельная толща мощностью 60 м слагается мергелями с частыми мало-мощными прослойками известняков, единичными прослоями горючих сланцев и темносерого аргилита.

Для мергелей этого разреза наиболее характерным является почти черная окраска, битуминозность (часто они сапропелевые), сильная пиритизация и тонкослоистость. Известняки обычно перекристаллизованные глинистые, как и мергели почти черные, битуминозные. Весь разрез саргаевских отложений здесь носит черты доманиковой фации и резко выделяется среди девонских отложений Татарии. Поэтому С. П. Егоровым они были выделены здесь в так называемую „шугуровскую“ свиту. Фауна, встречающаяся в последней у пос. Шугурово, имеет доманиковый облик, среди нее преобладают птерохенины, бухиолы, тентакулиты и стилиолины. Осадки шугуровской свиты прослеживаются у дд. Алтунино, Ерыкли, Слобода Петровпавловская и далее на юг в Куйбышевской области (у д. Боровка).

Второй тип разреза саргаевских отложений имеет развитие на севере и северо-западе изучаемой территории. Наиболее характерен он для района г. Елабуги, дд. Уркуш, Кабык-Купер, Бехтерево, Байгулово, Лебедовка, Покровское, Шубер и др., где саргаевские отложения слагаются почти полностью серыми известняками, часто с зеленоватым оттенком. Они слабо битуминозны, нередко брекчийвидны, обладают неровной бугристой поверхностью наслоения и содержат многочисленные глинистые промазки. В известняках часто отмечаются включения глауконита, приуроченные обычно к остаткам фауны, трещинкам и порам. Местами известняки являются окремнелыми. Среди известняков иногда наблюдаются тонкие прослои темносерых мергелей, в отдельных случаях битуминозных и темносерых аргиллитов.

Породы доманиковой фации в разрезах рассматриваемого типа отмечаются редко и лишь в самой верхней части свиты. Исключение составляет только разрез у д. Лебедовка (Удмуртской АССР), где верхняя часть свиты сложена битуминозными известняками доманикового облика.

СХЕМА СОПОСТАВЛЕНИЯ РАЗРЕЗОВ САРГАЕВСКОЙ СВИТЫ ПО ЛИНИИ БАВЛЫ — АКСУБАЕВО



Из изложенного видно, что второй тип разреза саргаевских отложений, в отличие от первого типа, слагается серыми с характерным зеленоватым оттенком известняками, нередко брекчиивидными и иногда слабо битуминозными. К ним приурочены нередко выделения глауконита. Другие породы (мергели, аргиллиты) здесь имеют слабое развитие. Мощность свиты в указанном районе снижается до 4—20 м.

Третий тип разреза саргаевских образований является переходным между указанными двумя типами. Наиболее ясно он выражен в районе дд. Тукмак, Васильевка, Акташ (рис. 2). Здесь, по направлению с юга на север, наблюдается снижение роли мергелей и увеличение значения известняков, уменьшение глинистости пород, их битуминозности. В указанном направлении происходит также значительное уменьшение мощности свиты, в основном за счет сокращения верхней части свиты — известняково-мергельной толщи, обычно развитой на юге Татарии.

В направлении на запад от пос. Шугурово, в районе д. Аксубаево (рис. 1) и еще западнее — у дд. Камское Устье и Верхний Услон в разрезе саргаевских отложений происходит увеличение роли аргиллитов и снижение битуминозности пород. Породы здесь окрашены в серый с зеленоватым оттенком цвет. Осадки доманикового облика у д. Аксубаево развиты лишь в нижней половине разреза, а на западе Татарии у дд. Камское Устье и Верхний Услон породы доманикового облика отмечаются лишь в самой верхней части свиты.

На основании вышеизложенного мы устанавливаем следующие особенности саргаевских отложений.

1. Саргаевские отложения представлены главным образом карбонатным комплексом пород — известняками и мергелями. Подчиненное значение среди них имеют аргиллиты и горючие сланцы.

2. На большей части территории востока Татарии саргаевские отложения подразделяются на две неравные по мощности толщи:

а) нижнюю — мергельно-известняковую („аяксы“), выдерживающуюся в виде маркирующего горизонта мощностью от 3 до 15 м;

б) верхнюю — известняково-мергельную, меняющуюся в пространстве от 8 до 60 м.

3. Фациальный облик отложений саргаевской свиты в пространстве претерпевает закономерные изменения.

По направлению с севера на юг уменьшается роль известняков и соответственно увеличивается значение мергелей, т. е. происходит снижение карбонатности и увеличение глинистости. Битуминозность у пород в этом направлении, как правило, увеличивается. По направлению же с востока на запад заметно увеличивается роль аргиллитов и уменьшается битуминозность.

4. Мощность саргаевской свиты колеблется от 4 до 92 м. Наибольших значений она достигает на юге Татарии в районе пос. Шугурово, в районе дд. Камское Устье и Верхний Услон и у южной границы Татарии (д. Боровка, Куйбышевской области). Уменьшение мощности свиты происходит преимущественно за счет сокращения верхней части саргаевских отложений. Изменения мощности связаны в основном с неровностями дна бассейна и тектоническими колебаниями кристаллического фундамента.

Среди отложений саргаевской свиты известняки пользуются широким и повсеместным распространением, особенно в северной, северо-восточной частях Татарской республики и у северной границы ее (дд. Р. Шубер, Лебедовка, Покровская, Голюшурма, Буравово Удмуртской АССР). Саргаевские отложения здесь представлены почти полностью известняками. По направлению к югу роль

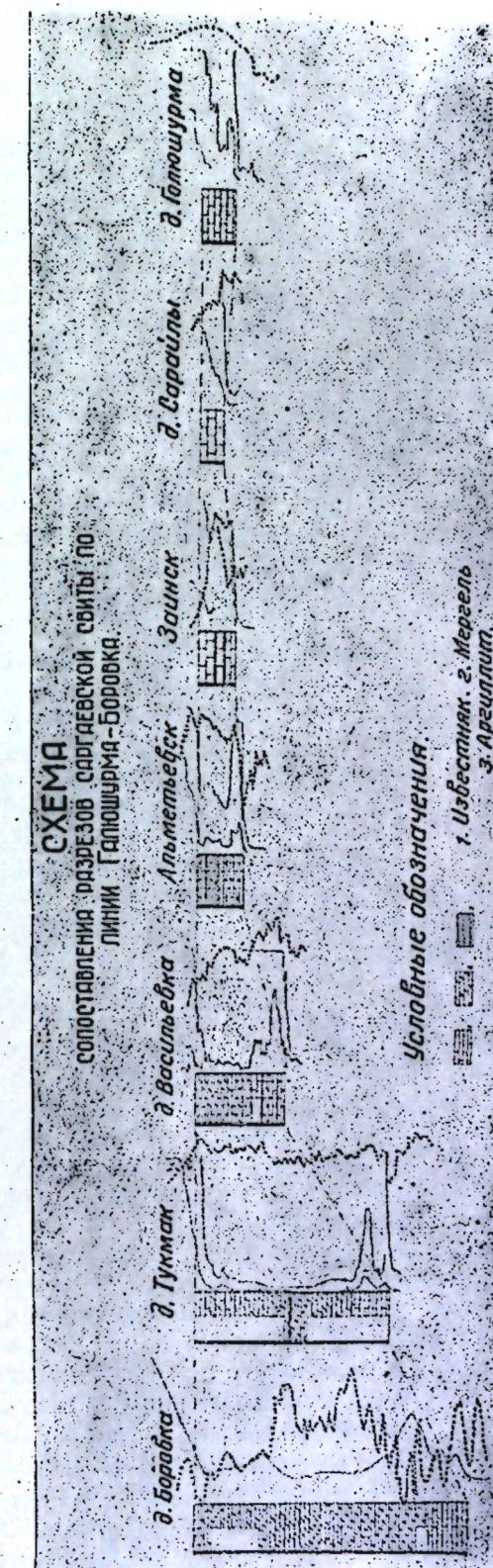


Рис. 2.

их снижается. Известняки по внешнему виду серые, иногда с зеленоватым оттенком, темносерые, в некоторых случаях почти черные, битуминозные, в различной степени перекристаллизованные, большей частью глинистые, плотные, местами вертикально трещиноватые. Нередко они содержат стяжения пирита и выделения окристаллизованного кальцита, которые местами выполняют трещины породы. В них часто отмечаются остатки фауны. Иногда последние образуют значительные скопления. Известняки в этом случае принимают органогенный характер. Местами известняки носят брекчевидный облик, в частности, в основании саргаевской свиты у д. Заинск, Абди, Уркуш и др. и в кровле ее (у д. Покровское). В этом случае на темносером фоне породы отмечаются участки светлосерого известняка, напоминающего по форме обломки. Для них характерным является неровная бугристая линия плоскостей наслоения и многочисленные глинистые промазки по последним.

По структурным признакам среди известняков выделяются две разности: 1) зернистые и 2) органогенные. Первые из них имеют преимущественное развитие. Среди зернистых известняков по величине зерен обособляются: а) пелитоморфозернистые, б) тонкозернистые, в) мелкозернистые и г) среднезернистые.

Известняки в пелитоморфных разностях слагаются зернами кальцита величиной преимущественно меньше 0,005 мм, в тонкозернистых — от 0,005 мм до 0,01 мм, в мелкозернистых — от 0,01 до 0,03 мм. В неравномернозернистых известняках размер зерен варьирует в широких пределах — от пелитоморфных зерен до 0,7 мм. Преимущественным развитием в саргаевской свите пользуются тонкозернистые и мелкозернистые разности известняков. Структурные различия зернистых известняков обусловлены, главным образом, неравномерной степенью их перекристаллизации. Зерна кальцита обладают большей частью неправильно изометрической формой. В более крупных его зернах нередко констатируются включения пелитоморфных зерен первичного кальцита. Последнее свидетельствует о неполной перекристаллизации породы. Процессом перекристаллизации в известняках также сильно затронуты остатки фауны. Стенки раковин большей частью полностью перекристаллизованы в мелкозернистый и среднезернистый агрегат кальцита. Лишь в некоторых случаях остатки раковин сохраняют первичную волокнистую структуру. Как правило, к основной карбонатной массе породы примешан коллоидальный глинистый материал. Он обычно констатируется вокруг зерен кальцита. Часто известняки содержат буровато-коричневое битуминозное вещество. Последнее в смеси с глинистым и нередко пелитоморфным карбонатным материалом концентрируется, главным образом, в сильно перекристаллизованных участках породы, вокруг более крупных зерен кальцита, в промежутках между ними и по плоскостям наслоения. Нередко битумный материал образует густки и разводы. По всей вероятности, при процессе перекристаллизации происходило оттеснение глинистого и битуминозного материала растущими зернами кальцита. Наряду с этим в наиболее крупных зернах кальцита иногда отмечаются включения битумного вещества. Это объясняется, по-видимому, захватом его при росте зерен в процессе перекристаллизации породы. Все эти факты свидетельствуют о том, что явления перекристаллизации в известняках протекали, в какой-то части, значительно позднее процессов битумизации их. Нередко в известняках отмечаются выделения глауконита, приуроченные большей частью к нижней и верхней частям свиты (д. Шубер, Лебедовка, Покровское, Бехтерево, Байгулово, Уркуш, Уразбахилю, Салейкино). На наличие выделений глауконита в известняках саргаевской

свиты автором указывалось еще в 1951 г. Весьма часто присутствуют стяжения пирита неправильной или сферической формы величиной от 0,01 до 0,07 мм. Приурочены они главным образом к остаткам фауны, к местам скопления битумного материала и к наиболее перекристаллизованным участкам породы, реже выделения его отмечаются по трещинам породы.

Органогенные известняки встречаются в виде отдельных прослоев. От рассмотренных разностей известняков они отличаются содержанием большого количества остатков фауны.

Под микроскопом эти известняки обладают органогенной структурой, участками мелкозернистой, с размером зерен 0,02—0,05 мм. Остатки фауны в них составляют около 50—60% к массе породы и часто являются полностью перекристаллизованными в мелкозернистый агрегат кальцита. Погружены они в пелитоморфную массу,ложенную в основном кальцитом с размером зерен меньше 0,005 мм. Благодаря послойному расположению остатков фауны слоистая структура у известняков становится более отчетливой.

Среди известняков выделяются также следующие разности:

1) известняки с содержанием глинистого и органического материала до 5%;

2) известняки глинистые с содержанием глинистого материала больше 5%, а органического до 5%;

3) известняки сапропелевые с содержанием органического вещества больше 5%.

Из данных таблиц 1 и 2 видно, что среди известняков саргаевской свиты преобладают глинистые разности. Содержание обломочного материала (с размером зерен больше 0,01 мм) в известняках незначительное и обычно не превышает 2,2%. Представлен он почти полностью зернами кварца с весьма незначительной примесью других минералов (циркона, турмалина, рутила, антаза и др.). Иногда известняки являются сапропелевыми (табл. 1), органическое вещество в них составляет местами 6,13—8,63%.

Данные анализов (табл. 3) позволяют также выделить: а) известняки чистые — в которых содержание молекулы доломита составляет до 5%; б) известняки доломитистые — в них содержание молекулы доломита составляет от 9,7 до 17,2% и в) известняки доломитовые, в которых содержание молекулы доломита достигает 39,6%. Наиболее широким распространением в саргаевской свите пользуются чистые разности известняков.

Мергели в саргаевской свите, как и известняки, пользуются широким развитием и, как правило, переслаиваются с последними. Они имеют преимущественно серый, темносерый, иногда почти черный цвет, в некоторых случаях обладают зеленоватым оттенком. Мергели большей частью являются тонкослоистыми и нередко битуминозными. Местами они окремнелые. По плоскостям наслоения в них наблюдаются остатки фауны (большей частью пелеципод) и обугленные растительные остатки.

Под микроскопом мергели характеризуются пелитоморфозернистой, местами мелкозернистой структурой. Основная масса породы в них представляет тесную смесь карбонатного, глинистого и органического вещества. Размер карбонатных зерен преимущественно меньше 0,01 мм, реже они в процессе перекристаллизации породы достигают 0,12 мм. В более крупных зернах нередко содержатся реликты первичных пелитоморфных карбонатных зерен. Глинистый материал в мергелях присутствует в виде дисперсноколлоидальной массы. Местами он в той или иной степени раскристаллизован в тонкочешуйчатый агрегат. Чешуйки глинистых минералов нередко имеют параллельную ориентировку относительно плоскостей наслоения

Таблица 1

Номер последовательности	Местоположение	Краткая характеристика пород		Содержание в %					
		Известняк глинистый, сапропелевый	Известник глинистый	Известник глинистый	Известник глинистый	Известник глинистый	Известник глинистый	Известник глинистый	Известник глинистый
1	пос. Шугуро	575	Известняк глинистый, сапропелевый	81,86	—	6,13	11,06	0,59	0,36
2		585	Известник глинистый	79,62	—	2,31	17,88	0,18	0,01
3	д. Аксубаево	50		88,04	—	11,28	—	0,58	0,01
4		62		81,66	—	—	17,85	0,35	0,14
5	д. Камское Устье	36		75,92	—	—	24,01	0,07	—
6	д. Верхний Услон	29		88,70	—	—	11,22	0,07	0,01
7	"	33	Известник	93,84	—	—	5,53	0,63	—
8	д. Бураново	28	Известник глинистый	82,68	15,95	1,37	—	—	—
9		29		83,72	—	0,63	15,45	0,20	0,00
10		30	Известник сапропелевый	76,67	14,70	8,63	—	—	—
11		33	Известник глинистый	77,12	—	1,66	18,44	1,68	1,10
12	д. Боровка	39		81,30	—	—	16,90	1,80	—
13		50а		86,70	—	—	12,60	0,70	—
14		51		85,20	—	—	—	14,50	0,30

Таблица 2

Номер последовательности	Местоположение	Краткая характеристика пород		Содержание фракций размером в мм, в %					
		Известник глинистый	Известник глинистый	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,05	0,01
1	пос. Шугуро	575	Известник глинистый	26,0	0,00	0,36	0,02	0,57	25,05
2	д. Аксубаево	585	Известник глинистый	20,76	0,00	0,01	0,03	0,15	20,57
3	д. Камское Устье	50		11,96	0,01	0,09	0,34	0,24	11,28
4	д. Верхний Услон	63		18,24	0,02	0,12	0,25	0,10	17,75
5	д. Бураново	36		24,08	0,00	0,00	0,01	0,06	24,01
6		29	Известник слабо глинистый	11,30	0,00	0,01	0,03	0,04	11,22
7		33	Известник доломитистый, глинистый	6,16	0,00	0,00	0,12	0,30	5,74
8	д. Тукмак	33	Известник доломитистый, глинистый.	16,28	0,00	0,00	0,03	0,17	16,08
9		181	Известник доломитистый, глинистый.	24,88	0,90	0,20	1,41	0,27	22,10
10		185		17,79	0,00	0,15	0,24	0,89	16,51
11	д. Боровка	187		18,60	0,10	0,10	0,20	0,28	17,92
12	д. Зай-Каратай	39	Известник глинистый	26,93	0,04	0,60	0,64	0,84	24,81
13		50а		13,25	0,00	0,00	0,05	0,60	12,60
14		51		14,56	0,00	0,00	0,03	0,30	14,23
15		11а		18,84	0,00	0,00	0,10	0,57	18,17
16		12	Известник	9,82	0,00	0,28	0,34	1,54	7,66

Таблица 3

Местоположение	№ определения	Краткая характеристика пород										Пересчет в % на сухую породу
		CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaCO ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaMg(CO ₃) ₂	
1 д. Светлое Озеро	3 Известняк слабо глинистый	0,40	13,80	—	0,64	46,88	0,53	—	36,69	82,34	2,42	Баринин Буме 105° С
2 г. Альметьевск	55 Известняк	0,27	4,59	—	1,05	49,56	0,70	3,38	39,25	86,71	3,20	Борисовка 105° С
3	59 "	0,10	4,63	—	1,29	52,02	0,00	—	40,85	—	—	Борисовка 105° С
4	61 "	0,23	3,81	—	1,52	53,02	0,00	—	40,83	—	—	Борисовка 105° С
5	65 Известняк доломитовый	0,40	2,29	—	0,65	6,58	39,79	8,66	—	41,59	49,62	39,60
6	66 Известняк слабо глинистый	0,20	7,36	—	0,68	51,28	0,00	—	40,31	—	—	Борисовка 105° С
7 д. Васильевка	80 Известняк слабо глинистый	0,56	17,15	—	2,46	42,73	0,95	0,29	36,10	73,9	4,34	Борисовка 105° С
8	92 Известняк слабо глинистый	0,30	9,92	—	1,59	47,92	0,62	0,78	39,45	83,99	2,84	Борисовка 105° С
9	98 Известняк глинистый	0,48	14,43	—	2,09	44,67	0,31	1,39	36,64	78,95	1,42	Борисовка 105° С
10	100 Известняк слабо глинистый	0,42	9,56	—	2,39	48,71	0,36	—	38,38	86,03	1,65	Борисовка 105° С
11	103 Известняк слабо глинистый	0,13	5,10	—	0,73	52,80	0,00	—	40,83	—	—	Борисовка 105° С
12 пос. Шугурово	575 Известняк глинисто-сапропелевый	0,64	—	9,23	2,76	1,67	44,93	0,89	1,70	39,04	77,78	4,08
13	585 Известняк глинистый	—	17,08	—	3,62	44,73	0,00	—	—	79,62	0,00	Борисовка 105° С
14 д. Бураново	29 Известняк доломитистый, глинистый	0,66	17,34	—	0,94	43,60	2,38	—	—	71,90	1,88	Борисовка 105° С
15	30 Известник глинистый	0,10	14,70	—	1,02	44,83	0,53	—	36,95	79,34	2,42	Борисовка 105° С

породы. В этих случаях карбонатный материал (кальцит и доломит) в мергелях также является перекристаллизованным в более крупнозернистый агрегат с размером зерен до 0,12 мм, нередко имеющих форму ромбоэдров. Битуминозное вещество равномерно пропитывает породу, иногда оно концентрируется по плоскостям наслоения, местами образует густки. В мергелях содержатся единичные зерна кварца, циркона, турмалина, антаза и др. размером до 0,04 мм и многочисленные мелкие стяжения пирита величиной от 0,01 до 0,1 мм. Более мелкие агрегаты (меньше 0,02 мм) часто обладают сферической формой и нередко кумулируются в цепочки. Пирит приурочен в основном к наиболее сильно перекристаллизованным участкам, к скоплениям органического вещества, остаткам фауны, нередко образуя по ним псевдоморфозы. В ряде случаев в мергелях отмечаются скопления халцедона, опала, частично раскристаллизованных до мелкозернистого кварца. В средней части свиты (у д. Тукмак) автором были встречены стяжения ангидрита размером 0,08 × 0,4 мм. Прослоями в мергелях содержатся значительные скопления фауны. Раковины нередко ориентированы длинными осьми вдоль плоскостей наслоения. Они обычно перекристаллизованы в зернистый агрегат, но иногда сохраняют первичную волокнистую структуру. Довольно большим развитием в саргаевской свите пользуются мергели глинистые и сапропелевые (табл. 4, 5). Количество органического вещества в сапропелевых мергелях не менее 5% и не превышает 12,7%. Эти мергели преимущественным развитием пользуются на юго-востоке Татарии. В составе терригенного материала их основное значение принадлежит глинистой фракции (табл. 5), песчаные же и алевритовые частицы составляют обычно доли процента.

Из данных химических анализов (табл. 6) видно, что в составе карбонатной части мергелей обычно преобладает кальцит. В связи с этим следует считать, что среди мергелей саргаевской свиты преобладающим развитием пользуются мергели известковые. Значительно меньшее распространение имеют мергели доломитисто-известковые, доломитово-известковые, известковисто-доломитовые и известково-доломитовые.

Повышенное содержание SO₃ в мергелях (от 1,26 до 5,11%) связано с присутствием в них пирита.

Аргиллиты в саргаевской свите имеют незначительное развитие. Приурочены они в виде тонких прослоев в основном к нижней части разреза ее. По внешнему виду аргиллиты зеленовато-серые, темносерые, красновато-коричневые, местами пятнистые. Они обычно тонкодисперсные, слоистые, местами комковатые. В зеленовато-серых разностях их иногда содержатся линзовидные стяжения сидерита (г. Альметьевск). По плоскостям наслоения местами отмечаются остатки фауны (д. Аксубаево).

Под микроскопом аргиллиты характеризуются тонкочешуйчатой структурой. Пелитовая фракция в них слагается тонкочешуйчатым агрегатом глинистых минералов спутанночешуйчатого сложения с реликтами гелевидной глинистой массы. Для определения минералогического состава основной глинистой массы рассматриваемые аргиллиты подвергались термическому анализу¹. Полученная термограмма изображена на рис. 3. Как видно, для саргаевских аргиллитов характерны три эндотермических реакции при температурах: 108—148; 530—587; 915—935. Эти данные, в совокупности с последующими химико-минералогическими исследованиями [4, 5] и данными рентгеноструктурного анализа, показали, что основным

¹ Термический анализ и расшифровка его произведены Ю. В. Сементовским.

Таблица 4

Номер	Номер	Номер	Краткая характеристика пород			Содержание в %
			Местоположение	Местоположение	Местоположение	
пос. Шугурово						
1	568	Мергель глинистый окремицелль	36,68	5,08	48,70	1,93
2	571	Мергель глинистый, сапропелевый	72,15	0,58	26,65	0,59
3	573	Мергель сапропелевый	32,02	12,19	53,02	2,04
4	574	"	35,74	12,19	34,42	13,81
5	578	Мергель глинистый, сапропелевый	47,52	12,70	39,52	0,23
6	579	"	34,87	9,57	55,13	0,41
7	581	Мергель глинистый, сапропелевый	47,01	2,81	49,71	0,28
8	583	"	30,73	7,62	61,36	0,27
9	586	Мергель глинистый, сапропелевый	35,26	60,11	1,72	2,91
10	588	"	54,39	11,49	33,98	0,16
11	589	Мергель глинистый	32,43	6,49	60,63	0,43
12	27	"	27,75	2,53	69,47	0,22
13	39	Мергель глинистый	64,06	35,60	—	0,25
14	41	"	32,44	67,19	—	0,28
15	49	Мергель глинистый	53,66	46,29	—	0,05
16	64	"	29,51	8,78	61,28	0,32
17	35	Мергель глинистый, сапропелевый	29,76	69,99	—	0,14
18	38	"	55,77	10,69	33,35	0,18
19	39	Мергель сапропелевый	54,33	44,95	—	0,71
20	40	Мергель глинистый	30,80	—	68,60	0,60
21	41	"	30,60	—	68,10	1,30
22	44	"	47,30	—	52,00	0,70
23	46	"	33,40	—	64,40	2,20
24	47	"	45,20	—	53,60	0,60
25	49	Мергель	72,60	—	27,20	—

Таблица 5

Номер	Номер	Номер	Краткая характеристика пород			Содержание фракций в мм, в % к породе
			Местоположение	Местоположение	Местоположение	
пос. Шугурово						
1	568	Мергель глинистый окремицелль	38,78	0,04	0,04	0,94
2	571	Мергель глинистый, сапропелевый	62,10	4,44	3,17	1,04
3	573	"	27,85	0,00	0,03	52,56
4	574	Мергель глинистый, сапропелевый	63,16	0,00	0,73	27,23
5	578	"	62,95	0,08	3,76	60,39
6	579	Мергель глинистый, сапропелевый	50,97	0,00	0,03	45,30
7	581	"	65,39	0,01	0,05	64,96
8	583	Мергель глинистый, сапропелевый	51,1	0,00	0,01	50,66
9	586	"	61,88	0,09	0,01	66,59
10	588	Мергель глинистый, сапропелевый	64,74	0,00	2,91	60,11
11	27	"	44,31	0,01	0,03	44,12
12	39	Мергель глинистый	68,4	0,02	0,01	67,96
13	41	"	69,58	0,00	0,03	69,33
14	49	"	35,94	0,02	0,07	35,70
15	54	Мергель глинистый	67,56	0,02	0,07	67,16
16	180	"	48,34	0,01	0,03	46,25
17	182	Мергель глинистый, сапропелевый	68,35	0,00	0,01	68,02
18	184	"	67,55	0,03	0,08	67,30
19	186	Мергель глинистый	43,94	0,05	0,07	43,65
20	194	"	38,57	0,01	0,12	37,84
21	31	Мергель глинистый	65,54	0,02	2,31	55,37
22	32	"	56,14	0,06	3,05	46,25
23	33	Мергель глинистый	58,67	0,00	0,85	51,74
24	34	"	61,08	0,08	2,47	52,00
25	35	Мергель глинистый	70,78	0,06	1,87	64,4
26	36	"	66,57	0,00	0,60	72,60
27	37	Мергель глинистый	69,30	0,00	0,01	68,60
28	38	"	69,44	0,00	0,04	68,10
29	39	Мергель глинистый	52,72	0,00	0,02	64,4
30	40	"	66,58	0,00	0,04	53,60
31	41	Мергель глинистый	54,26	0,00	0,12	37,39
32	42	"	39,66	0,00	0,04	68,00
33	43	Мергель глинистый	68,70	0,00	0,66	—

Таблица 6

Номер	Местоположение	Краткая характеристика пород	Пересчет в % на сухую породу						
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	105° С нормальная темп. изменения минералов
1	д. Светлое Озеро	1 Мергель известковый 2	0,31 31,74 — 0,36 37,68 0,23 — 29,30 66,66 1,97						
2			0,56 59,70 — 0,48 15,83 0,20 — 23,47 27,75 0,91						
3			0,70 44,40 — 1,25 24,50 0,67 — 28,48 42,60 3,00						
4	г. Альметьевск	51	0,88 44,47 — 3,68 23,11 0,06 5,11 23,23 41,09 0,27						
5			1,14 52,78 — 4,71 14,32 0,35 2,59 25,21 24,68 1,60						
6	д. Васильевка	58	1,32 58,06 — 6,47 0,00 13,20 1,84 2,55 17,22 18,99 8,40						
7	д. Тукмак	89	1,32 58,06 — 36,41 15,12 7,25 13,15 5,51 1,91 17,65 9,80 25,10						
8			2,04 55,58 — 6,34 14,34 1,05 1,76 17,20 26,37 4,80						
9			1,54 — 35,14 13,60 7,06 17,11 4,39 2,93 18,41 19,65 20,06						
10			1,21 — 26,86 10,46 7,66 17,00 7,48 1,66 24,39 11,78 34,21						
11			1,91 — 42,50 17,70 5,86 10,15 3,01 2,52 13,89 13,93 13,76						
12	д. Верхний Устюн	36	0,71 — 15,19 5,86 3,57 37,61 1,31 — 35,39 67,12 5,99						
13	пос. Шугурово	589	1,62 — 33,85 14,51 5,18 19,64 1,17 1,26 22,86 28,87 3,56						

глинистым минералом саргаевских аргиллитов являются гидрослюды. Иногда в аргиллитах до 20% составляет кальцит в виде рассеянных пылеватых зерен (аргиллиты известковистые). Местами существенной составной частью аргиллитов является сидерит в виде пелитоморфных зерен размером 0,01 мм и меньше. Иногда зерна сидерита концентрируются в агрегаты. Почти всегда к основной глинистой

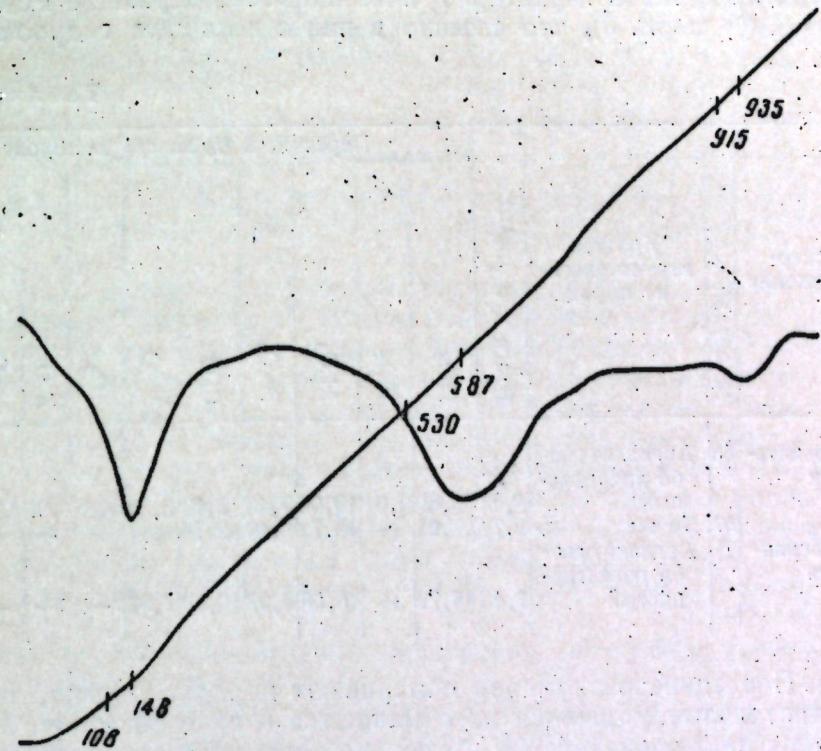


Рис. 3.

массе аргиллитов примешан кластический материал. Содержание его колеблется от долей процента до 12,08% (табл. 7). Он представлен почти полностью полуокатанными зернами кварца и единичными зернами тяжелых минералов (циркона, турмалина и др.). Содержание

Таблица 7

№ п/п	Местоположение	Краткая характеристика пород	Содержание фракций в мм, в %				
			% нерастворимого остатка	0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01
1	д. Аксубаево	38 Аргиллит	78,04	0,1	0,17	0,20	0,12
2	г. Альметьевск	55 Аргиллит 57 Аргиллит слабо алевритовый...	79,55 87,22	0,01 0,00	0,05 0,00	0,12 1,76	0,40 10,32

глинистых частиц (меньше 0,01 мм) в аргиллитах превышает 77%. В некоторых случаях в них отмечаются мелкие стяжения пирита.

Для химического состава аргиллитов саргаевской свиты (табл. 8) характерным является несколько повышенное содержание Al_2O_3 от 18,6 до 19,0% и щелочных окислов K_2O и Na_2O , которые в сумме (в среднем) составляют 5,2%.

Особо следует обратить внимание на аргиллиты красновато-коричневые, местами пятнистые, имеющие свойство при разломе легко распадаться на остроугольные кусочки (у г. Альметьевска). Для этих аргиллитов характерно повышенное содержание Fe_2O_3 от 7,48 до 9,4% (табл. 8), что связано в них с наличием гидроокислов

Таблица 8

№ п/п	Местоположение	№ образца	Краткая характеристика пород	Пересчет в % на сухую породу										
				Влаги при 105° С	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	потеря при прокаливании выше 105° С
1	г. Альметьевск	56	Аргиллит слабо алевритовый	3,04	58,69	0,97	19,06	7,48	1,67	2,29	0,08	3,97	1,23	4,62
2	д. Васильевка	57	То же	1,78	57,98	—	18,72	9,40	2,74	1,17	—	—	—	—
		81	Аргиллит слабо известковистый	1,40	45,72	—	18,58	4,97	10,34	1,67	—	—	—	—

железа. Последние равномерно обхиваются породу. Однако, наиболее значительные скопления их отмечаются в виде разводов. Малая же потеря при прокаливании в основном объясняется отсутствием в них органического вещества и весьма небольшим содержанием карбонатов.

Горючие сланцы в саргаевской свите были встречены в виде единичных маломощных прослоев на различных уровнях толщи: у пос. Шугурово, Аксубаево, Чегодайка, Васильевка, Мордовский Акташ, Дербедень, Новая Елань и других местах. По внешнему виду они темносерые, почти черные, тонкослоистые. В сложении их принимают участие карбонатный, глинистый материал и органическое вещество. Минеральные компоненты, нерастворимые в 10% HCl , в горючих сланцах составляют от 51,83 до 76,8% (табл. 9). Содержание карбонатного материала в горючих сланцах колеблется

Таблица 9

№ п/п	Местоположение	№ образца	Краткая характеристика пород	Содержание в %					
				карбонатный материал	минеральный нерастворимый остаток	органическое вещество	глинистое вещество	алевритовые фракции	песчаные фракции
1	д. Аксубаево	57	Горючий сланец	20,20	—	16,37	59,78	0,56	0,09
2		60		33,97	—	24,58	40,98	0,46	0,01
3		65		21,54	51,83	26,63	—	—	—

от 21,54 до 37,97%, а органического вещества от 16,37 до 26,6%. Кластический материал (табл. 10) в них представлен зернами кварца с ничтожной примесью других минералов и составляет доли процента.

Таблица 10

№ п/п	Местоположение	№ образца	Краткая характеристика породы	% нерастворимого остатка	Содержание фракций в мм, в % к породе					
					0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	< 0,01	
1	д. Аксубаево	57	Горючий сланец	76,8	0,03	0,06	0,20	0,36	76,15	
2		60	Горючий сланец	66,03	0,00	0,01	0,16	0,30	65,56	

С целью уточнения минералогического состава песчано-алевритовых фракций в породах саргаевских отложений образцы их подвергались седиментационному анализу. Фракции (размером 0,25—0,01 мм), выделенные из пород этих образований, разделялись в жидкости Туле (с удельным весом 2,9) на тяжелые и легкие минералы, которые изучались в иммерсионной жидкости под микроскопом.

В результате минералогического анализа выяснилось, что содержание тяжелых минералов во фракциях 0,25—0,01 мм колеблется от 0,05 до 93,7% (табл. 11). В среднем же выход тяжелых минералов составляет 3,35%, из них на долю терригенных минералов приходится в среднем 0,16%, пирита — 3,37%, гидрогемита, барита, целестина — 0,02%.

Среди тяжелых терригенных минералов по степени распространенности нами установлены:

а) ведущие минералы с содержанием больше 10%, как, например, черные рудные минералы (в основном магнетит), содержание которых колеблется от 6,45 до 98,3% (33,8%)¹, группа минералов эпидот-циозита — от 0,41 до 48,3% (17,36%), циркон — от 0,62 до 38,7% (12,44%), анатаз — от 0,1 до 81,68% (11,1%);

б) второстепенные минералы, с содержанием от 1,0 до 10%. К ним принадлежат: гранат, содержание которого колеблется от 0,2 до 11,06% (2,96%), рутил — от 0,4 до 6,45% (1,67%), измененные титано-содержащие — от 1,32 до 15,81% (1,88%), зеленая роговая обманка — от 0,82 до 22,35% (6,46%), турмалин — от 0,41 до 23,17% (4,81%), корунд — от 0,4 до 16,8% (2,63%) и какие-то выветрелые, точнее не определенные минералы — от 0,2 до 6,7% (1,8%);

в) акцессорные минералы, с содержанием < 1,0%. К ним относятся: титанит, брукит, никотит, хлорит, хлоритоид, биотит, мусковит, ставролит, актинолит, арфведсонит, андалузит, дистен, апатит.

Среди терригенных минералов легких фракций к ведущим относятся: кварц, содержание которого колеблется от 1,05 до 92,1% (19,63%) и выветрелые, точнее не определенные минералы — от 4,46 до 98,75% (73,36%); к второстепенным принадлежат полевые шпаты — от 0,17 до 74,8% (5,86%), кремень — от 0,18 до 14,51% (1,05%).

Из приведенных данных можно подчеркнуть следующее:

а) в составе песчано-алевритовых фракций пород саргаевских отложений обнаружен 31 минерал;

б) тяжелые фракции в основном представлены черными рудными минералами, цирконом, группой эпидот-циозита и пиритом. Легкие

¹ В скобках дано среднее содержание минералов.

же фракции слагаются кварцем, какими-то сильно измененными минералами, точнее не определимыми, и зернами пород.

Диагенетические минералы тяжелых фракций приурочены в основном к определенным типам пород. Так, например, повышенное содержание пирита характерно для известняков и мергелей. Для известняков, мергелей и горючих сланцев характерным также является наличие барита и целестина.

Качественный состав терригенных минералов из пород саргаевской свиты близок к составу терригенных минералов из кыновских отложений [6], но отличается от них рядом особенностей:

а) меньшим выходом тяжелых терригенных минералов из песчано-алевритовых фракций;

б) повышенной концентрацией черных рудных минералов, эпидот-цизита, корунда, зеленой роговой обманки;

в) уменьшением роли циркона, анатаза и турмалина.

При сравнении легких фракций из пород саргаевской свиты и кыновских отложений, в первых подмечается уменьшение роли кварца и увеличение содержания выветрелых минералов.

В саргаевское время осадконакопление происходило в условиях мелководного, эпиконтинентального, открытого моря с нормальной соленостью вод. Береговая линия его находилась от изученной территории на довольно большом расстоянии. Об этом свидетельствует незначительное развитие терригенных пород в саргаевской свите и малое количество терригенных компонентов в составе растворимых остатков из карбонатных пород. Эти факты указывают на небольшой привнос кластического материала в саргаевский водоем. Условия осадконакопления в саргаевское время в пределах территории востока Татарии и прилегающих районов как во времени, так и в пространстве были неодинаковыми.

Распределение саргаевских осадков на территории востока Татарии показывает, что этот участок земной коры испытывал за время общего погружения дна бассейна (увеличивающегося к югу) мелкие, кратковременные поднятия местности, преимущественно охватывавшие северную и северо-западную часть Татарии. В связи с этим создавались неодинаковые условия осадконакопления, приводившие в различных участках зоны щельфа к образованию разных типов пород.

Так, в пределах юго-востока Татарии (в районах д. Тукмак, пос. Шугурово, дд. Алтунино, Ерыкли) и у южной границы ее (у д. Боровка, Куйбышевской области) саргаевские осадки отлагались, по всей вероятности, в условиях довольно глубоких западин. Одновременно с накоплением известкового ила сюда усиленно поступал глинистый и органический материал, что обусловило образование мергелей, глинистых известняков, носящих обычно битуминозный характер. В придонной части этих западин движение вод, вероятно, было замедленным и испытывался недостаток в кислороде. Об этом свидетельствуют многочисленные выделения в основном син-, диагенетического пирита, большей частью в виде мелких (0,01 мм), округлых стяжений. Битуминозность пород, выделения пирита свидетельствуют о восстановительных условиях, существовавших в саргаевское время. В западинах имели место даже элементы засолонения вод. Об этом свидетельствуют выделения ангидрита, отмеченные нами в мергелях в средней части саргаевской свиты (у д. Тукмак).

В более северных районах востока Татарии, в нижней части саргаевской свиты условия осадконакопления были неустойчивыми. Они имеют характерные черты перехода между терригенной формацией кыновской и карбонатной формацией саргаевской свиты. Об этом свидетельствуют прослои среди карбонатных пород в нижней части

Содержание тяжелых тер-

измен- ные	тер-			
	никотин	турмалин	хлорит	
19	20	21	22	
		—	—	—
		—	2,86	—
		—	4,22	—
		—	3,80	—
		—	0,79	—
		—	1,96	—
		—	1,59	—
		—	1,32	—
		—	3,50	—
		—	12,90	—
	1,30	4,00	0,76	
	0,30	5,60	—	
	—	0,70	—	
	0,90	1,80	—	
	1,70	6,70	—	
	—	10,20	—	
	—	0,80	—	
1	4,32	—	4,32	
2	4,49	0,63	6,41	
2	5,21	—	4,16	
2	3,34	—	3,34	
2	1,32	0,66	7,23	
2	3,50	0,87	7,01	
2	6,05	—	0,92	
2	2,50	0,62	6,87	
2	1,36	0,68	8,91	
2	4,52	—	0,41	
2	2,20	0,74	8,81	
3	4,85	0,69	4,17	
3	15,81	1,05	23,17	
	1,88	0,35	4,81	0,0

же фр
минера
Диа
новном
содер
вестия
наличи
Кач
ской с
отложе
а) м
алеври
б) г
цоизит
в) з
При
кыновс
кварца
В с
мелков
солено
ритори
вует в
свите
раство
на нес
доем.
террит
так и
Рас
рии по
общег
кратко
шие с
давали
в разл
пород.
Так
Шугур
ровка,
всей в
менно
нисты
гелей,
тер. В
замед
свидет
нетиче
округл
тельст
гаевск
вод.
нами
В
гаевск
имеют
кынов
детели

саргаевской свиты зеленовато-серых, сидеритовых, тонкослоистых аргиллитов, выше которых залегают аргиллиты красновато-коричневые, прослоями пятнистые, комковатые, обожренные (г. Альметьевск, д. Акташ и др.). Последние, по всей вероятности в результате местных кратковременных поднятий дна бассейна, были выведены близко к дневной поверхности. О мелководных условиях, а возможно местами и о внутриформационном размыве осадков саргаевских отложений может свидетельствовать брекчиеобразный характер пород и неровная бугристая поверхность наслойения их в нижней части саргаевской свиты (у дд. Сарайлы, Абди, Кабык-Купер, Уркуш и др.). Во второй половине саргаевского времени на севере Татарии (дд. Сарайлы, Заинск, г. Елабуга, дд. Бехтерево, Р. Шубер, Покровское и др.) осадконакопление происходило в условиях открытого бассейна с нормальной соленостью вод и газового режима. В этот период отлагались преимущественно известняки.

Неодинаковые условия осадконакопления в саргаевское время находят свое отражение также в довольно быстром изменении в пространстве комплекса фауны в связи с меняющимся режимом вод в саргаевском водоеме. Так, например, Г. П. Батановой [2] указывается, что на площади Шугуровского участка в большом количестве встречается такая фауна как лингулы, птерохени и птероподы. Своебразие состава придонной фауны (беззамковых форм) саргаевского времени (*Lingulipora*, *Pterochaenia*, *Buchiola*) объясняется, по-видимому, обособленностью этого участка (в виде западин), где движение вод было замедлено и нарушен газовый режим. В районе г. Альметьевск, д. Акташ и на северо-западе Татарии во второй половине саргаевского времени существовала более нормальная обстановка открытого мелководного бассейна, на что указывают типично морские формы — *Ladogia stimensis* Mark., *Hipothridina calva* Mark., *Anatypa cf. timanica* Mark., *Timanites acutus* Keys. и др.

Итак, неоднократно проявлявшиеся тектонические движения накладывали отпечаток на рельеф дна и обуславливали неодинаковую обстановку осадконакопления в различных участках мелководного бассейна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батанова Г. П. Стратиграфия франских отложений Татарской АССР. ДАН СССР, т. 89, № 1, 1953.
2. Батанова Г. П. К экологии фауны девонского моря востока Русской платформы. Изв. КФАН СССР, серия геологич., в. 4, 1957.
3. Герасимова Е. Т. О некоторых литологических особенностях карбонатной формации верхнего девона востока Татарии. ДАН СССР, т. 105, № 1, 1955.
4. Кирсанов Н. В. О составе и характере аргиллитов франского яруса в Татарии. ДАН СССР, т. 102, № 3, 1955.
5. Кирсанов Н. В. О минералогическом составе девонских аргиллитов на востоке Татарии. Изв. КФАН СССР, серия геологич., в. 4, 1957.
6. Логинова В. Н. Литология кыновской свиты востока Татарии и некоторых прилегающих к ней районов. Изв. КФАН СССР, серия геологич., в. 4, 1957.

E. T. Герасимова

К ФАЦИАЛЬНО-ЛИТОЛОГИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ
СРЕДНЕФРАНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОКА ТАТАРИИ
И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Терригенные нефтеносные образования верхнего девона в районе Второго Баку покрываются карбонатным комплексом пород, которые объединяются по литолого-фацальным особенностям от нижнефранских (саргаевская свита) вплоть до фаменских отложений в карбонатную формацию.

Особого внимания в карбонатной формации заслуживают среднефранские (доманиковая, мендымская свиты) глинисто-карбонатные отложения доманиковой фации. Последняя наиболее характерно выражена в доманиковой свите, специальным литологическим изучением которой в течение последних лет занималась Т. Е. Данилова [8]. Ею обобщены в основном материалы по южным (с. Бавлы, д. Крым-Сарай, пос. Шугурово, д. Черемшан, с. Аксубаево) и западным (пос. Камское Устье, с. Верхний Услон) районам Татарии. Указанные данные, а также работы Н. М. Страхова [14, 15], В. И. Троепольского [16], С. С. Эллерна, Е. Е. Иванова [17] использованы автором при описании литологических и фацальных особенностей среднефранских напластований более широкого региона, охватывающего, наряду с отмеченными районами, весь восток Татарии и прилегающие территории Удмуртии, Кировской области, Чувашии.

Доманиковые отложения, залегающие местами, например, около д. Соболеково со следами размыва (прослой сапропелево-карбонатной брекции) на породах саргаевской свиты [5], слагаются своеобразной толщей известняков, мергелей, реже горючих сланцев, аргиллитов, брекций. Данные породы обогащены обычно органическим, глинистым веществом и тонко переслаиваются между собой. В них, как указывает Г. П. Батанова [2, 3], встречаются многочисленные радиолярии, птероподы (*Tentaculites*, *Styliolina*), являющиеся часто породообразующими. Наряду с этим наблюдаются мелкие пелепиды, брахиоподы, головоногие (*Buchiola*, *Pterochaenia*, *Liorhynchus*, *Atrypa*, *Lingula*, *Primitia*, *Bactrites*, *Orthoceras*, *Gephyroceras* и др.). Мощность доманиковой свиты в Татарии колеблется от 24 м (с. Бавлы) до 68 м (пос. Камское Устье).

В размещении слагающих доманиковую свиту пород установлен ряд особенностей. На основании их для востока Татарии отчетливо выделяются по литологическим признакам три основных типа строения доманиковых напластований. Первый из них отличается преобладанием в разрезе свиты известняков при значительном содержании мергелей (от 10 до 36%), а также единичных прослоев горючих сланцев и аргиллитов. При этом обычно четко выделяются две пачки пород. Из них нижняя (мощностью около 15–20 м) состоит из мергелей нередко сапропелевых, почти черных с фауной птеропод,

реже пелепилод и мелких брахиопод. Они обычно переслаиваются с известняками иногда глинистыми, сильно битуминозными, темноокрашенными, а также содержат редкие прослои горючих сланцев и зеленовато-серых аргиллитов. Известняки и мергели из нижних горизонтов свиты окремнелые. Верхняя пачка (мощностью 29 м) представлена в основном известняками, изредка сапропелевыми, темносерыми или почти черными. Здесь отмечаются также прослои мергелей темноокрашенных, часто сапропелевых.

Указанное строение доманиковой свиты прослеживается на большей части территории востока Татарии, а также отчасти на западе ее и в прилегающих районах Удмуртской республики. Наиболее типично этот тип разреза выражен у с. Аксубаево, д. Слобода Петровавловская, Васильевка, с. Акташ, д. Ново-Спасское, г. Елабуга, д. Кабык-Купер, Лебедевка, Русский Шубер, Кухтино и др. Мощность доманиковой свиты в этих пунктах колеблется от 30 до 45 м.

Второму типу строения свойственно распространение среди доманиковых напластований главным образом мергелей (почти 50%). Здесь в основании свиты наблюдается прослой карбонатной брекции с примесью глинистого и органического вещества. Покрываются они мергелями, почти черными, нередко сапропелевыми с прослоем (до 2 м мощности) аргиллита известковистого, буровато-серого, слабо битуминозного. Мощность этой пачки пород достигает 8 м. Выше залегает толща (24 м) мергелей, подобных описанным. Они тонко переслаиваются с известняками коричневато-серыми, прослоями сапропелевыми, изредка окремнелыми. В указанных породах присутствуют многочисленные птероподы, мелкие пелепилоды, изредка брахиоподы. Подобный тип строения доманиковой свиты устанавливается лишь у д. Соболеково. Мощность свиты в этом районе составляет 31 м.

Близкое строение доманиковых отложений, имеющее как бы переходный характер между предыдущими типами разрезов, наблюдается около д. Байгулово и Верхние Суксы. Большое значение принадлежит здесь мергелям (около 38%) часто сапропелевым, встречающимся главным образом в средних и верхних горизонтах доманиковой свиты.

Третий тип разреза доманиковой свиты характеризуется преобладанием известняков темноокрашенных, битуминозных, нередко, особенно в нижних горизонтах, окремнелых, с фауной брахиопод, пелепилод, гастрапод, гониатитов, реже птеропод. Среди известняков наблюдаются единичные прослои мергелей и горючих сланцев. В подошве и кровле свиты встречаются иногда тонкие прослои зеленовато-серых аргиллитов. Подобное строение доманиковых напластований наблюдается лишь на юге (с. Бавлы, д. Салейкино) и северо-западе (д. Уркуш) востока Татарии. Мощность данных отложений здесь составляет около 30 м.

На соседних площадях Кировской области (г. Малмыж) разрез свиты слагается почти полностью известняками слабо битуминозными, в верхних горизонтах брекчевидными, светлосерыми с единичными прослоями мергелей. В этих породах комплекс фауны, по сравнению с востоком Татарии, существенно изменяется: исчезают птероподы, радиолярии, преобладают брахиоподы, пелепилоды, изредка встречаются кораллы. Мощность доманиковых отложений у г. Малмыж составляет 45 м.

На западе Татарии у пос. Камское Устье, с. Верхний Услон и в прилегающих районах Чувашии (пос. Козловка) доманиковая свита представлена, как и на большей части территории Татарии, тонко переслаивающимися известняками, иногда сапропелевыми, глинистыми, значительно окремнелыми мергелями, прослоями обогащенными орга-

ническим веществом, реже горючими сланцами и аргиллитами известковистыми. Но значение трех последних разностей пород в указанных районах, по сравнению с востоком Татарии, повышено. Это наиболее типично для доманиковых отложений у пос. Козловка, где известняки составляют всего около 20% разреза свиты. Мощность доманиковой свиты на данной территории возрастает до 68 м.

Таким образом, в направлении с востока на запад, как и с юга на север Татарии, происходит постепенное обогащение пород глинистым материалом и заметное увеличение мощности доманиковых напластований (от 24 м у с. Бавлы до 68 м у пос. Камское Устье).

Не менее ясно проявляется изменение литологического состава, мощности доманиковой свиты с юго-востока (с. Бавлы) на северо-запад Татарии и далее в Кировскую область (г. Малмыж). Сначала в указанном направлении происходит заметное возрастание глинистости, частично битуминозности и окремнения пород. Затем постепенно начинают увеличиваться в составе свиты известняки слабо битуминозные, а прослои мергелей становятся редкими и маломощными. Это приводит на северо-западе востока Татарии и в основном на соседних площадях Кировской области почти к полному исчезновению из разреза свиты разностей пород типично доманикового облика. Мощность доманиковых напластований в указанном направлении увеличивается от 24 м (с. Бавлы) до 45 м (г. Малмыж).

Из рассмотрения литологических особенностей в строении разрезов доманиковой свиты по площасти исследования следует, что состав пород, слагающих ее, сравнительно сложен и далеко не однороден. Поэтому необходимо возможно детальнее ознакомиться с петрографическими, химическими, минералогическими особенностями указанных отложений и проследить их изменения как во времени, так и в пространстве.

Наибольшей распространностью среди доманиковых отложений, как видно из изложенного, пользуются известняки. Они обычно преобладают в разрезе, особенно на юго-востоке (с. Бавлы), юге (д. Салейкино) и северо-западе (д. Уркуш) изученной территории, а также на соседних площадях Кировской области (г. Малмыж). Резко снижается значение известняков в отдельных районах севера (д. Соболеково, Байгулово), запада (с. Верхний Услон, пос. Камское Устье) Татарии и близлежащих территориях Чувашии (пос. Козловка).

В доманиковой свите Татарии, как и в южноуральских разрезах ее, различаются Н. М. Страховым [14] черные и серые известняки, а также переходные разности между ними. При этом более широким распространением пользуются первые из них. Серые известняки чаще встречаются на крайнем юго-востоке (с. Бавлы), северо-западе (д. Уркуш) востока Татарии и почти целиком слагают разрез у г. Малмыж. Они обычно слабо битуминозные, неравномерно перекристаллизованные, неяснослоистые с неровной поверхностью наслаждения и стилолитовыми швами.

Черные известняки отличаются от указанных разностей слоистостью, большей перекристаллизованностью и окремнением. Первый признак обязан мелким, изредка точечным скоплениям светлосерого карбоната или тонким прослоечкам, линзочкам его, остаткам птеропод, расположенным на плоскостях наслаждения. Указанныя фауна слагает иногда целиком отдельные прослои известняков, в которых встречаются также редкие брахиоподы, пелепилоды, более обильные в серых разностях. Остатки же радиолярий чаще наблюдаются в черных известняках.

Обеим разностям известняков свойственны в основном близкие структуры — зернистая, органогенная и брекчевидная. При этом для черных известняков характерна чаще неравномернозернистая,

Таблица 2

№ п/п	Название пород	Колич. анализов	Содержание иерасторимого остатка в %	Среднее содержание фракций в иерасторимом остатке в %					Среднее содержание фракций в породе в %				
				0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	< 0,01	0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	< 0,01
1	Известняки серые	3	8,44	0,04	0,10	0,20	0,60	99,06	—	—	0,03	0,05	8,36
2	Известняки черные, глинистые и сапропелево-глинистые	5	29,32	—	—	0,05	0,36	99,59	—	—	0,01	0,09	29,09
3	Мергели	19	46,87	0,06	0,23	0,50	2,81	96,40	—	0,05	0,16	1,28	45,38

Таблица 1

№ п/п	Название пород	Колич. анализов	Среднее содержание в %		
			карбонатный материал	алеврито-глинистый материал	органическое вещество
1	Известняки серые, слабо-глинистые	14	92,48	5,56	1,96
2	Известняки черные, глинистые	9	81,30	15,35	3,35
3	Известняки черные, сапропелево-глинистые	14	74,5	16,94	8,56

серые известняки являются в основном почти чистыми и лишь изредка встречаются слабо-глинистые разности. В данных породах среднее содержание глинистого материала и органического вещества, как правило, менее 5%. Известняки слагаются кальцитом, а на долю доломита приходится в единичных прослоях известняков доломитистых около 17%. Таким образом, степень доломитизации известняков доманиковой свиты весьма низкая.

Среди черных известняков выделяются глинистые и сапропелево-глинистые разности. Тем и другим свойственно, судя по цифрам гранулометрических анализов (табл. 2), повышенное количество глинистого материала с незначительной примесью алевритовых частиц.

Известняки сапропелево-глинистые обладают еще и высокой концентрацией органического вещества. Групповой состав последнего характеризуется обилием битума А (до 24,1%) по сравнению с битумом С (до 5,2%). Величина остаточного органического вещества колеблется от 70 до 88%. Гуминовые кислоты почти всегда отсутствуют. Элементарный состав битума А указывает на обогащение его углеродом (до 81,8%), при одинаковом почти содержании водорода (около 8—9%) и N + O + S. Это свидетельствует о некоторой восстановленности битума А, отражающейся также в групповом составе его, где количество масел (49,4%) преобладает над асфальтенами (17,9%) и смолами (32,5%).

¹ Химические анализы, приведенные в работе, выполнены В. К. Аментовой, З. Ш. Мустафиной и З. З. Нутмановой в лаборатории Геологического института Казанского филиала АН СССР.

Наряду с отмеченными основными компонентами, в известняках нередко присутствует кремнезем. Он представлен чаще опалом, раскристаллизованным в большей массе до тонко- и мелкозернистого кварца, халцедона. При этом обособляются следующие основные формы концентрации отмеченных минералов: 1) локальные и сплошные агрегатные скопления главным образом опала и тонкозернистого кварца; 2) мелкие конкреционные стяжения; 3) продукты замещения по периферии и внутри остатков фауны; 4) выделения по трещинкам, порам и 5) сферолиты халцедона. Помимо этого для кварца еще характерны выделения в виде корочек и обособленных зерен размером от 0,04 до 1—2 мм, часто лишенных огранки. Встречаются среди агрегатных скоплений, а также по стенкам пустот и трещинок, отдельные призматические кристаллы кварца, ограниченные на концах.

Содержание кремнезема колеблется в окремнелых известняках от 33,35 до 68,92%, а иногда он почти целиком слагает породу (76,41—94,31%). Нередко в разрезе доманиковой свиты и чаще в ее нижних горизонтах отмечается переслаивание известняков окремнелых и кремней с другими разностями пород.

Как указывалось, в известняках в качестве незначительной примеси присутствует кластический материал алевритовой размерности. Наиболее распространенным легкими и тяжелыми минералами, слагающими его, являются главным образом кварц, реже группа черных рудных минералов, эпидот-циозита, циркон, антаз. Повышенное содержание этих минералов наблюдается в известняках из восточных районов Татарии. Исключение составляет антаз, высокая концентрация которого (до 36,78%) свойственна тяжелым фракциям из известняков с запада Татарии. Кроме указанных минералов весьма характерными являются также гранат, рутил, турмалин, зеленая роговая обманка, корунд, полевые шпаты. Содержание их, как правило, меньше 10%. Встречаются в единичных зернах (менее 1%) титанит, никотит, хлоритоид, биотит, мусковит, актинолит.

Известняки в доманиковой свите переслаиваются с мергелями, пользующимися меньшей распространенностью, чем первые из них. Значение их возрастает в более северных и западных районах Татарии, а также соседних площадях Удмуртии и Чувашии. При этом они чаще наблюдаются в нижних, средних горизонтах свиты и несколько реже (д. Соболеково, пос. Камское Устье, с. Верхний Услон).

сравнительно равномерно распределяются по всей толще пород доманиковой свиты.

Мергели представляют собой буровато-серые, почти черные, не редко пятистоокрашенные породы с ясно выраженной тонкой слоистостью. Последняя обязана скоплению на плоскостях наслоения многочисленных остатков фауны, а также ориентированным концентрациям органического, глинистого вещества и обилию известковых стяжений. В некоторых прослоях мергелей из подошвы и кровли свиты северных районов Татарии присутствуют трещинки усыхания, выполненные вторичным, иногда окристаллизованным кальцитом.

Мергели обладают пелитоморфной и органогенной (pteropodовой) структурами.

В них, как и в известняках, наблюдаются вторичные выделения кальцита, пирита, кварца, редко халькопирита, глауконита обычно в порах, по трещинкам, остаткам фауны. Среди последних присутствуют близкие известнякам формы радиолярий, птеропод, а роль брахиопод и пелеципод заметно снижается.

Отличительной чертой мергелей, как и известняков, является окремнение, имеющее почти тот же характер. Степень выраженности его более значительна в мергелях с повышенным содержанием органического вещества.

Как показали данные химических анализов (табл. 3) и микроскопических исследований, мергелям свойственно наличие в их составе обычно трех компонентов — карбонатного, глинистого материала и органического вещества. По соотношению их выделяются: мергели, мергели глинистые, мергели сапропелевые и мергели сапропелово-глинистые. Наиболее типичными для доманиковой свиты являются две последних разности, отличающиеся значительным скоплением

Таблица 3

№/п. з	Название пород	Колич. анализов	Среднее содержание в %		
			карбонат. материал	алеврито- глинистый материал	органиче- ское вещество
1	Мергели	12	56,38	40,10	3,52
2	Мергели глинистые	3	40,06	55,47	4,47
3	Мергели сапропелевые	15	52,5	37,85	9,65
4	Мергели сапропелово-глинистые	10	29,1	60,25	10,65

органического вещества, аналогичного по составу таковому в черных известняках (табл. 5—7). Мергелям же сапропелово-глинистым присущее еще и обогащение глинистым материалом с несколько повышенным содержанием (табл. 2) песчано-алевритовых частиц (около 1,5%).

Минералогический состав тяжелых и легких фракций из последних подобен известнякам. Некоторое отличие заключается в увеличении содержания черных рудных минералов, полевых шпатов, а также кварца. Заметно снижается концентрация анатаза, турмалина, опала, обломков кремня.

В противоположность известнякам мергели нередко бывают доломитовыми, так как в них, наряду с кальцитом, прослойми встречается доломит, иногда даже преобладающий в составе карбонатного материала.

Горючие сланцы пользуются в пределах Татарии повсеместным

развитием, хотя и в виде маломощных прослоев, составляющих всего 2—3% к общему количеству остальных пород.

Среди горючих сланцев изученной территории, подобно Южному Уралу [14], выделяются две разности, существенно отличающиеся друг от друга [8]. Одна из них, наиболее часто встречающаяся в разрезе свиты, обладает буровато-черной, бурой, реже черной окрасками и прослойми окремнением. Характерной особенностью этих пород является ясно выраженная слоистость (сланцеватость). На плоскостях наслоения их наблюдаются многочисленные, мелкие карбонатные скопления, а также остатки фауны птеропод и нередко раздавленных раковинок брахиопод и пелеципод.

Второй разности горючих сланцев свойственен черный цвет, сильная уплотненность, отсутствие слоевой текстуры и наличие редких остатков фауны, в основном радиолярий и птеропод.

По своим структурным особенностям и характеру слагающего их материала обе разности горючих сланцев почти аналогичны мергелям сапропелевым и сапропелово-глинистым, являющимся по отношению к ним переходными разностями.

В составе горючих сланцев, как и в мергелях, особое значение принадлежит глинистому материалу, органическому веществу и карбонатному материалу (кальцит с примесью менее 8% доломита). Но количественная выраженность этих компонентов в горючих сланцах несколько иная. Так, среднее содержание органического вещества в них почти в 3 раза выше по сравнению с мергелями сапропелевыми и сапропелово-глинистыми (табл. 4). При этом наиболее высокой концентрации оно достигает в неслоистых горючих сланцах.

Таблица 4

№/п. з	Название пород	Количество анализов	Среднее содержание в %		
			карбонат- ный материал	алеврито- глинистый материал	органиче- ское вещество
1	Горючие сланцы слоистые .	13	30,8	44,48	24,72
2	Горючие сланцы неслоистые	4	24,54	41,04	34,42
	Среднее	17	29,35	43,50	27,15

По составу органическое вещество горючих сланцев (табл. 5) имеет некоторые особенности, по сравнению с другими доманиковыми породами. Так, содержание битумов А и С в них несколько уменьшено, сравнительно с известняками и мергелями, за счет возрастания концентрации остаточной органической массы.

Таблица 5
Групповой состав органического вещества

№/п. з	Название пород	Количество анализов	Среднее содержание в %			
			битум А	битум С	гуминовые кислоты	остаточное органиче- ское вещество
1	Горючие сланцы	2	8,98	2,02	0,53	88,47
2	Мергели сапропелевые и сапропелово-глинистые .	6	13,7	5,2	следы	81,1
3	Известняки черные, сапропелово-глинистые .	2	15,04	4,3	0,03	80,6

Кроме того при наличии почти полного сходства элементарного состава битума А (табл. 6) горючих сланцев с остальными породами, намечается расхождение в групповом составе его (табл. 7). Битум А горючих сланцев содержит асфальтенов вдвое больше, чем мергели и известняки, а значение масляных фракций в них резко падает. Подобное соотношение свидетельствует об окисленности битума А горючих сланцев.

Таблица 6

Элементарный состав битума А

№ п/п	Название пород	Количество анализов	Среднее содержание в %					
			C	H	N + O + S	C/H	C/N + O + S	H/N + O + S
1	Горючие сланцы . . .	2	80,37	10,51	9,12	7,7	8,8	1,1
2	Мергели сапропелевые и сапропелево-глинистые	5	80,62	10,0	9,38	8,6	8,6	1,6
3	Известняки черные, сапропелево-глинистые	1	81,77	9,0	9,23	9,1	8,8	0,9

Таблица 7

Групповой состав битума А

№ п/п	Название пород	Количество анализов	Среднее содержание в %		
			масла	смолы	асфальтены
1	Горючие сланцы	2	21,67	32,14	36,19
2	Мергели сапропелевые и сапропелево-глинистые	5	50,76	32,92	16,32
3	Известняки черные	1	49,41	32,51	17,97

Помимо основных слагающих горючие сланцы компонентов присутствуют вторичные выделения пирита, кварца, близкие по своим особенностям к встречающимся в мергелях и известняках.

В качестве примеси в горючих сланцах устанавливается (< 1%) обломочный материал, состоящий в основном из зерен кварца, реже полевого шпата песчано-алевритовой размерности. В незначительном количестве (1,43%) во фракциях > 0,01 мм присутствует комплекс тяжелых терригенных минералов, характерных и для других пород. Наиболее типичной среди них является группа черных рудных минералов, а в горючих сланцах на востоке Татарии еще эпидот-диопзит, циркон. Наоборот, антаз, а также кварц, полевые шпаты, обломки кремния дают высокие концентрации в песчано-алевритовых фракциях описываемых пород на западе Татарии.

В доманиковой свите, помимо охарактеризованных разностей пород, встречаются изредка прослои аргиллитов. Они установлены в нижних горизонтах свиты из северных районов Татарии (д. Дербедин, Байгулово, Соболеково) и верхних на юге ее (д. Салейкино). Наибольшим развитием аргиллиты пользуются на западе Татарии (с. Верхний Услон) и соседних территориях Чувашии (пос. Козловка).

Аргиллиты представляют собой зеленовато-серые, тонкослоистые породы с гелевидной и спутанно-чешуйчатой структурами. Они, как показывают химические анализы (табл. 8), являются обычно известковистыми, с примесью органического вещества.

Основное значение в составе аргиллитов [9, 10, 11], по данным гранулометрических анализов, принадлежит цеолитовым и коллоидным

частицам (98,37%). Среди них преобладают (около 70%) крупнопелитовые фракции размером от 0,01 до 0,001 мм, а на долю коллоидных (< 0,0001 мм) приходится 21,2%. Таким образом, аргиллиты доманиковой свиты относятся к тонкодисперсным разностям.

Таблица 8

№ п/п	Местоположение образцов	Количество анализов	Среднее содержание в %		
			карбонатный материал	алеврито-глинистый материал	органическое вещество
1	с. Верхний Услон	2	12,22	79,32	8,46
2	д. Байгулово	1	12,26	87,74	—
3	д. Дербедин	1	9,9	78,85	11,5
	Среднее	4	11,65	81,33	7,02

Минерологический состав крупнопелитовых фракций, установленный Н. В. Кирсановым [10, 11] иммерсионными, химико-минералогическими исследованиями, представлен в основном гидромусковитом (80–90%) с показателем преломления от 1,55 до 1,58. Второстепенными минералами являются гидробиотит (2–3%), кварц (1–3%). В единичных зернах встречаются каолинит, галлуазит, аллофан. Данные термических, рентгеноструктурных, электронномикроскопических исследований Ю. В. Сементовского и Ю. И. Созина выявили, что в тонкопелитовых и коллоидных фракциях основным компонентом является гидрослюдя типа гидромусковита. Это позволяет предполагать, что отложение исходного материала аргиллитов доманиковой свиты происходило в восстановительной обстановке и нейтральной среде.

Алевритовые фракции в аргиллитах не имеют существенного значения (около 1%). Лишь в отдельных прослоях на севере Татарии (д. Байгулово) содержание частиц 0,1–0,01 мм достигает 26%. Они представлены преимущественно полуокатанными зернами кварца, реже полевых шпатов. Среди тяжелых терригенных минералов, выход которых составляет десятые доли процента, наиболее характерными являются черные рудные минералы, циркон, эпидот-диопзит, антаз, мусковит, гранат, рутил, корунд.

В основании доманиковой свиты местами встречаются прослои темноокрашенной брекции мощностью около 1,5 м. Они состоят из угловатых, реже полуокатанных обломков мергелей, иногда известняков и мелкозернистого кварца. Величина обломков колеблется от 0,3 до 6–7 см. С cementированы они сапропелево-глинистым материалом с примесью кальцита и зерен кварца, черных рудных минералов, антаза, циркона, чешуек мусковита.

Вышеприведенные данные позволяют установить следующие литологические особенности пород доманиковой свиты востока Татарии.

1. Наличие высокого содержания органического вещества сапропелевого облика в отложениях доманиковой свиты обусловило широкое распространение на площади исследования тонко переслаивающихся мергелей и известняков сапропелевых, горючих сланцев и переходных разностей их. В составе органического вещества данных пород существенная роль принадлежит рассеянным битумам нефтяного ряда со значительной степенью восстановленности. Это позволяет, согласно высказываниям Н. М. Страхова [14], относить породы доманиковой свиты, обогащенные органическим веществом, к битумообразующим толщам.

2. Однородность гранулометрического состава алеврито-глинистого материала у всех разностей пород доманиковой свиты, состоящего в подавляющей массе из пелитовых и коллоидных фракций с ничтожным количеством частиц от 0,1 до 0,01 мм. При этом увеличение концентрации глинистого материала наблюдается в черных известняках, мергелях и горючих сланцах из северо-восточных и западных районов Татарии, к которым также приурочены прослои аргиллитов.

3. Повышенное окремнение известняков, мергелей, реже горючих сланцев связано с выпадением кремнезема в процессе седиментации осадков, как в форме коллоидов, так и в виде скелетов радиолярий. Последующее преобразование его происходило в стадию диа- и эпигенеза, об этом свидетельствуют многочисленные конкреционные скопления кремнезема, выделения его в трещинах, пустотах, по остаткам фауны, импрегнации отдельных участков породы, а нередко и целых прослоев, чередующихся с неокремнелыми породами.

4. Интенсивная пиритизация доманиковых пород, особенно сапропелевых и сапропелово-глинистых разностей известняков, мергелей и горючих сланцев обязана наличию восстановительной обстановки при формировании их.

Указанные литологические особенности, характеризующие в целом доманиковую фацию, нашли свое отражение не только в доманиковой, но и в мендымской свите. Отложения последней, пользующиеся повсеместным распространением в Татарии и соседних с ней территориях, залегают нередко с признаками размыва [5, 6, 7] на доманиковых породах. Это подтверждается присутствием прослоя карбонатной брекчии (д. Дербедень, с. Акташ, д. Калмаш) в основании мендымской свиты. Брекчии состоят из угловатых обломков известняков, реже доломитов, сцементированных карбонатно-глинистым материалом с примесью органического вещества и рассеянными зернами кварца, полевых шпатов, черных рудных минералов, циркона и др. Наличие же в глинисто-мергелистых образованиях нижних горизонтов мендымской свиты трещинок усыхания (д. Калмаш, Русский Шубер, Кухтино и др.), нередко конусов вмывания, брекчиевидности и неровной поверхности наслоения свидетельствует о неустойчивом морском режиме в начале мендымского времени.

Мендымская свита [6, 7] представлена довольно однообразным комплексом карбонатных пород — известняков, мергелей, редких прослоев горючих сланцев, аргиллитов, брекчий. Большинство их содержит обильные остатки фораминифер (*Rectangulina*, *Parathictonina*, *Vicinesphaera* и др.), брахиопод. Появляются руководящие для этой свиты гониатиты (*Manticoceras intumescens* Beug), а птероподы и радиолярии теряют ведущее значение [1, 2, 3, 17].

Отмеченные разности пород пользуются неоднозначной распространностью по разрезу и по площади их исследования. Так, отложения мендымской свиты представлены на большей части территории востока Татарии двумя пачками пород. Из них нижняя прослеживается повсеместно и отличается литологической выдержанностью. Она слагается в основном известняками серыми, органогенно-детритусовыми, брекчиевидными с редкими прослоями мергелей. Здесь устанавливаются остатки строматопор, брахиопод (*Atrypa*, *Chonetes*, *Cyrtospirifer* и др.), гониатитов и др. Мощность указанной пачки колеблется от 2 до 12 м, вероятно, за счет частичного размыва самой нижней части ее, о чем свидетельствует прослой брекчии в подошве мендымской свиты.

В противоположность этому верхняя пачка пород заметно меняет в северо-западном направлении свой литологический облик, благодаря постепенному исчезновению из ее разреза пород доманиковой фации (мергелей и известняков сапропелевых, горючих сланцев). На боль-

шей же части территории востока Татарии верхняя пачка пород мендымской свиты по своим литологическим особенностям близка к доманиковым напластованиям. Ее слагают в основном известняки и мергели нередко темноокрашенные, обогащенные органическим и глинистым веществом, изредка горючие сланцы. В указанных породах наблюдаются остатки брахиопод, пелеципод, птеропод (*Hurothyridina*, *Atrypa*, *Cyrtospirifer*, *Lingula*, *Buchiola*, *Ontaria*, *Tentaculites*, *Stylolipa* и др.). В северо-западных районах востока Татарии (д. Байгулово, Кабык-Купер, Уркуш) верхняя часть разреза мендымской свиты представлена известняками серыми, зернистыми, органогенными с единичными прослоями мергелей. Эти породы утрачивают здесь в значительной мере черты доманиковой фации. Мощность верхней пачки пород на востоке Татарии составляет от 19 до 30 м.

Подобные особенности в строении разрезов мендымской свиты позволяют выделять два основных типа их.

Первый тип строения мендымских напластований пользуется широкой площадной распространностью на юге, юго-востоке (д. Ивановка, Ново-Ибраикино, Салейкино, пос. Шугурово, д. Васильевка, Дербедень и др.) и в более северных районах (д. Соболеково, Бехтерево, Калмаш, Верхние Суксы и др.) востока Татарии. Он характеризуется наличием в разрезе двух пачек пород, из которых нижняя, как указывалось выше, состоит из светлоокрашенных, органогенно-детритусовых, брекчиевидных известняков. Отличительной чертой подобного строения мендымских напластований является присутствие в верхней пачке глинисто-карбонатных пород с большим содержанием (до 14%) органического и прослоями глинистого вещества.

Второй тип разреза мендымской свиты отмечается лишь на северо-западе (д. Байгулово, Кабык-Купер, Уркуш) изученной территории и в прилегающих районах Кировской области (г. Малмыж). Он выделяется благодаря относительному однообразию слагающих его пород и почти полному отсутствию прослоев пород доманиковой фации. Здесь нижние горизонты свиты представлены подобно вышеописанному типу разреза. Остальная же верхняя часть ее слагается известняками светлоокрашенными, обычно зернистыми, участками глинистыми, иногда мергелями с остатками фауны фораминифер, пелеципод, брахиопод.

Мощность мендымской свиты, согласно последним палеонтологическим данным М. Ф. Филипповой и И. А. Антропова, на востоке Татарии значительно сокращена до 21—35 м.

Из краткого обзора строения мендымских отложений следует, что среди них, подобно доманиковой свите, преобладают известняки, они обычно темносерые, прослоями черные, битуминозные, иногда глинистые, перекристаллизованные. В них наблюдаются вторичные выделения кальцита, кварца, опала по трещинкам, пустотам, остаткам фауны, а также скрытокристаллические стяжения пирита, рассеянные по всей породе, или в виде "корочек" покрывающие обычно органические остатки. Нередко встречаются скопления глауконита (д. Мордовский Акташ, Зереклы-Елга, Байгулово, Бехтерево и др.), имеющие те же формы выделения, что и в доманиковой свите [13]. В отдельных скважинах устанавливаются единичные выделения халькопирита (д. Калмаш), сфалерита (с. Акташ).

По структурным особенностям среди известняков выделяются зернистые, органогенные (строматопоровые, водорослевые, птероподовые), органогенно-детритусовые и брекчиевидные разности. Первые из них пользуются наибольшим распространением и отмечаются по всему разрезу мендымской свиты. Последние три разности известняков более типичны для нижних горизонтов ее.

Описываемые породы по составу (табл. 9), как и в доманиковой свите, подразделяются на известняки, известняки глинистые и известняки сапропелево-глинистые. Этим разностям, кроме первых из них, свойственно повышенное содержание глинистого материала с незначительной примесью (до 1%) песчано-алевритовых фракций.

Таблица 9

№ п/п	Название пород	Количество анализов	Среднее содержание в %		
			карбонатный материал	алеврито-глинистый материал	органическое вещество
1	Известняки	4	93,50	3,46	3,04
2	Известняки глинистые	15	85,10	13,2	1,7
3	Известняки сапропелево-глинистые	3	69,86	17,51	12,63

Количество глинистого материала в известняках заметно увеличивается к северу Татарии. Сапропелево-глинистые разности обогащены еще и органическим веществом. По сравнению с известняками доманиковой свиты, указанные породы отличаются уменьшением в их составе содержания глинистого, органического вещества.

Распространенность данных разностей известняков неодинаковая. Так, из них основное значение принадлежит известнякам, в которых содержание глинистого материала и органического вещества менее 5%. Роль глинистых и сапропелевых известняков возрастает в основном вверх по разрезу мендымской свиты. При этом первые из них наиболее развиты на севере Татарии.

Мергели встречаются повсеместно на территории Татарии, но пользуются гораздо меньшим, чем известняки, развитием. Лишь в отдельных участках юго-востока (д. Васильевка, с. Акташ, д. Старое Маврино и др.) и севера (д. Соболеково, г. Елабуга, дд. Бехтерево, Калмаш и др.) Татарии они слагают около 10% разреза свиты. Наибольшего развития мергели достигают в составе средних и верхних горизонтов свиты.

Мергели представляют темносерые, прослоями почти черные породы, изредка пятнистоокрашенные, обычно битуминозные, перекристаллизованные, участками окремнелые, содержащие остатки педеципод, брахиопод, изредка птеропод. В нижних и верхних горизонтах мендымской свиты на севере Татарии (дд. Байгулово, Калмаш, Бехтерево, Кабык-Купер), а также прилегающих территориях Удмуртии (дд. Покровское, Русский Шубер, Кухтино) наблюдаются тонкие прослойи мергелей, разбитых, подобно доманиковым, трещинками усыхания.

Мергелям свойственны пелитоморфная и тонкозернистая структуры. Основными компонентами, слагающими их, как и в доманиковой свите, являются: карбонатный материал, состоящий из пелитоморфно-тонкозернистого кальцита с незначительными скоплениями (до 10%) доломита, а также глинистое и органическое вещество. В качестве примеси (1%) присутствует кластический материал в основном кварцевого состава.

Наряду с этим в мергелях отмечаются: агрегаты пирита и реже обособленные кристаллы его в форме куба и октаэдра; выделения опала, мелкозернистого кварца, изредка халцедона, слагающие целиком участки породы или выполняющие остатки фауны; многочисленные линзовидные скопления кальцита, параллельные друг другу или пересекающиеся под острыми углами.

Мергели, как правило, обогащены глинистым и органическим веществом с меньшей концентрацией этих компонентов, чем в подобных породах доманиковой свиты. Различное содержание их позволяет (табл. 10) выделять мергели, мергели сапропелевые, мергели сапропелево-глинистые и мергели глинистые (единичные прослон). Наиболее обогащены глинистым материалом глинистые и сапропелево-глинистые разности. Вторым из них, как и сапропелевым мергелям, свойственно высокое содержание органического вещества.

Таблица 10

№ п/п	Название пород	Количество анализов	Среднее содержание в %		
			карбонатный материал	алеврито-глинистый материал	органическое вещество
1	Мергели	10	59,60	36,87	3,53
2	Мергели глинистые	1	33,38	62,31	4,31
3	Мергели сапропелевые	8	52,36	37,94	9,6
4	Мергели сапропелево-глинистые	3	29,18	58,74	12,08

Максимальным распространением, главным образом в средних и верхних горизонтах мендымской свиты, пользуются мергели и мергели сапропелевые.

Единичными прослоями встречаются горючие сланцы. Чаще они устанавливаются в верхней половине свиты в юго-восточных (пос. Шугурово, с. Акташ), северных (дд. Бехтерево, Калмаш) и западных (д. Слобода Петропавловская, с. Аксубаево, пос. Камское Устье) районах Татарии. Данные породы по внешнему виду, структурно-текстурным особенностям являются близкими к неслоистой разности горючих сланцев доманиковой свиты. Однако в отличие от последних, они содержат (табл. 11) меньше органического вещества и глинистого материала при большей карбонатности их. Заметное увеличение первого из указанных компонентов отмечается в северных районах (д. Уркуш) Татарии.

Таблица 11

№ п/п	Местоположение образцов	Количество анализов	Среднее содержание в %		
			карбонатный материал	алеврито-глинистый материал	органическое вещество
1	пос. Камское Устье	1	30,51	40,2	29,29
2	д. Слобода Петропавловская	1	46,9	24,06	29,04
3	д. Уркуш	1	24,77	42,54	32,69
Среднее . . .		3	34,06	35,6	30,34

В состав органического вещества горючих сланцев, как известняков и мергелей, входят (табл. 12) битумы А и С при малом содержании гуминовых кислот и завышенном скоплении остаточной органической массы. При этом наибольшее количество битума А свойственно известнякам глинистым.

Таблица 12

Групповой состав органического вещества

н/п	Название пород	Коли-чество анали-зов	Содержание в %			
			битум А	битум С	гумино-вые кис-лоты	остаточ-ная орга-ническая масса
1	Горючие сланцы	1	8,26	1,77	0,38	89,59
2	Мергели сапропелевые	1	5,81	1,94	0,15	92,1
3	Известняки глинистые	1	35,33	1,25	0,12	63,3

Элементарный состав битума А, указанный в табл. 13, характеризуется во всех мендымских породах высокой концентрацией углерода при почти равном значении Н и N+O+S. Лишь в горючих сланцах количество последнего компонента более повышенено, чем в мергелях и известняках. Приведенные данные, а также групповой состав битума А (табл. 14) горючих сланцев, в котором асфальтены в два раза превышают значение масел, свидетельствуют о более значительной окисленности битума А в этих породах, по сравнению с мергелями и известняками.

Таблица 13

Элементарный состав битума А

н/п	Название пород	Коли-чество анали-зов	Содержание в %					
			C	H	C/H	N+O+S	C/N+ +O+S	H/N+ +O+S
1	Горючие сланцы	1	80,0	8,7	9,2	11,3	7,08	0,77
2	Мергели сапропелевые	1	80,4	10,3	7,8	9,3	8,64	1,1
3	Известняки глинистые	1	80,78	9,41	8,58	9,81	8,23	0,96

Кроме охарактеризованных пород в разрезе мендымских отложений весьма редко присутствуют брекчи, описанные уже выше, и аргиллиты.

Таблица 14

Групповой состав битума А

н/п	Название пород	Коли-чество анали-зов	Содержание в %		
			масла	смолы	асфальтены
1	Горючие сланцы	1	24,08	24,56	51,22
2	Мергели сапропелевые	1	58,52	36,39	5,09
3	Известняки глинистые	1	50,74	29,63	19,58

Аргиллиты встречаются в основном на севере (д. Токмак, Калмаш, Кабык-Купер, Верхние Суксы) и западе (д. Слобода Петропавловская) востока Татарии. Они приурочены большей частью к нижней

половине мендымской свиты. Аргиллиты представляют собой коричневато-серые, иногда зеленоватые, весьма плотные, тонкослоистые породы, участками со скоплением алевритового материала. Последний представлен кварцем, изредка зернами черных рудных минералов, цирконом, турмалином, рутилом и др.

Основную массу в аргиллитах составляет глинистый материал, участками тонкочешуйчатой структуры. Среди него в качестве примеси отмечается тонко- и мелкозернистый кальцит, реже ромбоэдры доломита. Кроме того наблюдаются битум, обычно в виде линзовидных скоплений на плоскостях наслаждения, пирит и кальцит, выделения которых аналогичны таковым в мергелях.

В заключение литологической характеристики пород мендымской свиты необходимо осветить кратко и минералогические особенности кластического материала песчано-алевритовых фракций, выделенных из нерастворимых остатков. В их составе, помимо основного компонента — кварца, установлен довольно сложный, сравнительно выдержаный комплекс тяжелых и легких минералов, мало чем отличающийся от доманиковых отложений. Наблюдается лишь небольшое отклонение в распространенности отдельных легких и тяжелых минералов. Так, в породах мендымской свиты снижается, по сравнению с доманиковой, роль кварца, антаза, корунда и соответственно с этим возрастает содержание черных рудных минералов, граната, турмалина, мусковита, полевых шпатов.

Суммируя вышеизложенное, можно высказать ряд положений.

1. Мендымские отложения имеют значительное литологическое сходство с доманиковыми напластованиями, обязанное близостью фаций в период формирования тех и других образований. На это указывают, во-первых, присутствие аналогичных по структурным особенностям и составу пород, как то — мергелей и известняков, обогащенных органическим веществом, горючих сланцев, аргиллитов, и во-вторых, общность в минералогическом составе терригенного материала пород доманиковой и мендымской свит.

2. При наличии общих литологических черт мендымские и доманиковые образования имеют и явные отличия друг от друга. Они выражаются: а) в повышенной карбонатности и меньшей глинистости мендымских пород по сравнению с доманиковыми, следствием чего является преобладание среди первых из них почти чистых известняков; б) в отсутствии в мендымской свите столь обогащенных органическим веществом пород, как в доманиковых напластованиях; в) в наличии среди верхних (запад Татарии) и изредка нижних (восток Татарии) горизонтов мендымской свиты прослоев доломита или доломитизированных известняков с включениями ангидрита, указывающих на проявление процессов „засолонения“ [12] в период их накопления, не свойственных доманиковым отложениям; г) в более обильной концентрации глауконита, образовавшегося главным образом в раннюю стадию диагенеза [13] в условиях открытого моря; д) в слабо выраженных явлениях окремнения пород мендымской свиты, происходивших, вероятно, одновременно с накоплением осадков, а отчасти и в период их диагенеза.

Выявленные литологические особенности среднефранских отложений и встречающийся в них комплекс фауны свидетельствуют о накоплении их в обстановке доманиковой фации, сменившейся, в основном при образовании мендымских осадков, фациями открытого, мелкого моря. Первой из них, наиболее типично проявившейся в доманиковое время, был присущ режим спокойных, застойных водоемов, в которых происходило интенсивное накопление глинистых известковых илов, сильно обогащенных органическим веществом. В них захоронялись остатки типичной доманиковой фауны радиолярий,

птеропод, редких пелеципод, брахиопод, гониатитов. Данная фация периодически и кратковременно сменялась фациями открытого, но мелкого моря, где шло накопление нередко органогенных известковых и глинистых осадков с остатками фауны пелеципод, брахиопод, иногда птеропод.

Указанное чередование фаций проявилось в переслаивании по разрезу известняков и мергелей темноокрашенных, прослойми сапропелевых, глинистых, горючих сланцев и слабо битуминозных, менее глинистых, прослойми органогенных известняков, мергелей, а также изредка и аргиллитов.

Подобные условия в доманиковое время охватывали в виде широкой полосы с юго-запада на северо-восток почти всю восточную часть Татарии и распространялись далее на запад ее и в соседние с ней площасти Удмуртии, Башкирии. На севере этой зоны обособлялись участки (дд. Байгулово, Соболеково), где фация застойных водоемов существовала более длительное время, чем на остальной территории. Здесь формировались карбонатно-глинистые и изредка глинистые осадки, сильно обогащенные органическим веществом. Это отразилось в появлении по разрезу доманиковой свиты в указанных районах многочисленных прослоев мергелей сапропелевых, нередко органогенных и в подчиненном количестве известняков, аргиллитов, горючих сланцев. Наоборот, по периферии изученной территории (с. Бавлы, дд. Салейкино, Уркуш) выделялись участки с преобладанием в течение доманикового времени фаций открытого, мелкого моря. Они представлены многочисленными прослойми известняков с разнообразными остатками бентонной фауны (брахиоподы, пелециподы, гастropоды, остракоды, криониды).

Подобные относительно однообразные условия накопления осадков существовали на востоке Татарии почти все доманиковое время. В конце последнего и начале формирования мендымских отложений изученная территория испытывала значительный подъем, который местами приводил к кратковременному выводу пород на поверхность и частичному размыву их. Об этом свидетельствуют многочисленные трещинки усыхания, конусы вмывания у пород и прослои брекций в основании мендымских напластований.

В последующее мендымское время, на фоне возобновившейся тенденции опускания территории Татарии, стали отлагаться карбонатные и в подчиненном количестве глинистые осадки фаций открытого, но сравнительно мелкого моря. Они явились преобладающими и наиболее устойчивыми в течение почти всего периода формирования мендымских отложений. Данные условия способствовали образованию карбонатных, иногда органогенных, реже глинистых осадков и скоплению в них многочисленных остатков фауны брахиопод, пелеципод, гониатитов, изредка строматопор. Периодически на большей части территории востока Татарии возобновлялась обстановка застойных водоемов, где накапливались осадки, близкие к доманиковым. Это проявилось в приуроченности к верхним горизонтам мендымских напластований глинисто-карбонатных осадков, обогащенных органическим веществом с остатками фауны птеропод, реже мелких пелеципод, брахиопод.

Существенное изменение в условиях седиментации произошло к концу времени отложения мендымских осадков, когда морской бассейн, в связи с неуклонным воздыманием территории Татарии, стал мелеть. Усилившийся на грани средне- и верхнефранского времени подъем местности привел к выводу на поверхность и размыву мендымских отложений. Это обусловило на востоке Татарии накопление брекций в основании верхнефранских отложений (дд. Ивановка, Тукмак, Старое Маврино и др.), резкое

изменение мощности мендымских напластований, а на западе Татарии, по данным В. И. Троепольского [16], местами (дд. Тат. Азелей, Васильевка, Сюкеево) почти полное отсутствие последних.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антропов И. А. Новые виды фораминифер верхнего девона некоторых районов востока Русской платформы. Изв. КФАН СССР, сер. геол., вып. 1, 1950.
2. Баташова Г. П. Брахиоподы девона восточной части Татарской АССР. Труды ВНИГРИ, нов. серия, вып. 88, 1955.
3. Баташова Г. П. К экологии фауны девонского моря востока Русской платформы. Изв. КФАН СССР, сер. геол., № 4, 1957.
4. Быкова Е. В. и Поленова Е. Н. Фораминиферы, радиолярии и остракоды девона Волго-Уральской области. Труды ВНИГРИ, вып. 87, 1955.
5. Герасимова Е. Т. О некоторых литологических особенностях карбонатной формации верхнего девона востока Татарии. ДАН, т. 105, № 1, 1955.
6. Герасимова Е. Т. Литологические особенности мендымских, аскынских и фаменских отложений востока Русской платформы. Изв. КФАН СССР, сер. геол., № 4, 1957.
7. Данилова Т. Е. и Герасимова Е. Т. Новые данные о литологии мендымской свиты востока Татарии. Уч. зап. КГУ, геология, т. 114, кн. 7, 1954.
8. Данилова Т. Е. О литологии доманиковой свиты Татарии. Изв. КФАН СССР, сер. геол., № 4, 1957.
9. Кирсанов Н. В. О составе и характере аргиллитов франского яруса в Татарии. ДАН, т. 102, № 3, 1955.
10. Кирсанов Н. В. О минералогическом составе девонских аргиллитов на востоке Татарии. Изв. АН СССР, сер. геол., № 4, 1957.
11. Кирсанов Н. В. К методике определения глинистых минералов иммерсионным методом при больших увеличениях. Изв. КФАН СССР, сер. геол., № 5, 1955.
12. Миропольский Л. М. К общей характеристике первичной и вторичной минерализации в девонских отложениях на юго-востоке Татарии. Уч. зап. КГУ, геология, т. 114, кн. 8, 1954.
13. Миропольский Л. М., Герасимова Е. Т. О глауконите среди отложений карбонатной формации в Татарии. Изв. КФАН СССР, серия геол., № 5, 1955.
14. Страхов Н. М. Доманиковая фация Южного Урала. Труды Ин-та геологических наук АН СССР, серия геол., вып. 16, № 6, 1939.
15. Страхов Н. М., Родионова К. Ф. К геохимии нефтеносных отложений. Труды Ин-та геологических наук АН СССР, серия геологич., вып. 155, № 66, 1955.
16. Троепольский В. И. Палеогеография и фаунистические особенности осадконакопления на севере и северо-западе Татарии в девонский период. Уч. зап. КГУ, геология, т. 115, кн. 16, 1955.
17. Эллери С. С., Иванов Е. Е. Палеофациальная характеристика девонских отложений Татарской АССР. Уч. зап. КГУ, геология, т. 114, кн. 7, 1954.

Б. М. Юсупов

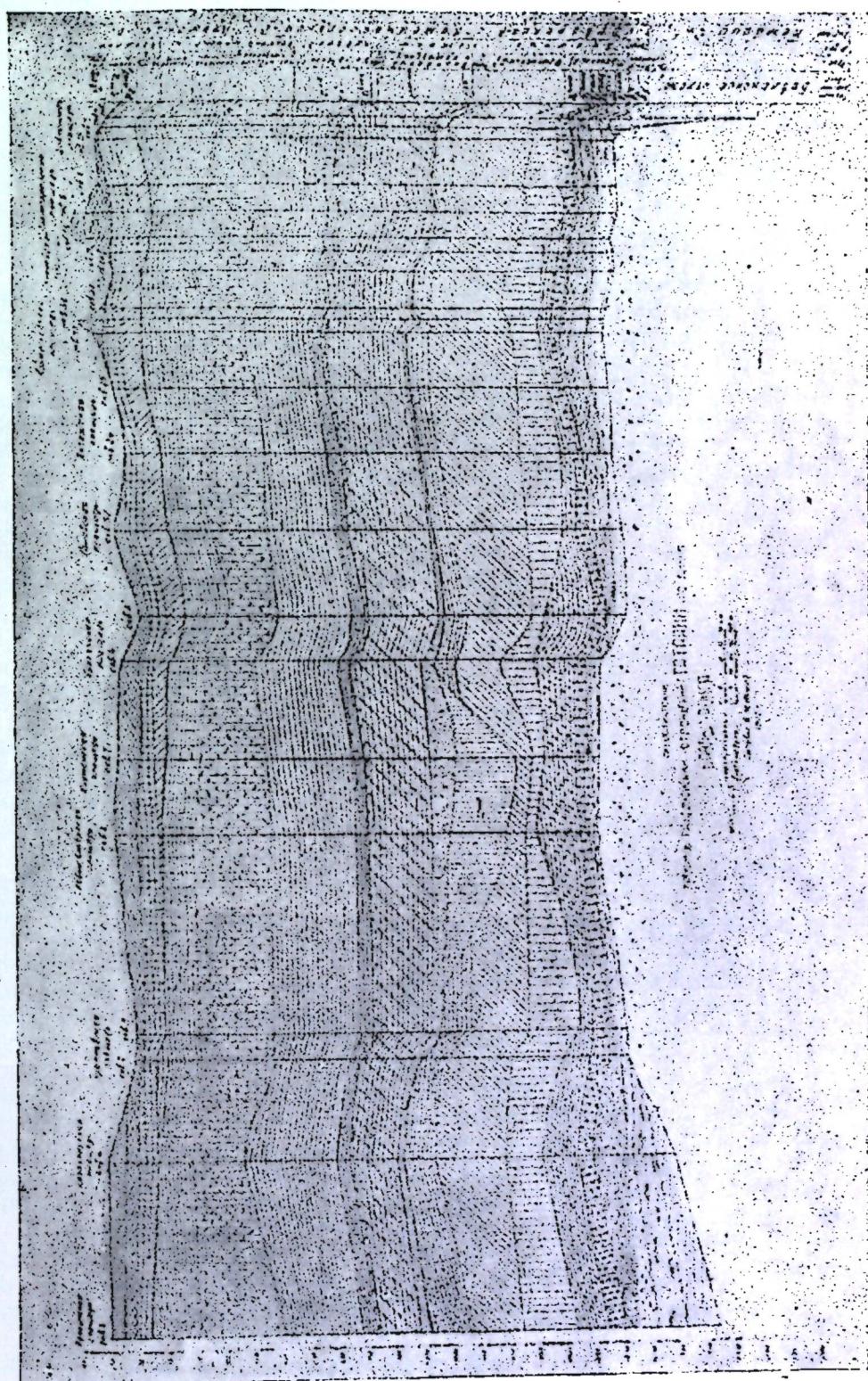
НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕКТОНИКИ
И НЕФТЕНОСНОСТИ ТАТАРИИ

1. Как известно, в зоне Шугуровско-Альметьевской дислокации сосредоточены богатые нефтяные месторождения, на базе которых развивается нефтяная промышленность Татарии. Для характеристики мощности этой промышленности достаточно сказать, что в первом полугодии 1956 года она по объему добычи нефти вышла на первое место в Советском Союзе. Разумеется, расширение фронта добычи нефти не должно идти за счет истощения разведанных запасов. Татарская нефтяная промышленность имеет все возможности выполнить план шестой пятилетки в отношении разведанных запасов нефти с активным балансом.

В свете этих задач изучение тектонических структур, поскольку ими контролируются нефтяные залежи, наряду с теоретическим интересом, имеет большое практическое значение [1].

2. В современном структурно-тектоническом плане палеозойские отложения Татарии характеризуются сравнительно спокойным залеганием. Они образуют обширные, весьма пологие сводовые поднятия и синклинальные понижения: Внутри этих крупных поднятий располагаются структуры меньших размеров — валы, брахиантеклиниали, брахисинклиниали, структурные носы, вздутия и некоторые другие формы. Углы падения склонов и бортов как крупных, так и мелких структур большей частью не превышают двух-трех десятков минут. Лишь на юго-востоке они достигают нескольких градусов.

Между тем, в пределах этих несложных структурно-тектонических элементов стратиграфические горизонты палеозоя находятся между собой в довольно сложных взаимоотношениях (рис. 1). Каждая более или менее крупная стратиграфическая единица имеет свои индивидуальные структурно-тектонические особенности. Существует структурное несоответствие между стратиграфическими горизонтами, что лишает возможности составления единой тектонической карты, которая могла бы отразить структурные элементы всей толщи палеозоя. Структуры пермских слоев в ряде случаев не соответствуют структурам карбона, структуры карбона не соответствуют структурам девона, а структуры девона не соответствуют рельефу фундамента и т. д. [12].



В этих условиях, естественно, возникает необходимость составления структурно-тектонических карт для каждой крупной стратиграфической единицы палеозоя в отдельности по основным опорным горизонтам с последующим анализом структурных взаимоотношений между этими горизонтами.

3. Основные опорные поверхности, по которым более или менее уверенно можно составить структурные карты в Татарии, следующие: поверхность кристаллического фундамента, кровля живетского яруса, пацийской свиты, угленосной свиты, верейского горизонта, нижне-пермских и нижнеказанских отложений.

В основе структур осадочного покрова Татарии лежат структурно-морфологические элементы кристаллического фундамента, обусловленные главным образом дислокационными нарушениями. В современном ее структурном плане геометрические формы слоев осадочного покрова зависят исключительно от распределения мощностей комплексов пород, принимающих участие в строении структур, и от характера рельефа кристаллического фундамента. Учитывая это, за основу тектонической карты можно принять карту рельефа кристаллического фундамента. По существу, рельеф фундамента является несущей основой современного структурного плана слоев осадочного покрова.

4. Посмотрим, какие основные структурно-морфологические элементы выделяются на кристаллическом фундаменте Татарии и как на их основе формируются структуры стратиграфических комплексов осадочного покрова. Как видно из тектонической карты (рис. 2), по кристаллическому фундаменту Татарии обособляются следующие крупные структурно-морфологические элементы: а) Татарский свод; б) Казанско-Ульяновский прогиб; в) Мелекесско-Аксубаевская депрессия; г) Сарайлинский прогиб; д) Боровско-Бавлинская и Камско-Бельская впадины восточного склона Русской платформы; е) Восточный склон Токмовского свода [2, 5, 11].

Татарский свод представляет собой структуру первого порядка северо-западного простирания и имеет протяженность около 350 км. Сарайлинский прогиб делит его на два выступа: а) юго-восточный или Альметьевско-Туймазинский, б) северо-западный или Кукморско-Мамадышский. Оба выступа оконтуриваются минус 1600-метровой изогипсой.

Альметьевско-Туймазинский выступ охватывает всю юго-восточную часть рассматриваемой территории и прилегающие площади Башкирии.

В плане этот выступ образует неправильный эллипс, большая ось которого ориентирована, примерно, на северо-запад. Строение его резко асимметричное: юго-западная и южная части гипсометрически значительно выше, чем северо-восточная часть. Максимальная высота выступа находится в районе Абдрахмановской площади и имеет отметки — 1540 — 1550 м. От этого максимума купол во все стороны понижается, образуя различные углы наклона: к югу в среднем 9 минут, к северу 3 минуты, а к северо-востоку всего лишь 12 секунд. Поверхность купола осложнена многочисленными более мелкими возвышениями и углублениями с амплитудой менее 25 м. Пространственная ориентация их самая различная.

Кукморско-Мамадышский выступ имеет также весьма сложную форму. К юго-западу он простирается до широты г. Чистополя, а к северо-востоку, примерно, до меридиана западной границы Красноборского района Татарии (нижнее течение р. Иж).

Наивысшая точка купола с отметкой — 1488 м находится на Кукморской площади. Купол осложнен рядом поднятый и понижений третьего порядка. В частности, в настоящее время известны Елабужское, Бондюжское, Кукморское поднятие с разделяющими их понижениями. В своем развитии Кукморско-Мамадышский выступ был

сравнительно более подвержен поднятию, чем Альметьевско-Туймазинский выступ. В силу этого, он лишен значительных комплексов терригенного девона (отсутствуют пашийские и животеские отложения).

Названные два выступа, составляющие Татарский свод и имеющие общие склоны, временами испытывали различные по знаку тектонические движения.

Юго-западный склон спускается в северной части (выше устья р. Камы) к Казанско-Ульяновскому прогибу, а в южной — к Мелекесско-Аксубаевской депрессии и Боровско-Бавлинской впадине. Угол падения этого склона в большей части не превышает $20'-30'$. Лишь на крайнем юго-востоке свода отмечаются относительно крутые углы, достигающие $5-6^\circ$.

Северо-восточный склон Татарского свода изучен еще слабо, кристаллический фундамент здесь вскрыт небольшим числом скважин.

Границу между склонами Татарского свода и бортами окружающих их депрессий провести довольно трудно, так как они образуют единую моноклиналь с весьма малым углом наклона. Лишь кое-где на юго-западном склоне отмечается некоторая ступенчатость в погружении моноклинали, что в известной мере служит критерием для условного проведения границы между этими сопряженными элементами двух противоположных тенденций. В частности, такой уступ отмечается на Черемшанской площади, где ниже изогипсы — 1750 м крутизна наклона заметно увеличивается и изолинии сгущаются. Учитывая это, Татарский свод мы отделяем от окружающих депрессий и впадин по изогипсе — 1750 м. Отсюда высота его склонов составляет 150 м. Склоны эти не являются одновозрастными. Например, юго-восточные их части, в районах развития бавлинских образований, начали формироваться еще в каледонский, а возможно и докаледонский, цикл тектогенеза, тогда как северо-западные части, где отсутствуют бавлинские образования, возникли лишь в гердинский цикл тектогенеза.

Казанско-Ульяновский прогиб имеет почти меридиональное простирание. Глубина его колеблется в пределах 40—150 м. В южной части прогиб этот сливается с Мелекесско-Аксубаевской депрессией, и границу между ними мы проводим условно.

Мелекесско-Аксубаевская депрессия представляет собой огромное тектоническое понижение глубиной около 350 м в районе г. Мелекес и более 600 м в районе г. Узуково. При этом угол погружения в среднем составляет 0,5 градуса. Характерными особенностями строения депрессии является то, что в ней отсутствуют бавлинские и эйфельские отложения. На ряде участков также отсутствуют животеские, пашийские, а местами и кыновские отложения. На Узуковской и Ульяновской площадях (за пределами Татарии), например, кристаллический фундамент покрывается непосредственно саргаевскими, на Мелекесской площади — пашийскими, на Нурлатской и Аксубаевской площадях — верхнеживетскими отложениями.

Боровско-Бавлинская впадина, будучи заполненной бавлинскими отложениями, представляет собой весьма древнюю структуру. Но она испытывала и влияние относительно более молодой Мелекесско-Аксубаевской депрессии. Глубина впадины достигает 1000 м при среднем угле наклона около одного градуса. Но местами этот угол достигает $3-6^\circ$ и более.

Камско-Бельская впадина также выполнена бавлинскими осадками и является древней структурой. Через Балтаевскую и Серафимовскую древние депрессии Башкирии она связана с Боровско-Бавлинской впадиной. Структура эта является возрожденной в третичное время (неоген). О глубине этой впадины пока что достоверных данных мы не имеем.

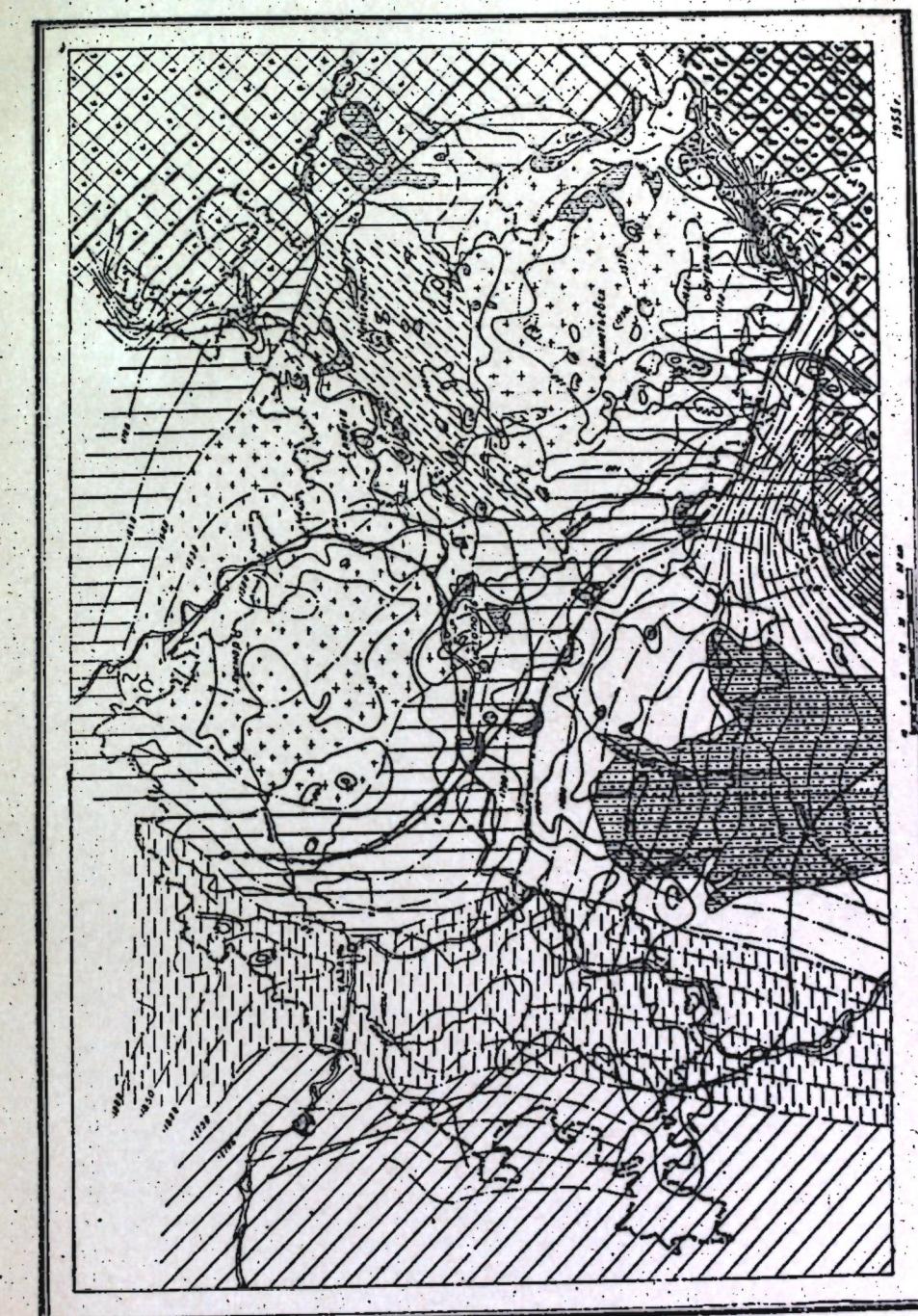


Рис. 2. Схематическая тектоническая карта Татарии. Составил Б. Юсупов.
1, 2, 3 — изогипсы поверхности кристаллического подъяруса и кристаллического фундамента через 50 и 25 м;
4 — выступ Татарского свода; 5 — Сарычевский прогиб; 6 — склон Татарского свода; 7 — восточный склон Токмокского свода; 8 — Казанско-Ульяновский прогиб; 9 — древнекаледонская впадина кристаллического фундамента;
10 — участки распространения плащеподобных отложений; 11 — условный контур Мелекесско-Аксубаевской депрессии;
12, 13, 14 — линии выклинивания животеских, пашийских и бавлинских впадин фундамента;

Сарайлинский прогиб представляет собой сравнительно узкое долинообразное понижение юго-западного простирания. Ширина его в средней части не превышает 15–20 км, а глубина 20–30 м.

5. Структуры стратиграфических горизонтов осадочного покрова в соответствии с распределением их мощностей являются выражением отражения (позитивного или негативного) перечисленных структурно-морфологических элементов фундамента.

По кровле бавлинской толщи нивелируются Боровско-Бавлинская впадина и все ее глубокие локальные понижения, и на их месте образуются Бавлинская и Серафимовская положительные структуры. Строение Камско-Бельской впадины пока что нами не изучено, мало данных.

Живетские слои на тех площадях, где они присутствуют, в структурном отношении в основном повторяют рельеф кристаллического фундамента, покрывая чехлом его положительные структурно-морфологические элементы. Это обусловлено тем, что ни один из указанных прогибов и депрессий фундамента осадками животского яруса не выравнивается (не компенсируется). Весьма четко по животским слоям отражается Альметьевско-Туймазинский и Елабужско-Бондюжский (Камские) выступы кристаллического фундамента (рис. 3). Альметьевско-Туймазинское поднятие животских слоев представляет исключительно крупную структуру второго порядка.

Таким образом, между структурными элементами фундамента и животских слоев устанавливается общее соответствие. Но следует при этом заметить, что животские слои в структурном отношении не являются лишь пассивными носителями форм рельефа фундамента. Они порождают и собственные структурные элементы. В частности, купол Альметьевско-Туймазинского поднятия смещается относительно купола выступа фундамента к юго-западу, примерно, на 8–10 км. Кроме того, по кровле животских слоев возникает ряд структур третьего порядка, не имеющих своих корней в кристаллическом фундаменте.

Пашийские слои в структурном отношении в общих чертах повторяют формы залегания животских слоев, особенно в зоне Альметьевско-Туймазинского поднятия, где по их кровле формируется крупная структура второго порядка, которая почти целиком является нефтеносной. Вместе с этим пашийские слои на некоторых площадях уже начинают компенсировать отдельные прогибы кристаллического фундамента. В частности, по кровле пашийских слоев имеет тенденцию к затуханию северная часть Казанско-Ульяновского прогиба (рис. 4).

Совершенно иную структурную ситуацию мы наблюдаем по кровле угленосной свиты. Здесь Казанский прогиб и Кукморско-Мамадышский выступ превращаются в свои противоположности (рис. 5). Это происходит по той причине, что в районе Казанского прогиба мощность толщи пород от кристаллического фундамента до кровли угленосной свиты значительно превышает таковую в районе Кукморско-Мамадышского выступа фундамента. Однако не все структуры пашийских слоев так бесследно погребены и потеряли свою связь со структурами угленосной свиты. Некоторые элементы структуры пашийских слоев в той или иной вариации отражены и по кровле карбона. К ним, в частности, относятся Альметьевско-Туймазинское поднятие, Камские поднятия, Мелекесско-Аксубаевская депрессия, Сарайлинский прогиб. Но все эти отражения неполные и сильно искажены собственными структурными элементами угленосной свиты. Искажение происходит, главным образом, по той причине, что в Татарии, как правило, своды структур более молодых отложений в силу позднеальпийских тектонических нарушений смещаются

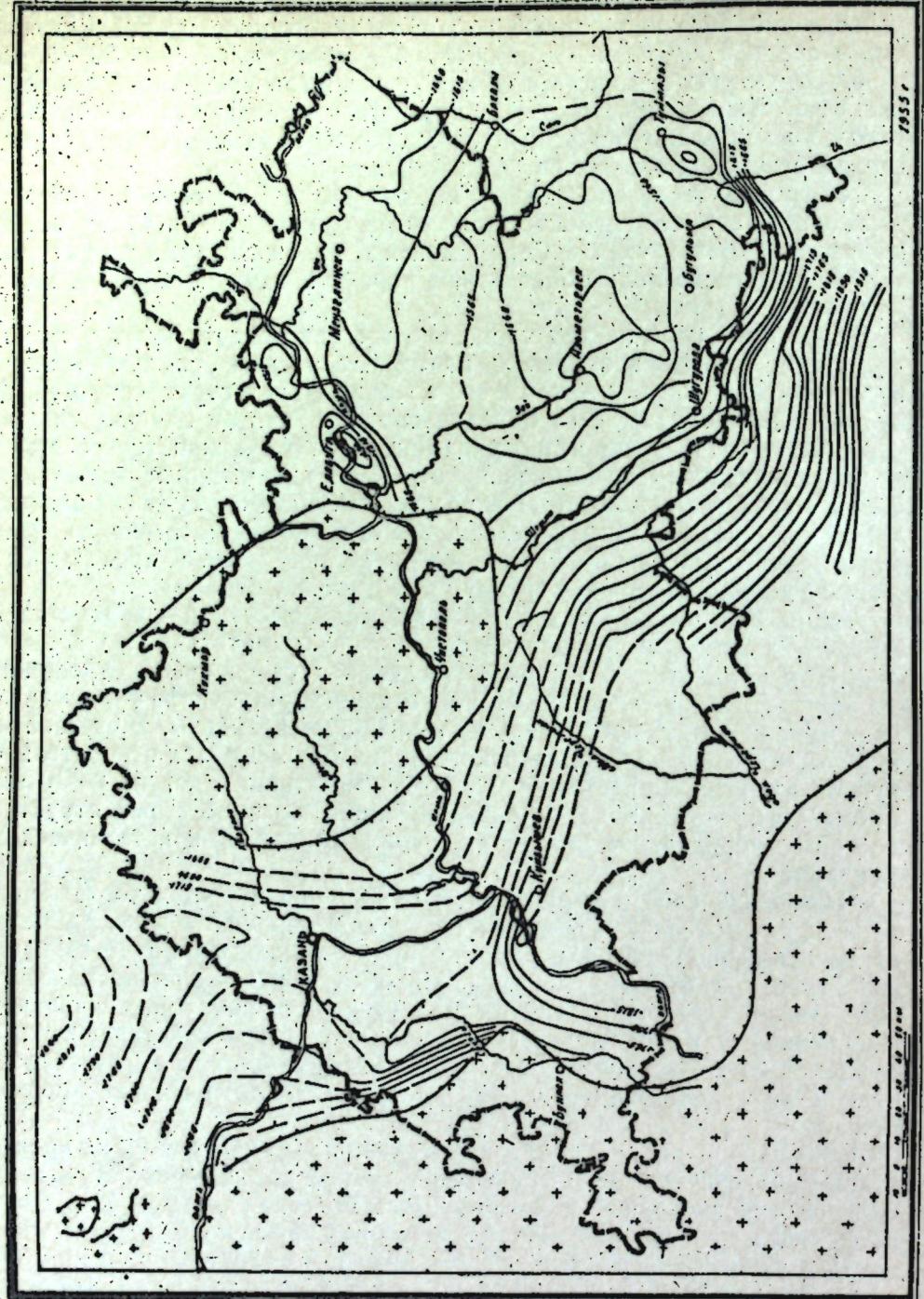


Рис. 3. Схематическая структурная карта Татарии по кровле живот-сниковых отложений. Составил Б. Юсупов.
+ — площади отсутствия животных и более древних отложений палеозоя.

104

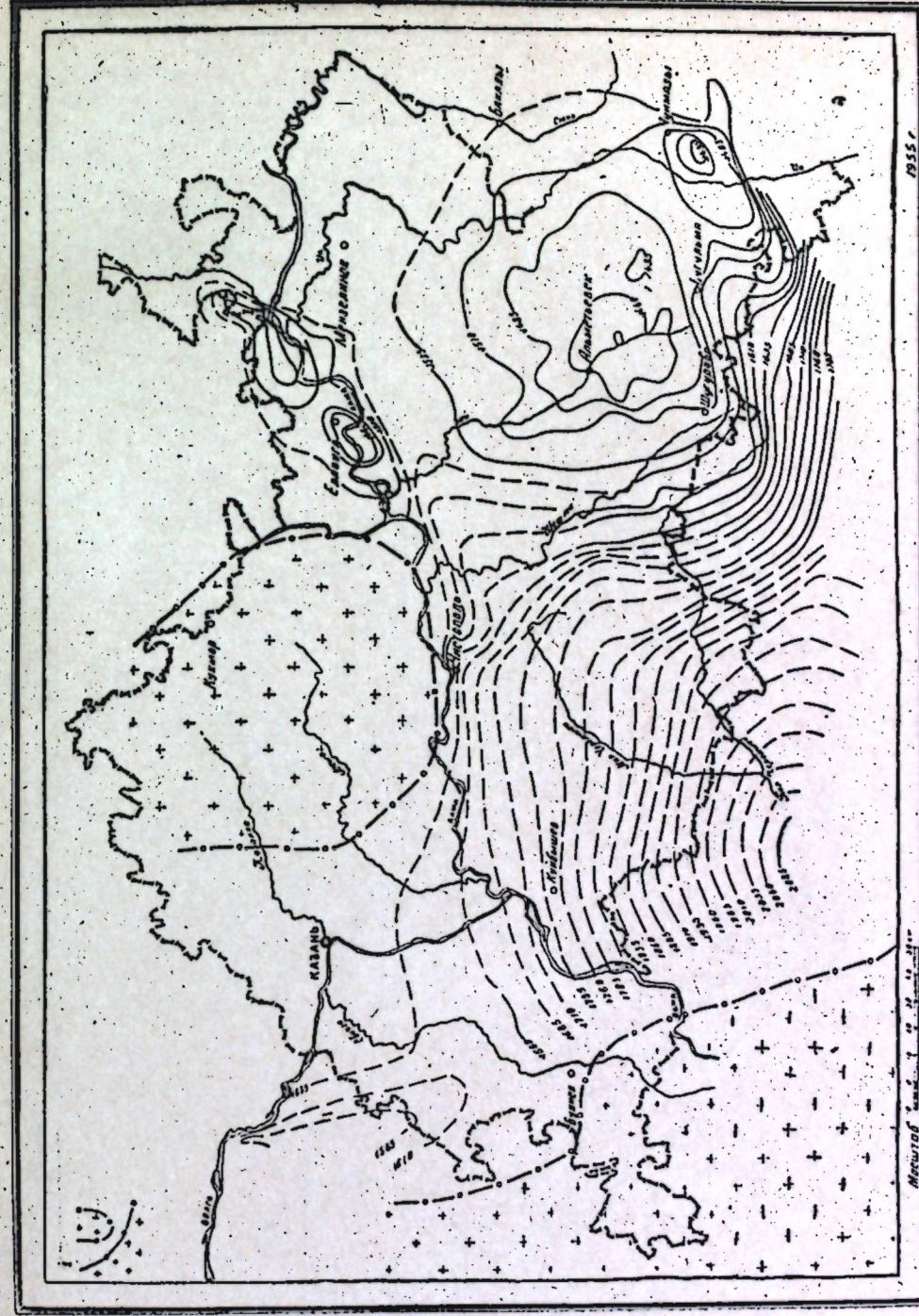


Рис. 4. Схематическая структурная карта Татарии по кровле пашинских отложений. Составил Б. Юсупов.
1 — площади отсутствия пашинских и более древних отложений палеозоя.

105

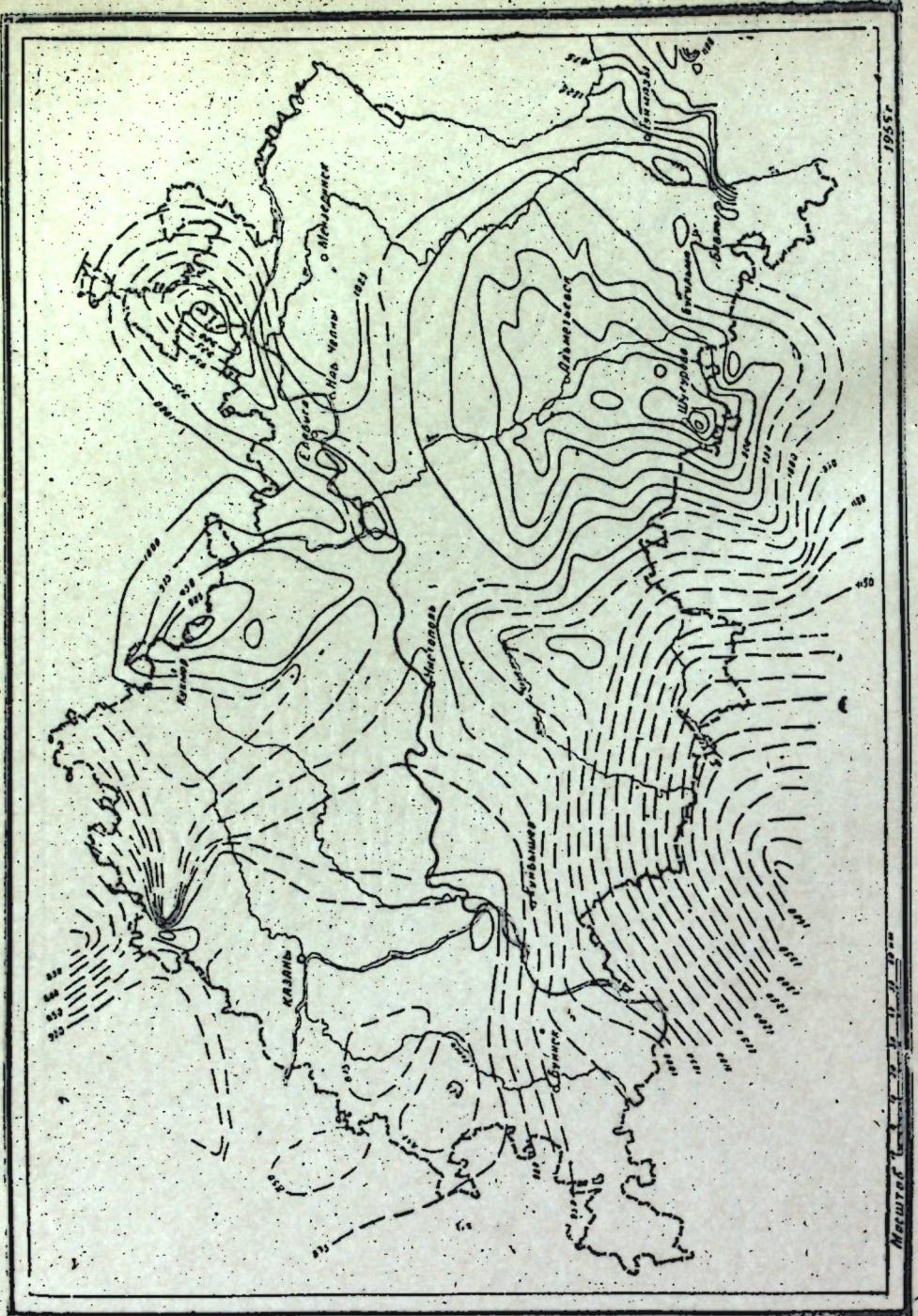


Рис. 5. Структурная карта Татарии по кровле угленосной свиты.
Составил Б. Юсупов.

относительно сводов структур более древних образований в сторону увеличения мощности осадочного покрова.

Следует заметить, что кровля угленосной свиты, наряду с региональными, сильно осложнена локальными структурами. То же самое происходит и по другим более молодым отложениям палеозоя, в частности, по кровле верея, нижней перми и нижнеказанских отложений. Эти осложнения во многом обусловлены предвзейским, предверейским и предуфимским размывами.

6. Рассматриваемый структурно-тектонический план кристаллического фундамента и стратиграфических комплексов палеозоя является общим итогом длительной и сложной истории тектонического развития Татарии. В нем воплощены результаты многократных тектонических нарушений, проявлявшихся в различное время, в различных формах и направлениях.

Для того, чтобы иметь представление о времени возникновения и о характере изменения указанных выше структурных форм, произведем краткий палеогеографический и палеотектонический обзор территории.

Как известно, в протерозое Татария представляла собой сушу, сложенную сильно метаморфизованными и дислоцированными породами кристаллического фундамента. Мы не знаем, из каких структурно-морфологических элементов состояла эта суша. Ясно только то, что она представляла собой какую-то возвышенность в системе Сарматского щита Н. С. Шатского [10].

В конце протерозоя, в связи с развитием восточного склона Русской платформы, произошли значительные структурные изменения территории Татарии. В это время начали образовываться Боровско-Бавлинская и Камско-Бельская впадины, в условиях дальнейшего развития которых откладывались осадки древнего палеозоя (бавлинская толща). Граница этих древних впадин определяется линией выклинивания бавлинских осадков (рис. 2).

Таким образом, в начале древнего палеозоя произошло расчленение фундамента Татарии на две тектонические зоны: зону погружения и зону воздымания. Первая находилась в сфере влияния Уральской геосинклиналии, а вторая — восточного массива Сарматского щита или Центрального массива по М. Ф. Мирчинку и А. А. Бакирову [6].

В конце кембрия и силуре произошло общее региональное поднятие Урало-Волжской области и установилась суша, сложенная на крайнем востоке Татарии отложениями бавлинской свиты, а на остальной ее части — породами кристаллического фундамента.

В эйфельский век зона древнего погружения вновь приобретает мобильность, и в связи с этим прогиб начинает мигрировать несколько дальше на запад, захватывая новые участки кристаллического массива. В условиях этого прогиба происходит трансгрессия девонского моря и отложение песчано-глинистых, а также карбонатных осадков эйфельского яруса среднего девона (рис. 6).

В живетский век миграция прогиба и трансгрессия девонского моря распространяется далеко на запад в пределы восточного (центрального) массива, и Уральское девонское море соединяется с девонским бассейном Подмосковья (рис. 7). Но Мелекесско-Аксубаевская депрессия в то время, как таковая, еще не существовала. Здесь, так же как в районе Ульяновска и в районах Предволжья, господствовал режим сушки. Также господствовала суша в районе северо-западного выступа Татарского свода. В районе юго-востока Татарии существовал прогиб, который мы называем Шугуровским. В это время началось формирование Татарского свода.

Прогибы, окружающие Татарский свод, развивались медленно,

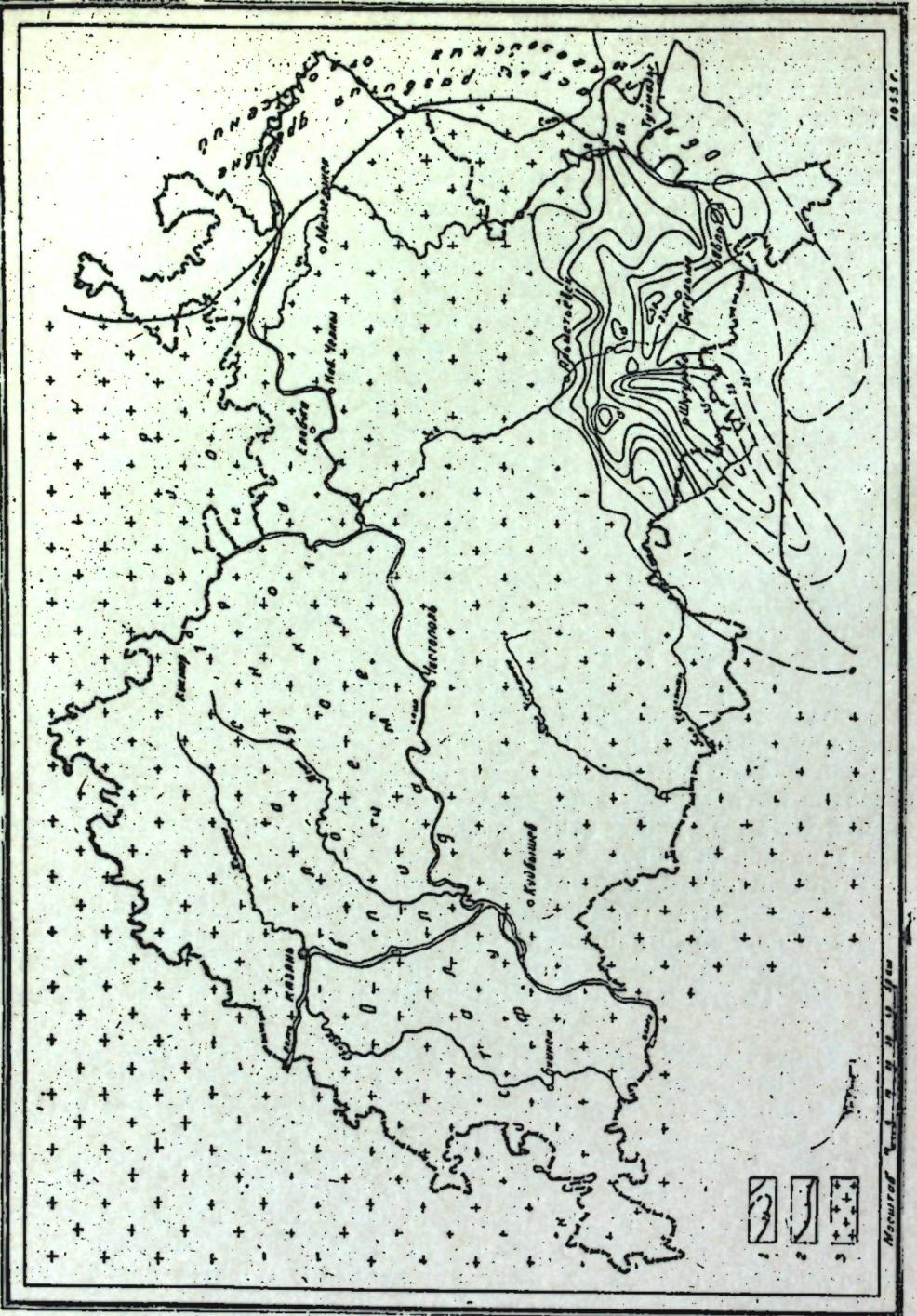


Рис. 6. Палеогеографическая карта Татарии к концу эйфельского века.
Составил Б. Юсупов.
1 — изолиния эйфельских отложений; 2 — зона выклинивания бавлинских отложений; 3 — область эйфельских отложений, отсутствия.

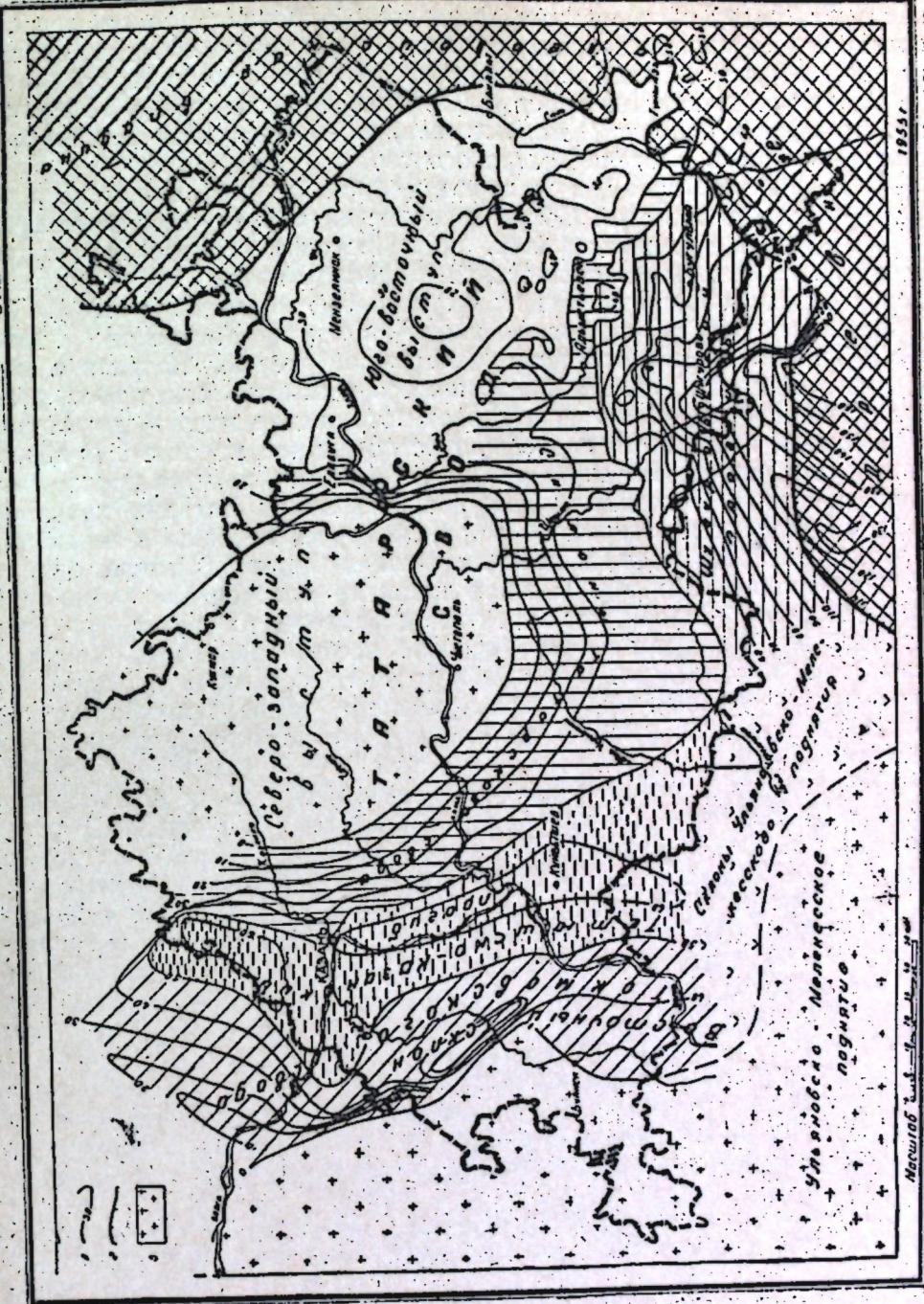


Рис. 7. Схема рельефа кристаллического фундамента к концу животного века.
Составил Б. Юсупов.
1 — изолинии среднедревновикических отложений; 2 — граница древней впадины; 3 — область отсутствия животных и более древних отложений палеозоя.

чередуясь с временными поднятиями, обусловившими чередование песчаных пород с глинистыми. Этим же обусловлено закономерное сокращение толщи животских отложений в сторону области сноса, главным образом за счет выпадения нижних комплексов пород.

Структура животских слоев в Татарии, по-видимому, в то время представляла в основном моноклиналь, поднимавшуюся в сторону северо-западного выступа Татарского свода.

В палеогеографии Татарии существенных изменений не произошло. Сохранились те же структурные элементы, которые были в животский век, но в несколько измененном виде. В частности, несколько расширился Казанский прогиб за счет сокращения соседних поднятий кристаллического фундамента (рис. 8). Но значительная часть северо-западного выступа Татарского свода и в палеогеографии осталась не покрытой морем. Начиная с кыновского времени, Татария превращается в область сплошного развития девонского моря и испытывает погружение вплоть до конца турнейского века, когда произошло региональное поднятие. В визе вновь установился морской режим, а в конце намюра произошло новое поднятие. В среднекаменноугольную эпоху Татария характеризуется развитием открытого моря, которое перешло в пермский период и господствовало в течение нижней перми. В конце артинского века произошло региональное поднятие местности, а затем опускание и развитие моря, которое господствовало до триаса. Начиная с триаса и до современности большая часть территории Татарии испытывает континентальный режим (поднятие) и лишь на крайнем юго-западе в мезозое, а в районах указанных выше прогибов и депрессий в плиоцене, существовали некоторые водоемы опресненного мелкомузей.

Доплиоценовый размыв уничтожил значительные толщи верхнепермских отложений, особенно в районах Низового Прикамья. Таковы в общих чертах условия, в которых формировалась осадочная толща и ее стратиграфические горизонты на рассматриваемой территории.

7. Структуры каждого стратиграфического горизонта формировались в зависимости от характера рельефа подстилающих образований, преемствуя тектонику предыдущей эпохи, и преобразовывались в зависимости от особенностей дальнейшего изменения направления тектонических движений кристаллического фундамента. Структуры претерпевали многократные изменения.

В связи с этим возникает необходимость выяснить время начала образования и установления современной ситуации нефтеносных структур, что имеет принципиально важное значение в выявлении закономерности и механизма формирования нефтяных месторождений.

8. По мнению некоторых исследователей, нефтяные залежи образуются лишь в том случае, если в процессе осадконакопления формируются благоприятные для аккумуляции нефти структуры. Они допускают существование особых, специфических структурообразующих сил.

Нередко в геологических отчетах отдельных геологов приходится читать, что Ромашкинская нефтеносная структура, как таковая, возникла в палеогеографии и кыновское время и с тех пор существует на том месте, где мы ее сейчас находим. Поэтому в их представлении она нефтеносная. А вот структуры Вятского вала (Улема, Камское Устье, Верхний Услон, Казаклар, Шурги-Ял и др.), не являются нефтеносными, оказывается, по причине позднего их формирования. На основе палеотектонических построений посмотрим, насколько правы эти геологи, действительно ли Ромашкинская структура существует с кыновского времени. Как показывают изопахиты (рис. 8),

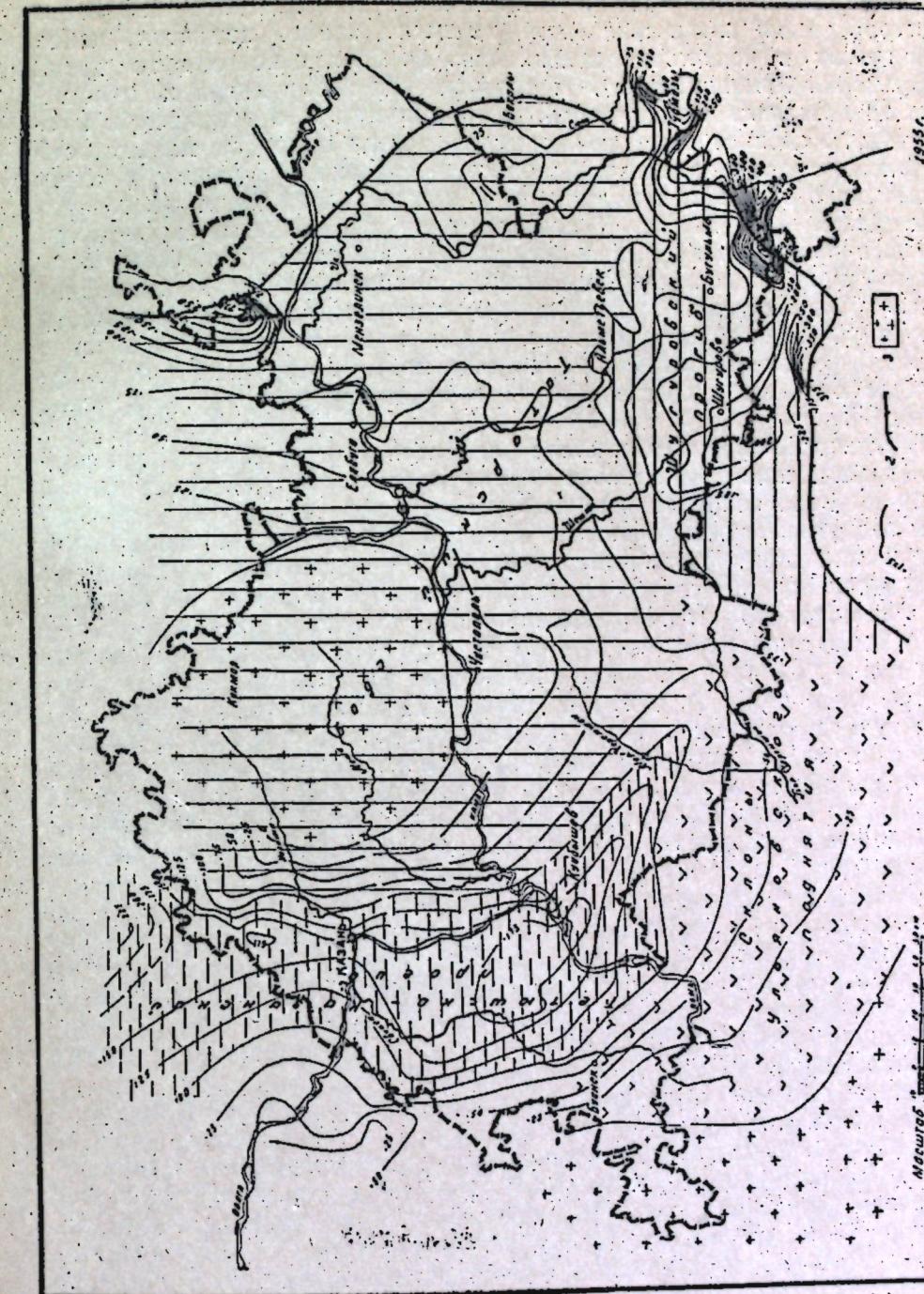


Рис. 8. Схема рельефа кристаллического фундамента к концу палеогеографии и кыновского времени.
Составил Б. Юсупов.
1 — изолинии монолитов толщи пород от кровли палеозойских отложений до кристаллического фундамента; 2 — граница древней впадины; 3 — площадь отсутствия палеозойских и более древних отложений палеозоя.

в конце пашийского времени в пределах Ромашкинского нефтяного месторождения пашийские слои не имели такого поднятия, какое они имеют в настоящее время (фиг. 4). Скорее всего, в то время территория Ромашкинского месторождения в структурном отношении представляла моноклиналь, погружающуюся в основном к юго-востоку. Условная отметка (мощность толщи пород от поверхности фундамента до кровли пашийской свиты) кровли фундамента к концу пашийского времени, например, в районе месторождения колебалась в пределах -75 — 100 м. К северо-западу она повышалась до нуля, а к юго-востоку непрерывно погружалась до отметки -700 м. Указанная моноклиналь, по-видимому, сохранилась и в кыновское время. Следовательно, говорить о существовании Ромашкинской структуры и нефтяного месторождения в пашийское и кыновское время мы не имеем оснований. По данным М. Ф. Мирчинка и В. П. Бухарцева оно не существовало и в верхнефранское и фаменское время [7].

В угленосное время, т. е. после регионального предвизейского поднятия, пашийские слои здесь в структурном отношении представляли собой циркообразное понижение, ограниченное с востока Туймазинским поднятием, а северо-востока и севера — Бакалинско-Мензелинской грядой поднятий. Условные отметки (мощность толщи пород от кровли угленосной свиты до кровли пашийской свиты) на территории Ромашкинского месторождения определяются в пределах -600 — 625 м, а на поднятиях — 425 — 525 м (рис. 9). Бакалинско-Мензелинская грива поднятий располагалась в зоне далекой периклинали современной структуры месторождения. Приблизительно такую же структурную ситуацию, что и в конце угленосного времени, пашийские слои на рассматриваемой территории имели и к концу верейского времени (рис. 10). Уровень кровли пашийских отложений на территории Ромашкинского месторождения для этого времени мы определяем в пределах -900 — 925 м, а в Туймазинской и Бакалинско-Мензелинской зонах в пределах -825 — 875 м условной отметки.

К концу швагеринового времени (рис. 11) пашийские слои рассматриваемого месторождения в структурном отношении представляли моноклинальный склон, погружающийся с востока на запад. При этом максимальные высоты с условными отметками -1250 — 1325 м располагались восточнее города Бугульмы — в зоне восточного и северо-восточного склонов современной структуры и в зоне Бавлинского и Туймазинского нефтяных месторождений.

Таким образом, в фаменское, угленосное, верейское и швагериновое время для аккумуляции нефти на территории собственно Ромашкинского нефтяного месторождения соответствующих структурных и гидродинамических условий еще не было. В силу условий перепада давлений, нефть в указанные выше периоды палеозоя должна была мигрировать (если она тогда была) с юго-запада на восток в зоны Туймазинской и Бакалинско-Мензелинской гряды поднятий, особенно в первую, где подъем пашийских слоев, а, следовательно, и градиент перепада давлений был относительно велик.

Соответствующие для аккумуляции нефти структурные условия в пашийских слоях Ромашкинского месторождения создались лишь к концу нижнеказанского века, когда образовалась вытянутая с юго-востока на северо-запад структура с амплитудой около 50 м (рис. 12). Расположенная к востоку от месторождения ранее приподнятая зона пашийских слоев, в силу кунгурской депрессии, в казанское время оказалась гипсометрически ниже, чем уровень залегания этих слоев на Ромашкинской площади. В связи с этими структурными изменениями, по нашему мнению, увеличился градиент перепада давления и началась миграция нефти в сторону Ромашкинского нефтяного

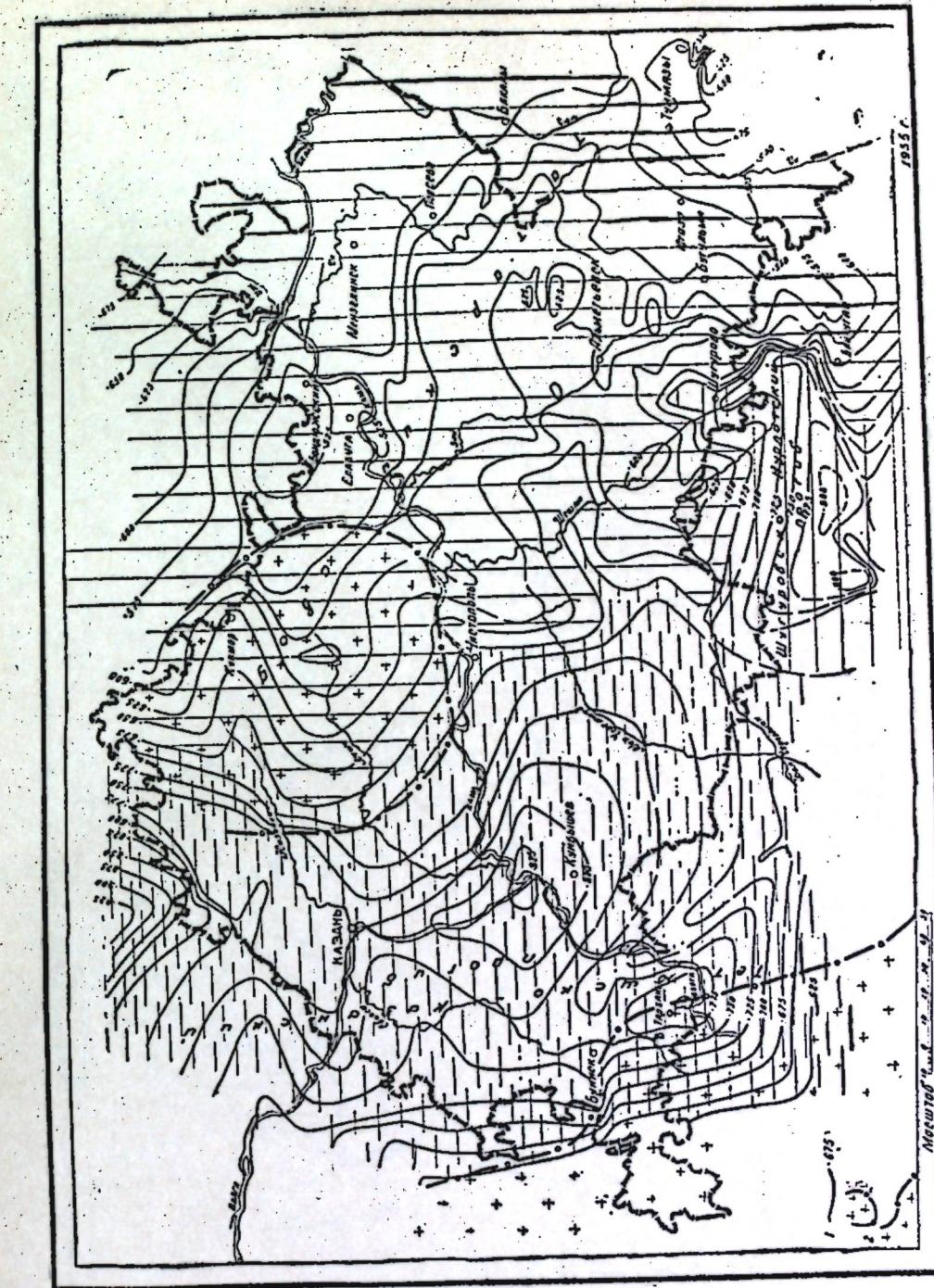


Рис. 9. Схема рельефа кровли пашийских отложений Татарии к концу угленосного времени.
Составил Б. Юсупов.
1 — изолинии толщи пород от кровли угленосных до кровли пашийских отложений; 2 — площади, где отсутствуют пашийские отложения.

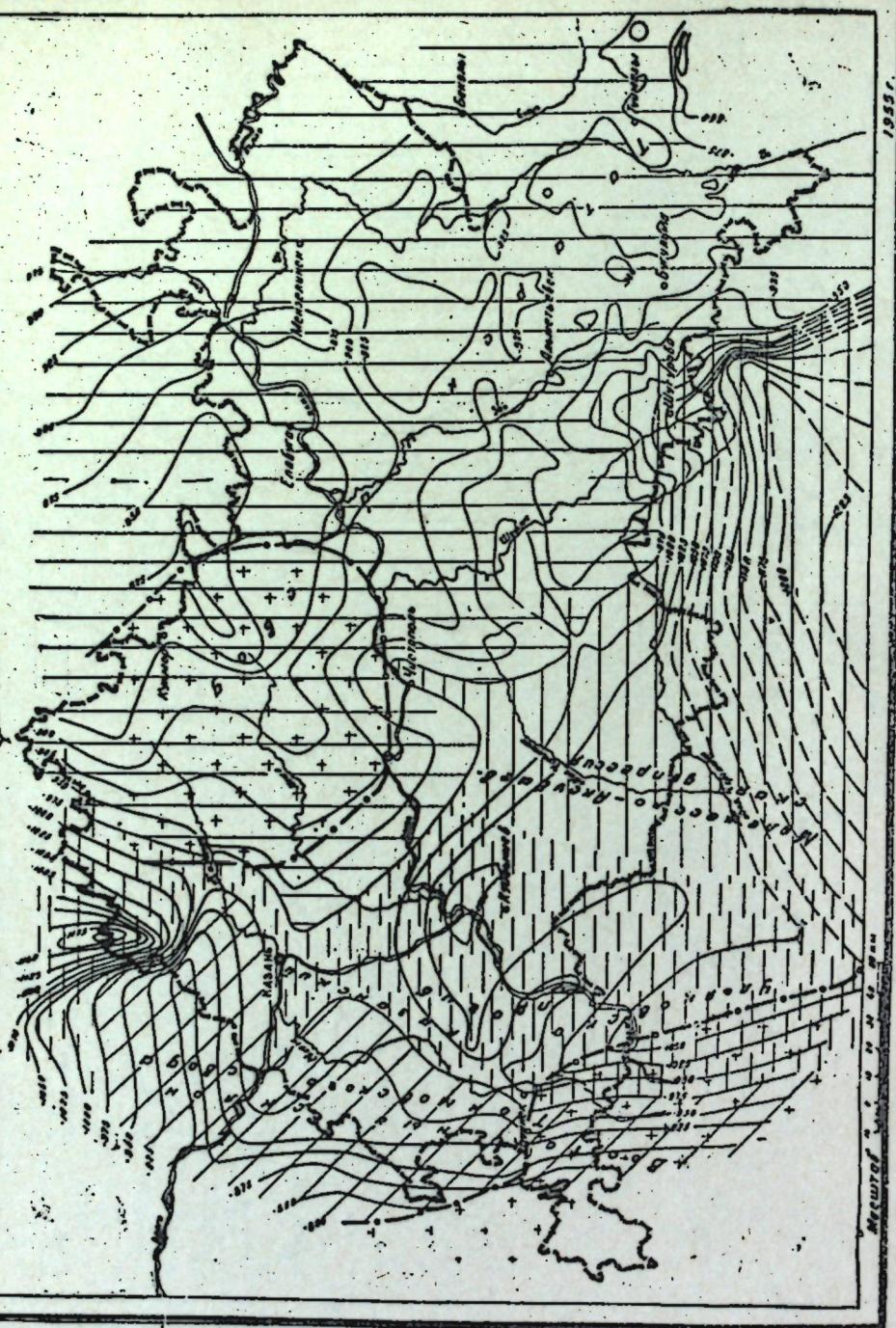


Рис. 10. Схема рельефа кровли пашийских отложений Татарии к концу вереского времени.
Составил Б. Юсупов.
1 — изолинии мощности толщи пород от кровли вереских до кровли пашийских отложений;
2 — площасти отсутствия пашийских отложений.

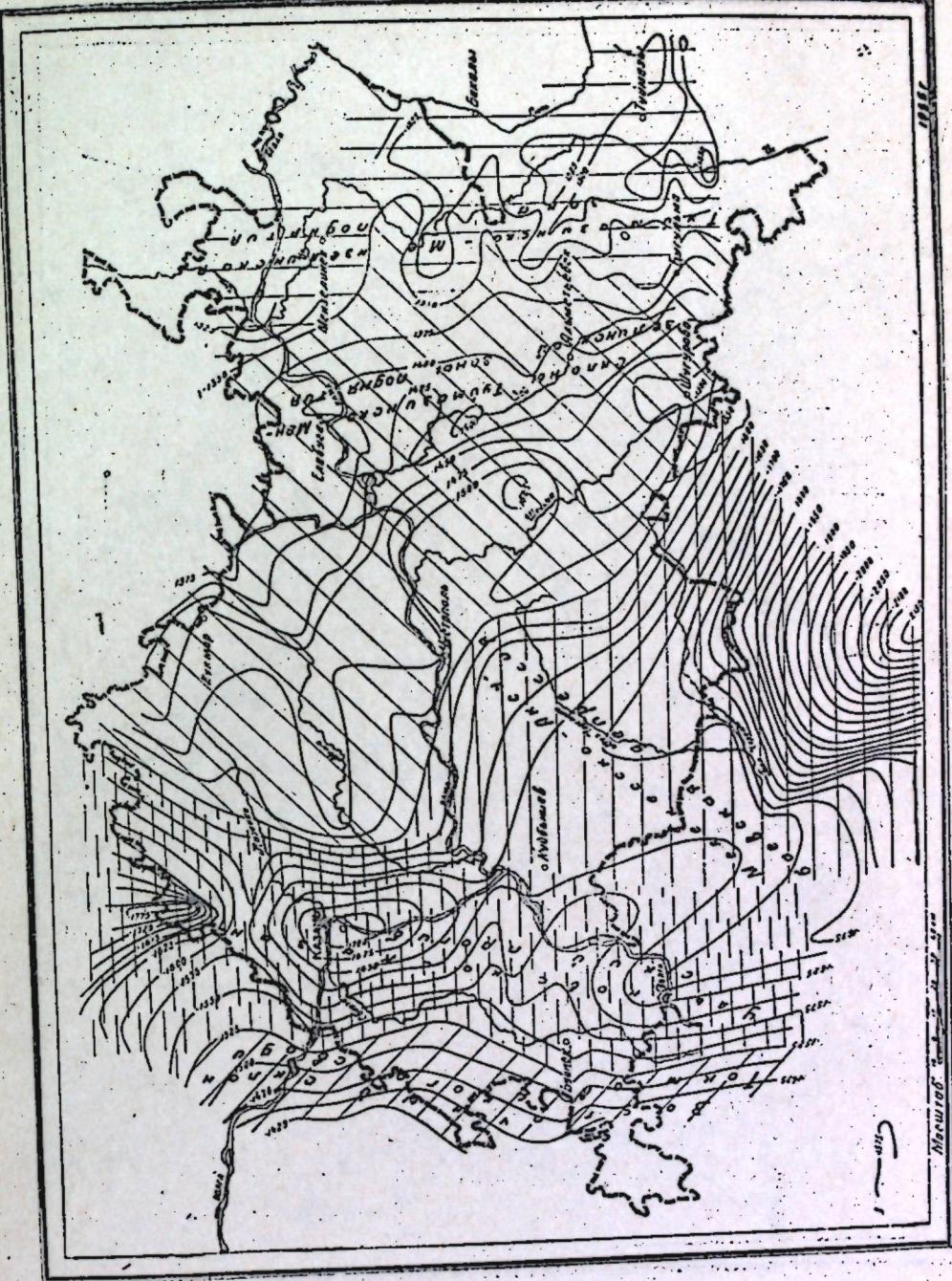


Рис. 11. Схема рельефа кровли пашийских отложений Татарии к концу швагеринского времени.
Составил Б. Юсупов.
1 — изолинии мощности толщи пород от кровли швагеринского горизонта до кровли пашийской свиты.

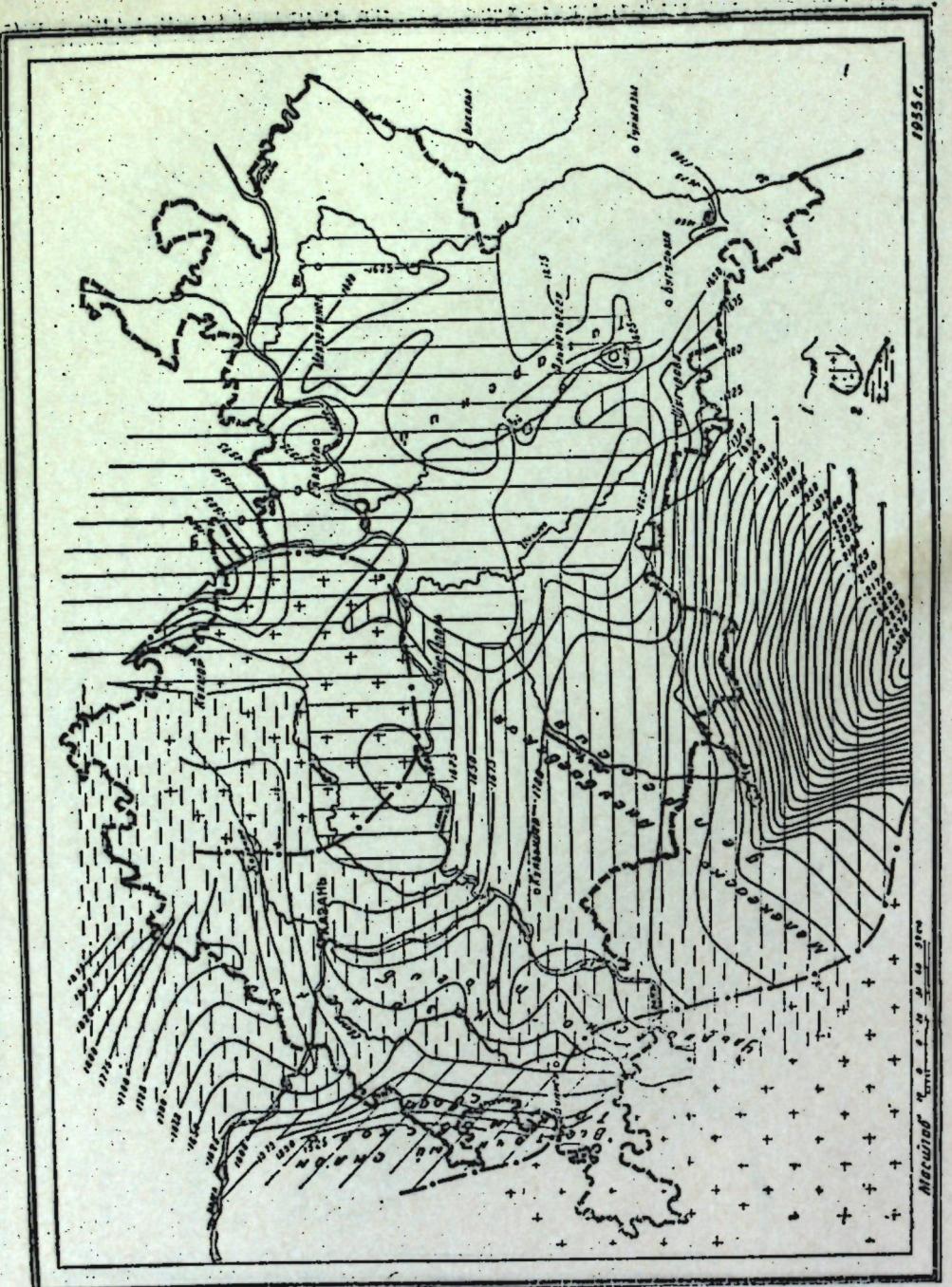


Рис. 12. Схема рельефа
провали палеозойских отло-
жений Татарии к концу
нижнеказанского века.
Составил Б. Юсупов.
1 — изолинии толщи по-
ров от кровли нижне-
канских до кровли палео-
зойских отложений;
2 — площади отсутствий
палеозойских отложений.

месторождения. В сложившихся в нижнеказанское время структурно-тектонических условиях в палеозойских слоях миграция нефти могла идти с юга на север до районов Прикамья. Возможно, что нефтяная залежь на Елабужской площади является результатом аккумуляции углеводородов именно этого времени. Но для миграции углеводородов далее на север и северо-запад в это время не было соответствующих структурно-тектонических условий. К тому же, в этом направлении ухудшаются, а местами и выклиниваются коллекторы. Некоторый перепад давления, правда с меньшим градиентом, чем на Ромашкинской площади, установился в то время и в сторону северной зоны Мелекесско-Аксубаевской депрессии, особенно на Нурлатской, Аксубаевской, Ново-Ибрайкинской площадях, возможно, связана с этим перепадом давления. В названной зоне депрессии, в силу недостаточной плотности покрышки палеозойских слоев и относительно низкого положения нефтеносного пласта и отсутствия в них надежных структурных и литологических ловушек, значительная часть нефти поднималась стратиграфически выше и образовала нефтяные залежи в слоях турнея или угленосной свиты. Исключительно большое количество нефти аккумулировалось в слоях перми (Сюкеево, Фикнов-Колок и др.), а еще большее количество, по-видимому, было уничтожено. По структурным условиям, миграция нефти в пределах этой части Татарии могла бы дойти до В.-Услонской площади. Однако, как показали разведочные данные, признаки нефти в этих западных районах, несмотря на наличие прекрасных коллекторов, отсутствуют. Судя по распространению битумов, мы полагаем, что миграция нефти в указанном направлении в районе р. Камы почти прекратилась. Вероятно, произошли какие-то тектонические изменения (нарушения), создавшие неблагоприятные условия для боковой миграции нефти. Прекращением боковой миграции мы объясняем отсутствие промышленных залежей нефти в районах южного окончания Вятского вала, что установлено бурением на многочисленных площадях (Улема, Камское Устье, Верхний Услон, Янга-Аул, Казаклар, Ронга, Шурги-Ял и др.). По-видимому, терригенные отложения Вятского вала, несмотря на то, что они представлены почти теми же осадками, что и на юго-востоке Татарии, не являются нефтепродуцирующими. В противном случае В.-Услонская структура, которая имеет весьма хорошие коллекторы и имела исключительно благоприятные (такие же, как на Ромашкинской площади) структурные и, по-видимому, гидродинамические условия в течение верхнего девона, всего карбона и всей перми, была бы нефтеносной. А здесь мы не имеем даже признаков нефти ни в девоне, ни в карбоне, ни в перми. Обильные битумопроявления в пермских отложениях, богатые нефтяные залежи в девоне и карбоне в Закамской, особенно в юго-восточной части, и отсутствие таковых в районах Заволжья и Предволгья Татарии выступают, на наш взгляд, как убедительные факты, подтверждающие справедливость высказанного выше предположения о миграции нефти в Татарию с юга и юго-востока, в соответствии с ее палеотектоническими и гидродинамическими условиями развития. Подтверждением этому предположению служит также обильная нефтеносность земель, расположенных к востоку и к югу (Башкирия, Чкаловская, Куйбышевская, Саратовская, Сталинградская области) и отсутствие нефти в землях, расположенных к северо-западу и западу от Татарии (Кировская область, Подмосковье, Марийская, Чувашская и Мордовская АССР). В указанных восточных и южных районах все более или менее известные структуры (Доно-Медведицкая, Саратовская, Жигулевская, Больше- и Малокинельская, Сокско-Шешминская, Бавлинско-Туйма-

зинская, Елабужско-Голюшурминская и др. зоны дислокаций) содержат многоярусные нефтяные и газовые месторождения. На многих из них первые же разведочные скважины выявили промышленную нефть (Туймазы, Бавлы, Шугуры, Ромашкино, Губино, Жигули и др.), не говоря уже об обильных нефтегазопроявлениях. В противоположность этому, в западных районах платформы, несмотря на сравнительно большое количество пробуренных разведочных скважин на хорошо известных структурах (Токмовский свод, Алатырский, Окско-Цинский, Вятский, Глазовский валы и др.), не только не выявлено ни одного нефтяного месторождения, но даже не выявлены более или менее убедительные нефтепроявления. В этих районах установлены лишь обильные выделения азотного газа (Булдыры, Рыбная Слобода, Камское Устье, Верхний Услон, Красновка, Пычас, Вожгалы и др.).

В свете изложенных фактов заслуживает серьезного внимания мнение тех исследователей, которые допускают широкую миграцию нефти, главным образом, из зон Прикаспийской и Предуральской депрессий [3, 4, 8, 9, 13].

Итак, согласно нашим палеотектоническим построениям, благоприятные тектонические условия для миграции нефти в Татарии установились в верхнепермскую эпоху. Эти условия сохранились и, вероятно, еще более улучшились с точки зрения накопления нефти, в период мезозойского и кайнозойского поднятия Закамья Татарии. В неогене произошло значительное структурное переустройство Закамья в связи с дизъюнктивными нарушениями в районах отмеченных выше прогибов, депрессий и впадин: возродилась древняя Камско-Бельская впадина, еще глубже погрузилась Мелекесско-Аксубаевская депрессия, образовался так называемый Сарайлинский прогиб, что подтверждается развитием на этих площадях плиоценовых отложений, отсутствующих в центральной части Ромашкинского месторождения (рис. 2). В результате этих нарушений структура Ромашкинского нефтяного месторождения получила современный облик. В результате этих же нарушений, по-видимому, прекратилась миграция нефти; нефть уже не прошла далее на север и северо-запад. В ряде районов Мелекесско-Аксубаевской депрессии, особенно в ее бортовых зонах происходила интенсивная вертикальная миграция — своего рода разгрузка углеводородов. Любопытно отметить, что эта зона совпадает с зоной разгрузки подземных вод.

9. Суммируя изложенные выше положения о развитии структур Татарии, мы приходим к следующим выводам.

Структурные элементы стратиграфических горизонтов палеозоя, а также и кристаллического фундамента Татарии являются разновозрастными. Структуры формировались частями в разное время в течение всего палеозоя и изменялись в мезокайнозое. В Татарии нет типичных складчатых структур. В своем возникновении они связаны с дизъюнктивными нарушениями кристаллического фундамента. В древнем палеозое, в связи с развитием восточного склона Русской платформы, начали формироваться некоторые восточные части склонов Татарского свода. Но Татарского свода, как такового, тогда еще не было. Он начал формироваться лишь в живетский век, но ось его в то время проходила значительно северо-восточнее, чем мы ее наблюдаем в настоящее время. В течение палеозоя положение оси свода менялось многократно и соответственно многократно изменялись структурные формы пашийских и других слоев осадочного покрова. И только лишь в неогене, в связи с образованием Сарайлинского прогиба, Татарский свод приобрел современный вид с двумя выступами, на юго-восточном из которых расположено Ромашкинское месторождение. Каледонскими и герцинскими тектони-

ческими движениями обусловлено отложение в сложных структурных сочетаниях стратиграфических комплексов палеозоя Татарии. Альпийские же тектонические движения привели к новым изменениям сложившегося к концу палеозоя структурно-тектонического плана. В современном структурном плане Татарии более рельефно отражены результаты альпийского дистрофизма.

Таким образом, нефтеносные структуры Татарии, в том числе и Ромашкинского месторождения, формировались не в процессе накопления осадков нефтесодержащих пород, а гораздо позже. Ромашкинское нефтяное месторождение, например, получило современную структурную ситуацию лишь в неогене. Следовательно, окончательное оформление месторождения также следует отнести к неогену. В неогене прекратилась миграция нефти к северу и западу Татарии, и территория Ромашкинского месторождения определилась как особая зона относительно низких пластовых давлений, как своеобразная подземная циклоническая зона, благоприятствовавшая концентрации углеводородов, как крупный центр нефтенакопления и как барьер на пути движения углеводородов с юга на север и с востока на запад.

Исходя из того положения, что нефтяные месторождения Татарии формировались за счет нефти, мигрировавшей из областей южного и восточного погружения Русской платформы, мы считаем высоко перспективными под разведку на нефть все склоны юго-восточного выступа, северо-восточный склон северо-западного выступа Татарского свода и район Камско-Бельской впадины. Перспективными являются северные борта Мелекесско-Аксубаевской депрессии, где могут быть локальные скопления нефти, главным образом, в каменноугольных отложениях, особенно в районах бассейнов рек Малого Черемшана, Сульчи и Большого Черемшана. В нашем представлении эти реки выработали свои долины в соответствии с тектоническими ступенями на юго-западном склоне Татарского свода и в районе северного борта Мелекесско-Аксубаевской депрессии. В районах правобережья этих рек могут быть погребенные девонские и каменноугольные структуры северо-восточного профиля, о чём в известной мере свидетельствуют орогидографические и геоморфологические особенности местности (направление и характер водоразделов). Мало перспективной является вся область, расположенная к северо-западу от Низового Прикамья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакиров А. А. и Мирчинк М. Ф. О некоторых вопросах теории геотектонического развития крупных структурных элементов земной коры в связи с изучением их нефтегазоносности. «Нефтяное хозяйство», 9, Гостоптехиздат, 1951.
2. Грязнов Н. К. О структуре Волго-Камской части Русской платформы. ДАН СССР, т. 78, № 4, 1951.
3. Козлов А. Л. Геосинклинали и нефтеносность краевых частей платформы (палеотектоника и нефтегазоносность). «Нефтяное хозяйство», №№ 3, 4, Гостоптехиздат, 1955.
4. Лобов В. А. Тектоника и нефтеносность Куйбышевской области (автореферат докторской диссертации). Куйбышев, 1955.
5. Мельников А. М. О поверхности кристаллических пород фундамента на территории Татарской АССР и прилегающих областей. ДАН СССР, том 103, № 5, 1955.
6. Мирчинк М. Ф. и Бакиров А. А. О геотектоническом развитии Русской платформы в связи с изучением ее нефтеносности. «Нефтяное хозяйство», № 1, Гостоптехиздат, 1951.
7. Мирчинк М. Ф., Бухарцев В. П. Об условиях распределения нефтяных залежей в девоне Волго-Уральской области. Нефтегазоносность Урало-Волжской области. Тр. совещ. по пробл. нефтегазоносности Урало-Поволжья. Изд. АН СССР, 1956.

8. Пьянков Н. А. О закономерностях в изменении свойств нефти Прикамья, «Нефтяное хозяйство», № 10, Гостоптехиздат, 1956.
9. Свищев М. Ф. О значении исторической тектоники в формировании промышленных залежей нефти и газа. «Нефтяное хозяйство», № 11, Гостоптехиздат, 1956.
10. Шатский Н. С. О древнейших отложениях осадочного чехла Русской платформы и об ее структуре в древнем палеозое. Изв. АН СССР, сер. геол., № 1, 1952.
11. Юсупов Б. М. К истории формирования Татарского свода. ДАН СССР, том 95, № 5, 1954.
12. Юсупов Б. М. Некоторые данные о структурных взаимоотношениях слоев палеозоя ю.-в. Татарии. ДАН СССР, том 104, № 6, 1955.
13. Юсупов Б. М. К вопросу о пересмотре методики нефтегазоразведочных работ в Татарии. Нефтегазоносность Урало-Волжской области. Труды совещания по проблеме нефтегазоносности Урало-Поволжья, 10—15 мая 1954 г. Москва, Академиздат, 1956.

В. И. Аверьянов

О ПЕРСПЕКТИВАХ НЕФТЕНОСНОСТИ ДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОКА ЗАКАМСКОЙ ЧАСТИ ТАТАРИИ

1. Грандиозные планы развития нашей страны в шестом пятилетии, намеченные XX съездом партии, ставят перед геологами-нефтяниками ответственные задачи по открытию и вовлечению в разработку новых нефтяных месторождений, особенно в пределах востока европейской части СССР.

На территории Урало-Поволжья основным резервом для увеличения запасов нефти являются девонские отложения, привлекающие, в связи с этим, пристальное внимание многих исследователей. В настоящей статье излагаются краткие выводы по их изучению на территории северо-востока закамской части Татарии.

Исследуемый район примыкает с севера к известному по своим размерам Ромашкинскому месторождению и по существу представляет собой его северное продолжение. Однако этот участок, в противоположность другим районам Закамья, оставался до последнего времени крайне слабо изученным, так как разбуривание его началось лишь в 1951 году.

Полученный к настоящему времени в результате бурения фактический материал позволяет в какой-то мере судить о перспективах нефтеносности указанного района.

2. Известно, что возможность образования скоплений нефти и сохранения их от разрушения на какой-либо территории определяется:

1) наличием в разрезе в пределах исследуемой территории нефтематеринских пород или возможностью миграции нефти из соседних районов;

2) присутствием ловушек структурного или литолого-стратиграфического типа;

3) достаточной открытой пористостью и проницаемостью пород;

4) наличием непроницаемых покрышек над породами-коллекторами;

5) надлежащими гидрогеологическими условиями;

6) благоприятной для сохранения залежей от разрушения историей развития района.

В настоящей статье показано, насколько эти условия соблюdenы на территории северо-востока закамской части Татарии.

3. Девонские отложения здесь, как и на большей части территории Волго-Уральской области, по составу слагающих их пород имеют двуслойное строение. В основании их залегают терригенные породы и эта часть разреза выделяется как терригенная формация. Карбонатные прослои имеют в ней подчиненное значение — редки и невелики по мощности. По своему стратиграфическому объему она соответствует живетскому ярусу, пашийской и кыновской свитам нижнефранского подъяруса.

Вышележащая толща пород, обнимающая отложения саргаевской свиты, средне- и верхнефранского подъярусов и фаменского яруса, сложена карбонатными породами и объединяется в так называемую карбонатную формацию.

Наибольший интерес представляют отложения терригенной формации девона, промышленно нефтеносные во многих районах Второго Баку. Породы слагающие ее, независимо от их стратиграфической приуроченности, обладают многими общими чертами.

Песчаники по составу являются преимущественно кварцевыми, обычно мелкозернистыми, алевритистыми. Они обладают массивно-слоистой, реже — косослоистой и спутаннослоистой текстурой. Алевролиты также кварцевые, в той или иной степени песчаные и глинистые, иногда сидеритизированные, с массивной, комковатой, волнисто- и линзовидно-слоистой текстурой.

Аргиллиты или не содержат примеси песчано-алевритового материала (преимущественно в кыновской свите и в пачке над "средним известняком"), или могут быть сильно алевритовыми и песчано-алевритовыми. Основными слагающими их минералами являются гидрослюды, кроме того, в небольшом количестве встречаются галлуазит и каолинит. Текстура аргиллитов тонкослоистая, оскольчатая, комковатая, массивная, волнистослоистая.

В качестве постоянных включений отмечаются в этих породах: 1) обугленные растительные остатки и детрит, 2) пирит в виде кубических кристаллов величиной 0,02—0,1 мм и зернистых агрегатных выделений неправильной формы, размером до 1—2,3 мм) сфериты и сферолиты сидерита до 2 мм в диаметре. Известняки, доломиты, сидерит и оолитовые шамозитовые руды встречаются в рассматриваемых отложениях в виде линз и отдельных прослоев.

Характер пород терригенной формации девона показывает, что формирование их происходило преимущественно в условиях мелководного эпиконтинентального бассейна при устойчивом погружении его дна, когда во время отложения осадков, вместе с минеральной их частью, накапливались значительные количества органического вещества, притом нередко (обычно при формировании аргиллитов и глинистых алевролитов) в восстановительной малоподвижной обстановке. На это указывает тонкая горизонтальная слоистость, часто присущая породам, их ненарушенная текстура, значительное содержание сульфидной серы (до 3,9%), периодически повторявшиеся условия сидеритовой и шамозитовой геохимических фаций.

Такая обстановка обеспечила последующее изменение органического вещества под влиянием ряда общизвестных факторов (энергия радиоактивного излучения, жизнедеятельность бактерий, давление и др.) в направлении нефтеобразования. Об этом свидетельствует активность первичных процессов битумизации, присутствие битума в аргиллитах, где он может быть лишь сингенетичным и т. д. Значительные количества рассеянного органического вещества (0,90% или 22,5 кг/м³) и битума (в среднем 0,05% или 1,25 кг/м³) в породах нефесборных площадей, во много раз превышающие их сконцентрированные запасы, также указывают на такую возможность.

Карбонатная формация девона сложена преимущественно известняками и доломитами. Известняки серые, иногда (особенно в нижней части формации) битуминозные, глинистые, окремнелые и пиритизированные. Характеризуются они массивной, косо- и волнисто-слоистой текстурой.

Доломиты этой формации обычно сложены неправильными изометричными зернами, реже ромбоэдрами с трещинками спайности. Из включений в них, как и в известняках, встречаются пирит в виде зерен, стяжений и кубических кристаллов, глауконит в форме ред-

ких зерен округлой и овально-удлиненной формы до 0,2—0,5 мм в диаметре, а также стяжения ангидрита и гипса.

Благоприятная обстановка для превращения органического вещества в битумы нефтяного ряда имелась, вероятно, и во время образования пород карбонатной формации (в особенности в доманиковое и частично — мендымское и саргаевское время), но коллекторы в этих отложениях отсутствуют, процесс миграции был ограничен, поэтому формирования в них промышленных скоплений нефти не произошло.

4. В тектоническом отношении район исследований входит в состав северо-восточной части южного купола Татарского свода и юго-восточной части северного (рис. 1).

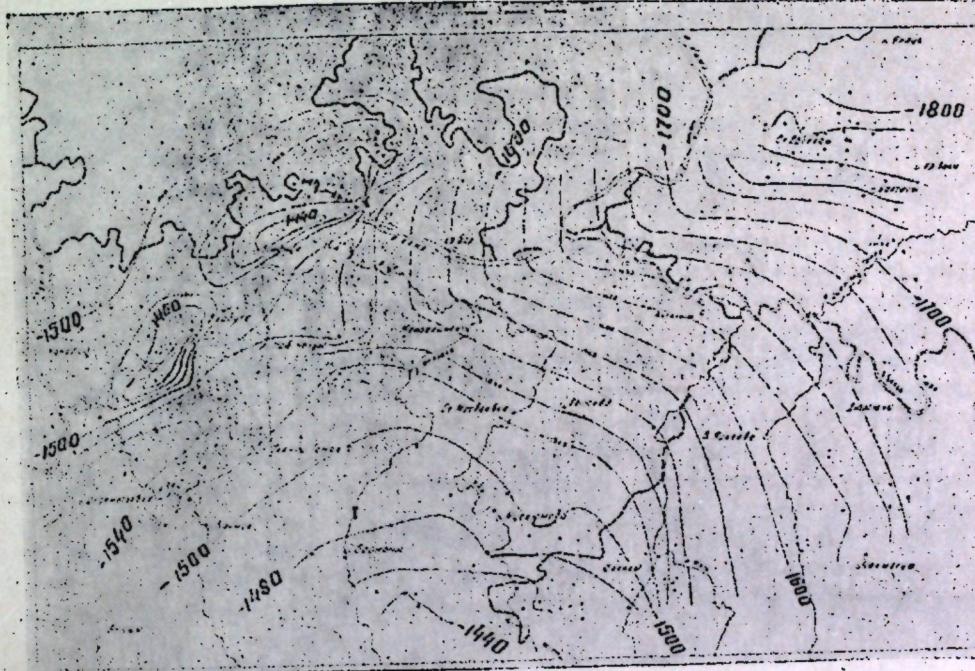


Рис. 1. Структурная карта северо-восточной Татарии и прилегающих площадей Западной Башкирии по кровле саргаевских отложений.

Анализ структурного положения слоев показывает, что по кровле саргаевских отложений, отражающих условия залегания и нижележащих горизонтов терригенной формации девона, происходит погружение слоев на север, северо-восток и восток для первого купола и юг, юго-восток и восток — для второго. На фоне этого погружения наблюдаются осложнения — небольшие брахиантклинальные и куполовидные поднятия, структурные носы. Некоторые из них (Муслюмовское, Бондюжское) содержат промышленные запасы нефти. Значительная же часть структур, вероятно, еще не выявлена, так как район разбурен явно недостаточно.

Наиболее благоприятным для возникновения залежей литологического и стратиграфического типа является участок северных склонов южного купола Татарского свода и юго-восточный борт Сарайлинского прогиба. Здесь происходит срезание отложений пашинской свиты кыновскими при одновременном появлении в последних пород-коллекторов. Но выклинивание и срезание благоприятно для формирования залежей литолого-стратиграфического типа лишь в том случае, когда оно совпадает с подъемом слоев. Как раз

этим-то условиям и удовлетворяет указанный участок, но лишь для кыновских отложений. Это иллюстрируется приведенной ниже схемой (рис. 2).

Видно, что до формирования Сарайллинского прогиба в пашийских отложениях имелись ловушки стратиграфического типа. После же его оформления пласти на этом участке опустились и срезание (экранирование) пашийских слоев не стало совпадать с их подъемом. Возможно, ранее имевшиеся здесь залежи были рассеяны. Нефть ушла из них вверх по восстанию в купольную часть Татарского

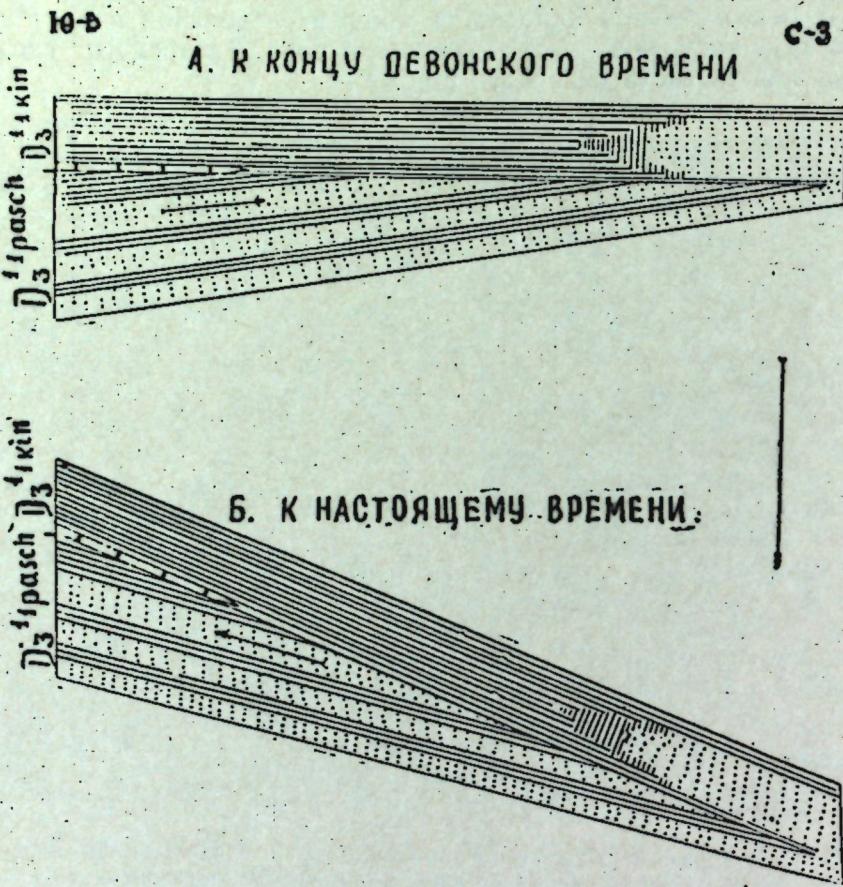


Рис. 2. Схема залегания пашийских и кыновских отложений в пределах северных склонов южного купола Татарского свода и Сарайллинского прогиба.

свода. Вместе с тем, создались благоприятные условия для возникновения залежей литологического типа в кыновских отложениях.

Вследствие вышеизложенного становится ясной причина интенсивной и равномерной пропитки нефтью песчаников в скважине 11 Ново-Мусабайской площади, которая вскрыла терригенные отложения девона в значительно пониженной зоне их залегания («дно» Сарайллинского прогиба), хотя локальное поднятие слоев в районе этой скважины, видимо, отсутствует.

По юго-восточному склону северного купола Татарского свода встречены крупные брахиантиклинальные поднятия слоев (Соболековское, Бондюжское). Здесь также не исключено обнаружение ловушек стратиграфического и литологического типа, так как в пределах описываемой части купола выклинивание и срезание слоев согласуется с их подъемом, то есть сохраняется основное условие для формирования подобных залежей.

Таким образом, на северо-востоке Закамской Татарии имеются благоприятные условия для формирования промышленных скоплений нефти с точки зрения наличия здесь различного типа ловушек.

5. Необходимым условием для образования залежей является присутствие в разрезе пород-коллекторов, способных, в силу наличия достаточного количества пустот и трещин, вмещать подвижные флюиды и допускать их передвижение.

На описываемой территории песчано-алевролитовые породы, обладающие высокими коллекторскими свойствами, имеют большое распространение. Они установлены как среди отложений живетского яруса, образуя ряд горизонтов (D_1 , $D_{1\prime}$, D_2), так и в составе пашийской (горизонт D_1) и кыновской (горизонт D_0) свит. Мощность отдельных пластов-коллекторов достигает 20 метров. Вследствие хорошей отсортированности песчаников, мономинерального, в основном кварцевого, состава, им присущи высокие коллекторские свойства. Открытая пористость у песчаников изменяется обычно от 20% до 25%, иногда отклоняясь от этих пределов как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. В основном же они относятся к коллекторам высокой емкости класса А. Проницаемость песчаных пород измеряется преимущественно в сотнях миллидарси и иногда даже достигает 2000 мда и более, то есть они принадлежат, как правило, к хорошо проницаемым породам второго класса.

К категории промышленных коллекторов могут относиться также и алевролиты, обычно в той или иной степени песчаные и слабоглинистые. У них предел колебаний открытой пористости равен 10–15%, а проницаемость измеряется в десятках миллидарси.

Таким образом, коллекторские особенности пород терригенной формации девона обеспечивают возможность скопления нефти в этих отложениях.

Для пород карбонатной формации характерны низкие коллекторские параметры: очень слабая пористость (порядка 1–2%) и проницаемость, практически равная нулю. Это побуждает в целом отрицательно оценивать перспективы нефтеносности указанных отложений. Но в прикамской зоне верхняя часть карбонатной формации содержит прослои алевролитов, которые при прочих благоприятных условиях могут быть аккумуляторами нефти.

6. Необходимым условием образования залежей нефти является также наличие над коллекторами слабо пористых и практически непроницаемых пород — покрышек.

К ним относятся на территории северо-востока Закамской части Татарии аргиллиты и сильно глинистые алевролиты живетского яруса пашийской (редко) и кыновской свит с открытой пористостью 1–5%, а также известняки и доломиты с пористостью 0,5–2%.

Эти породы устанавливаются как в виде отдельных, небольших по мощности линз в составе коллекторских горизонтов, расчленяющих их на отдельные пласти, так и в виде выдержаных мощных пачек, разделяющих горизонты и слагающих карбонатную формацию.

Роль первых (линз) в качестве покрышек незначительна, в связи с их небольшими размерами и качеством пород, не удовлетворяющим предъявляемым к покрышкам требованиям. Вторые (выдержанные пачки) являются надежно изолирующими перемычками и обеспечивают возможность создания многопластовых залежей и их сохранность от рассеяния.

К ним относятся нижняя карбонатно-аргиллитовая и (не всегда) верхняя аргиллито-алевролитовая пачки верхнеживетского подъяруса, отложения кыновской свиты, а также толща пород карбонатной формации.

7. Формирование залежей нефти неразрывно связано с подземными водами, которые, будучи подвижными на первом этапе, благоприятствуют миграции флюидов и их аккумуляции в ловушках. Застойность вод в последующее время обуславливает сохранность ранее созданных залежей.

Воды девонских отложений северо-восточной Татарии являются высокоминерализованными рассолами. Плотный остаток их изменяется в пределах 133—325 г/л. Из анионов преобладает в составе вод хлор, содержание которого равно 100—160 г/л или выше 49 мг/экв.%. Меньшую роль играют анионы SO_4^{2-} и HCO_3^- , особенно в тех водах, которые контактируют непосредственно с нефтяной залежью.

Среди катионов преобладают калий и натрий (32—35 мг/экв.%) и кальций (11—13 мг/экв.%), подчиненная роль принадлежит магнию (3—4 мг/экв.%).

Из микрокомпонентов в водах определялись лишь иод (1,29—5,70 мг/л) и двуокись азота (тысячные доли мг/л). По Пальмеру формула вод терригенной формации имеет вид $\text{S}_1\text{S}_2\text{A}_2$.

Значительно преобладает первая соленость (до 70). Отношения $\frac{\text{rNa}}{\text{rCl}}$ и $\frac{\text{rCl} - \text{rNa}}{\text{rMg}}$ характеризуются величинами 0,66—0,71 и 4,0—4,5. Это указывает на высокую степень метаморфизма вод девонских отложений.

Подобный характер вод свидетельствует о гидрогеологической закрытости девонских отложений, столь необходимой для длительного сохранения нефтяных залежей.

Кроме того, наличие иода, обязанного своим присутствием разложению морских организмов, и отсутствие в водах сероводорода — показателя процесса восстановления сульфатов и разрушения нефтяных залежей также являются благоприятными признаками нефтеносности.

8. Благоприятной для образования залежей и их сохранения была история геологического развития северо-восточной Татарии. В результате седиментации и последующих процессов формировались нефтепроизводящие породы, нефтенаправляемые перекрытия, коллекторы и ловушки. В ходе тектонического развития залежи, вероятно, претерпевали неоднократные переформирования, но рассеяния нефти не происходило из-за надежной изоляции сверху и повышенного (по отношению к окружающим районам) положения слоев в пределах исследуемой территории в течение длительного времени.

Наоборот, последнее способствовало миграции нефти из близлежащих участков пониженного залегания девонских отложений.

9. Таким образом, присутствие в разрезе девона нефтематеринских пород, расположение района в пределах нефесборной площади, наличие коллекторов, покрышек и ловушек, а также благоприятная гидрогеологическая обстановка обусловили возможность формирования залежей, а последующая история развития района была благоприятной для их сохранения. Поэтому весь северо-восток Закамской Татарии должен расцениваться как высокоперспективный для поисков нефти.

Основное внимание должно быть уделено отложениям терригенной формации девона, где соблюдены все необходимые условия формирования и сохранения залежей.

В первую очередь поисково-разведочные работы необходимо направить в районы северо-восточных склонов южного купола Татарского свода, где могут быть встречены локальные структуры и особенно на юго-восточный борт Сарайлинского прогиба, где могут иметь место залежи литологического типа в кыновских отложениях.

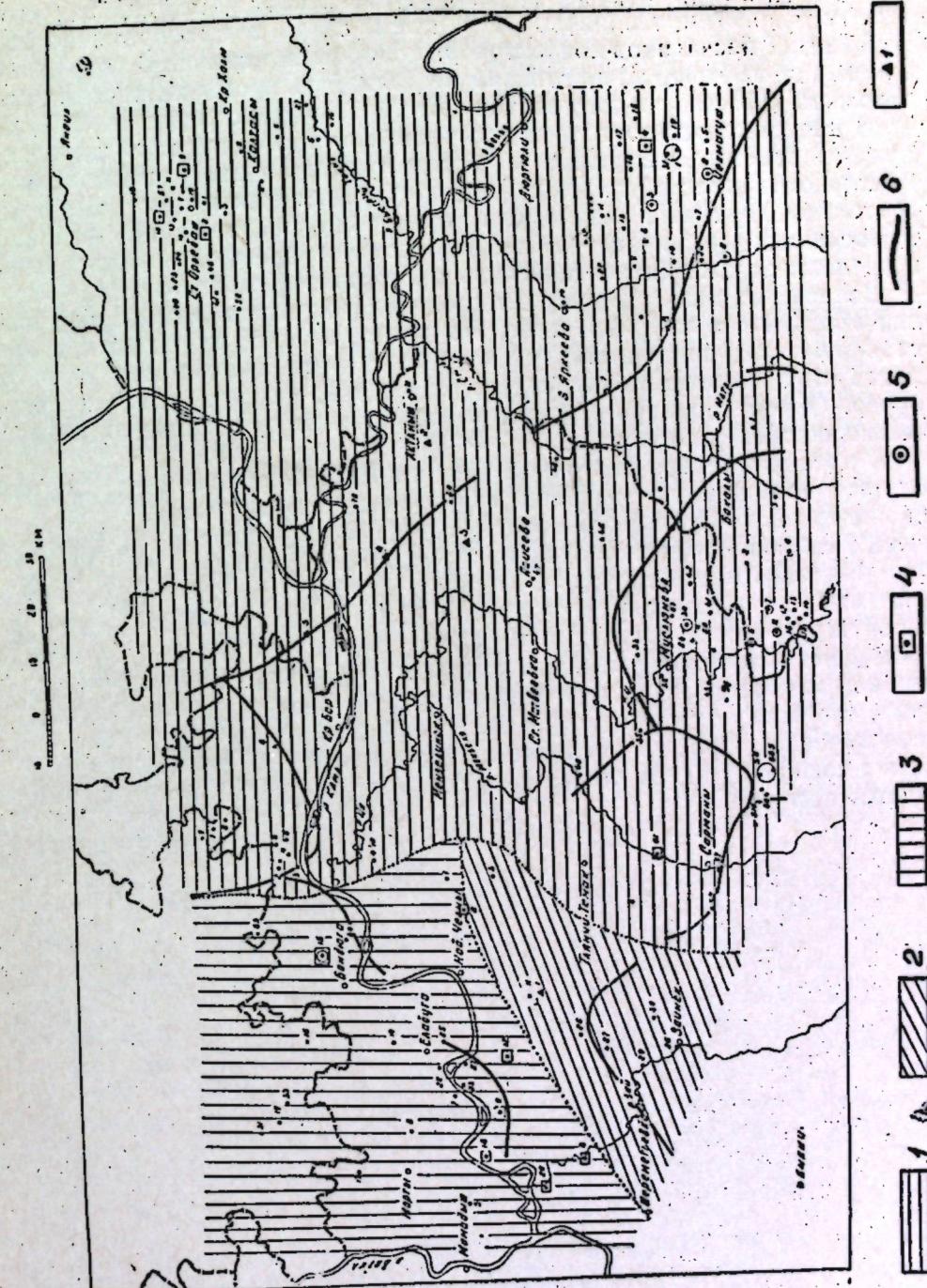


Рис. 3. Карта перспектив нефтеносности терригенно-формации девона:
Условные обозначения:
Зоны, перспективные на обнаружение залежей нефти преимущественно:
1 — структурного типа;
2 — литологического типа в кыновских отложениях; 3 — литолого-стратиграфического типа в гашайских отложениях; 4 — нефтепроявления в палеогипсовых отложениях;
5 — нефтепроявления в кыновских отложениях;
6 — зоны повышенных значений горизонтальных градиентов; 7 — пункты, рекомендованные для заложения скважин.

Можно предполагать, что одна из таких залежей находится несколько юго-восточнее скважины № 11 Ново-Мусабайской площади, так как в этом направлении происходит подъем слоев и одновременно выклинивание песчаников-коллекторов, которые в указанной скважине пропитаны нефтью, но притока ее не дали. Для проверки необходимо заложить скважину к юго-востоку от № 11 на расстоянии 2—2,5 км.

В пределах юго-восточных склонов северного купола уже обнаружены залежи, связанные с брахиантиклинальными поднятиями. В силу особенностей геологического строения этого участка (трансгрессивное срезание пашийских отложений кыновскими, наличие в последних выклинивающихся прослоев песчаников) могут быть встречены залежи литологического и стратиграфического типа.

Восточный склон Татарского свода благоприятен для формирования залежей структурного типа. Но на основании имеющихся к настоящему времени геологических данных нет возможности указать места этих положительных структур, так как участок почти не разбурен. Ориентиром при заложении скважин могут служить данные геофизических исследований.

В пределах северо-восточной Татарии А. Г. Салиховым выделяется ряд зон повышенных значений горизонтальных градиентов гравитационного поля: Булдырско-Бондюжская, Голюшурминско-Иж-Бобынская, Аккузово-Субханкуловская, Сарманово-Аксубаевская, Бакалинско-Миллетамакская и др. Эти зоны соответствуют мобильным участкам земной коры, указывая, — по А. Г. Салихову, — на „наиболее вероятные участки развития структур осадочной толщи“. Поэтому закладывать глубокие скважины следует по профилям вкрест мобильных зон или вдоль этих зон. Расположение первых, рекомендуемых нами, скважин показано на рис. 3. Эти скважины позволят уточнить геологическое строение исследуемой территории и, возможно, выявить имеющиеся здесь локальные структуры и связанные с ними залежи нефти.

№ 6

И. А. Шпильман

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ ПО НЕФТЕНОСНОСТИ ДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ В ЗАКАМСКОЙ ТАТАРИИ

В настоящей статье приводятся предварительные данные по расчленению девонской нефтегазоносной области Закамской Татарии на зоны, имеющие сходные условия залегания нефти.

Сами термины „нефтегазоносная область“ и „нефтегазоносная провинция“ у различных авторов имеют различное значение [1, 24], но независимо от этого в последнее время в геологической нефтяной литературе выявлению нефтегазоносных областей и провинций придается особенно большое значение [1]. Как показал опыт, еще не достаточно иметь хорошую, закрытую структуру или другого типа ловушку для нефти. Необходимо, чтобы эта ловушка располагалась в пределах нефтегазоносной области или провинции. Вне нефтегазоносной области или провинции даже в хорошо выраженных структурах при наличии коллекторов, перекрытых непроницаемой оболочкой, нет не только залежей нефти, но и признаков ее. Это положение особенно наглядно может быть проиллюстрировано на примере девонской нефтегазоносной области закамской части Татарии.

Девонская нефтегазоносная область закамской части Татарии

Под понятием — девонская нефтегазоносная область закамской части Татарии мы имеем в виду область, в пределах которой в настоящее время выявлены девонские нефтяные и газовые залежи или установлены признаки нефти в девонских отложениях.

Эта область на востоке, северо-востоке и юге непосредственно примыкает к зонам развития девонских нефтеносных отложений Башкирии, Пермской, Оренбургской и Куйбышевской областей, совместно с которыми она образует крупную девонскую нефтегазоносную провинцию. Девонская нефтегазоносная область Закамья, следовательно, является частью более крупной нефтегазоносной провинции.

Если на востоке, северо-востоке и юге девонская нефтегазоносная область закамской части Татарии сливается с другими нефтегазоносными областями, то вопрос о положении западной и северо-западной границы этой области в настоящее время не решен. Некоторые геологи вообще не считаются с тем, что девонская нефтегазоносная область Татарии на западе и северо-западе имеет границу, за пределами которой нефти в девоне нет. Такое отношение характерно не только в применении к Татарии. Многие геологи и в других областях затрачивают огромный метраж на разбуривание мелких локальных поднятий, не обращая внимания на то, где находится данная структура, есть ли смысл детально ее разведывать.

Фактический материал глубокого разведочного бурения в Татарии свидетельствует, что именно по территории Татарии проходит линия, разделяющая нефтеносную и ненефтеносную части девонских отложений. Именно здесь проходит грань, разделяющая нефтеносные девонские отложения Урало-Волжской области и бесперспективные с точки зрения нефтеносности девонские отложения центральной части Русской платформы. И действительно, как впервые было отмечено А. М. Мельниковым, целый ряд разбуренных площадей в западных и северо-западных районах Татарии оказались бесперспективными, здесь не было даже явных признаков нефти в девонских отложениях. В восточных же районах Татарии в керне или шламе из девона подавляющего большинства разведочных скважин были зафиксированы признаки нефти, а при наличии ловушки — обнаружены нефтяные залежи. Нами был изучен керн и шлам 146 скважин, расположенных на разведочных площадях Закамской Татарии. На основании изученного кернового и шламового материала было установлено, что западная граница девонской нефтегазоносной области Закамской Татарии проходит примерно в меридиональном направлении несколько восточнее Булдыря на Ново-Шешминск, восточнее Аксубаево и западнее Нурлата. Западная граница нефтегазоносной области не будет представлять резко очерченную линию. Полоса в пределах десятков, а может быть и сотни километров будет представлять собой переходную зону. В пределах этой переходной полосы также могут быть выявлены отдельные нефтяные залежи в виде островков. Сама же граница при детальном изучении может оказаться не прямолинейной, а изрезанной, поэтому новый фактический материал может внести существенные изменения в наши представления о положении этой границы.

Но вне зависимости от этого, такая граница или пограничная зона, отделяющая нефтегазоносную область Татарии от области, лишенной нефти, существует, и проходит эта граница примерно в меридиональном направлении через западную часть Закамской Татарии.

Характерной особенностью девонской нефтеносной области Закамской Татарии является то, что здесь почти во всех без исключения скважинах в терригенной толще живетского и нижнефранского ярусов выявлены отчетливо видимые признаки нефти в виде коричневых нефтеносных песчаников и алевролитов, дающих в растворителях желтое окрашивание. Даже если скважина расположена в неблагоприятных структурных условиях, признаки нефти в ней легко обнаружаются. Песчаники и алевролиты в таких скважинах имеют так называемую остаточную нефтенасыщенность. Нефть здесь связана с породой, при опробовании такую нефть извлечь нельзя.

Признаки нефти и нефтяные залежи в девонских отложениях установлены во всех скважинах Акташа, Ново-Елхово, Черемшана, Ново-Ибрайкина и частично Нурлата.

За пределами девонской нефтегазоносной области Закамской Татарии заметных признаков нефти в девонских отложениях нет. Так, не имеется их в девоне по скважинам у д. Аксубаево, где имеются и коллекторы, и структура, и другие факторы для накопления нефти; нет признаков нефти в девоне по скважинам Чистопольской площади, а также в скважинах западной части Нурлатской площади и в Мелекессе. Наличие такого контраста, когда, с одной стороны, в Акташе, Ново-Ибрайкино, Черемшане во всех без исключения скважинах имеются признаки нефти, а западнее (Чистополь, Аксубаево, к западу от Нурлата и в Мелекессе) их почти нет, свидетельствует об определенной закономерности в распределении нефтеносных образований. Характерно, что в литологическом отношении терригенные

осадки девона на западе сходны с терригенным девоном восточных нефтяных районов Татарии. Это такие же пласты песчаников и алевролитов, разделенные глинистыми прослоями. При детальном изучении все же удается выявить некоторые различия в их литологии и мощности. Терригенные отложения сокращаются в мощности в Чистополе и Мелекессе. В частности, обращает на себя внимание факт отсутствия тонколистовых кыновских глин в западных районах. Эти глины непосредственно перекрывают нефтеносную терригенную толщу девона в девонской нефтегазоносной области Закамской части Татарии. По направлению на запад от основных месторождений Татарии мощность этих глин постепенно уменьшается и на границе нефтеносной и ненефтеносной областей эти глины полностью выклиниваются. Такое совпадение границы распространения листоватых кыновских глин и западной границы нефтеносности девонских отложений заслуживает дальнейшего изучения.

Отсутствие нефти в девоне западных и северо-западных районов Татарии известно геологам уже несколько лет после того, как глубокие скважины вскрыли здесь всю осадочную толщу.

Для того, чтобы дать обоснование этому явлению, А. М. Мельников [3] допускает существование погребенного кряжа («хребтика»), препятствовавшего миграции нефти из бассейна нефтеобразования в коллекторы терригенной толщи девона западных и северо-западных районов Татарии.

Ю. А. Притула и другие геологи ВНИГРИ считают, что главная причина отсутствия нефти на западе и северо-западе Татарии — агрессивная деятельность вод, разрушивших существовавшие здесь нефтяные залежи. Как первая, так и вторая концепции могут быть приняты только как рабочие гипотезы. Если встать на точку зрения А. М. Мельникова, то мы должны ожидать в зоне «хребтика», особенно интенсивные нефтегазопроявления, что пока еще не обнаружено. Трудно себе представить, кроме того, положение «хребтика» с точки зрения общих палеотектонических позиций.

Много возражений вызывает вторая концепция. Мы в Татарии не знаем таких месторождений, которые бесследно были бы разрушены. Обычно о былых месторождениях свидетельствуют скопления окисленного гудрона, а в случае вымывания нефти — остаточная, связанная с породой нефть. Ни того, ни другого в терригенной толще девона западных и северо-западных районов Татарии мы не находим.

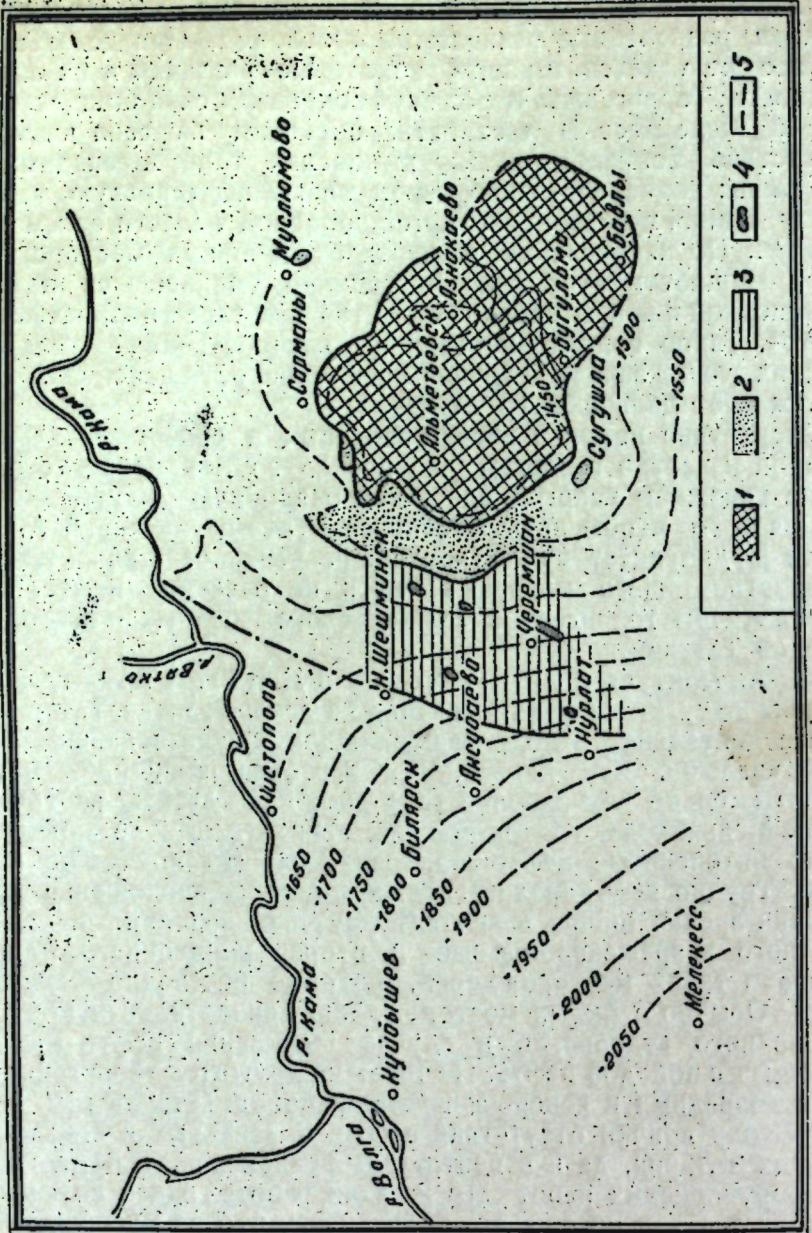
Разбору причин отсутствия нефти в западных и северо-западных районах Татарии, да и в центральных районах платформы, посвящено много рукописных работ. Мы на этих работах здесь останавливаться не будем, а только еще раз подчеркнем, что на Русской платформе, а возможно и на других платформах, существуют крупные области, имеющие региональную нефтеносность. При наличии коллектора, образующего ловушку, в достаточной степени изолированную сверху, а также при других благоприятных факторах (режим тектонических движений и др.), в области региональной нефтеносности или в нефтегазоносной области формируются нефтяные и газовые месторождения. Одной из таких областей является девонская нефтегазоносная область Закамской Татарии. Наоборот, имеются области, где нет нефти, и даже при наличии коллекторов, ловушки, непроницаемого покрытия и т. д. залежи здесь не формируются.

В пределах девонской нефтегазоносной области Закамской Татарии выделяется несколько зон, характеризующихся общими условиями залегания и, возможно, формирования девонских нефтяных залежей:

1) зона развития нефтяных залежей I ступени, имеющих водонефтяной раздел на отметке от уровня моря — 1480—1490 м;

СХЕМАТИЧЕСКАЯ КАРТА

девонской нефтегазоносной области Закамской Татарии.
Составил И. Шпильман
1956 г.



Условные обозначения:

1 — зона развития нефтяных залежей II ступени с отметкой ВНК — 1480—1490 м; 2 — зоны и участки с выявленной нефтегеносностью на II ступени с отметкой ВНК — 1510—1520 м; 3 — зона развития литологически ограниченных залежей; 4 — выявленные литологически ограниченные залежи; 5 — изолинии по кровле кыновских отложений через 50 м.

- 2) зона развития нефтяных залежей II ступени, имеющих водонефтяной раздел на отметке от уровня моря — 1510—1520 м;
- 3) зона развития литологически ограниченных залежей.

Зона развития нефтяных залежей I ступени

Эта зона охватывает наиболее крупные девонские нефтеносные площади юго-востока Татарии — Ромашкино, Миннибаево, Сулеево-Ташлияр, Азнакаево, Абдрахманово, Аргуновку, Павловку, Бавлы.

Нефтяные залежи приурочены здесь, в основном, к верхней части пашийских слоев и связаны с крайне изменчивыми по простиранию коллекторами, образующими своеобразный резервуар, состоящий из сообщающихся между собой песчаных пластов.

Несмотря на изменчивость отдельных песчаных прослоев, расклинивание их глинами, а иногда соединение нескольких прослоев в мощный песчаный пласт, для всей зоны имеется единый водонефтяной раздел, слегка наклоненный с севера на юг. На севере зоны развития залежей I ступени водонефтяной контакт находится на абсолютной отметке — 1480—1484 м, а на юге — 1490 м и, редко, — 1492 м. В пределах зоны имеются участки аномального поведения водонефтяного раздела, но все эти отступления не выходят за пределы абсолютных отметок — 1480—1490 м. Здесь, между прочим, уместно будет отметить, что на Туймазинском и Бавлинском нефтяных месторождениях примерно сохраняется тот же уровень водонефтяного раздела пашийской нефтяной залежи. Поэтому непонятно, почему некоторые геологи утверждают, что Туймазинское месторождение и девонские месторождения Татарии сформировались в различные геологические эпохи.

Зона развития нефтяных залежей II ступени

За внешним контуром нефтеносности зоны развития нефтяных залежей I ступени, где ведется в настоящее время добыча нефти, открыт еще целый ряд залежей, располагающихся на более низком гипсометрическом уровне, но также имеющих единый водонефтяной раздел на абсолютной отметке в пределах — 1510—1520 м, в большинстве же случаев на — 1515 м, т. е. на 20—30 м ниже, чем в зоне развития нефтяных залежей I ступени. Эти девонские нефтяные залежи так же, как и в предшествующей зоне, приурочены к верхней части пашийских и кыновских слоев и связаны с такими же изменчивыми по простиранию песчаными пластами, образующими единый сообщающийся резервуар.

Основные нефтяные залежи II ступени располагаются несколько западнее залежей I ступени. Сюда относятся залежи Акташа и Ново-Елхово. По свидетельству Г. И. Котылева, на Акташе все скважины, вскрывшие девонскую нефтеносную залежь, имеют водонефтяной контакт в пределах от — 1510 до — 1518 м. Так, в скважине 78 ВНК — 1510 м, 77 ВНК — 1515 м, 64 ВНК — 1518 м, 65 ВНК — 1516 м, 68 ВНК — 1513 м, 57 ВНК — 1515 м, 35 ВНК — 1515 м, 52 ВНК — 1515, 20 ВНК — 1512 м. Такие же отметки водонефтяного контакта установлены и по другим скважинам Акташа.

На Ново-Елховской площади водонефтяной контакт располагается на том же уровне, что и в Акташе. Здесь по 11 пробуренным скважинам он имеет абсолютную отметку от — 1512 до — 1518 м.

Кроме основного западного пояса развития нефтяных девонских залежей II ступени, нефть на этом уровне обнаружена в отдельных пунктах на севере, северо-востоке и юге. Так, установлена девонская нефтяная залежь на северо-востоке в районе Муслюмово, где

водонефтяной контакт имеет абсолютную отметку — 1512 м. На юге нефтяные девонские залежи с абсолютной отметкой его — 1510—1520 м выявлены в Сугушлах и Фаевке.

Таким образом, нефтяные девонские залежи II ступени окаймляют зону девонских нефтяных залежей I ступени. На западе это окаймление образует сплошную, довольно широкую, в несколько десятков километров, полосу, а на севере, северо-востоке и юге пока выявлены только отдельные пункты, в которых встречены залежи, расположенные на низком уровне II ступени.

Имеющийся фактический материал показывает, что на севере, северо-востоке и юге нефтяные девонские залежи, расположенные на II ступени, не образуют сплошного кольца, а распространены прерывисто. Но для всех их характерен единый уровень водонефтяного контакта.

Зона развития залежей I ступени в некоторых случаях отделена от зоны развития залежей II ступени полосами обводненных песчаников, как это наблюдается между залежами Азнакаево и Муслюмово. Как известно, Азнакаевская залежь относится к зоне залежей I ступени, а Муслюмовская залежь — к зоне залежей II ступени.

На Акташской площади такая промежуточная полоса между зоной залежей I и II ступеней почти не прослеживается. Здесь установлено резкое ступенчатое (подчеркиваем, что не постепенное "сползание" уровня ВНК, а именно резкое, ступенчатое) понижение водонефтяного контакта от отметок — 1485—1490 м до — 1515 м. Фактически здесь имеет место сплошное поле развития нефтеносных пашинских и кыновских образований, которые в более восточных районах имеют уровень контакта — 1485—1490 м, а на западных участках он ступенчато понижается до — 1515 м.

На Ново-Елховской площади переход от зоны залежей I ступени к залежам II ступени происходит так же резко, как и в Акташе. Но в отличие от Акташа здесь выявлен прогиб, отделяющий обе зоны. Точное положение этого прогиба, его направление и амплитуда пока не установлены. Известно только, что в скважине 411 у с. Маметьево пашинские слои располагаются значительно ниже, как по сравнению с примыкающим с востока Миннибаевским месторождением (где залежь расположена на I ступени), так и по сравнению с примыкающим с запада Ново-Елховским месторождением (где залежь расположена на II ступени). Есть основания ожидать, что этот прогиб, отделяющий ступенчато расположенные нефтяные залежи, будет иметь меридиональное простижение, которое у с. Нагорное переходит в широтное.

Таким образом, залежи, расположенные на II ступени, в некоторых случаях отделены от залежей, расположенных на I ступени, прогибом (Ново-Елхово). Иногда же такого прогиба установить не удается, а на фоне общей структурной моноклинали резко понижается уровень водонефтяного контакта (Акташ). Имеются и такие залежи II ступени, которые отделены от залежей I ступени широкими зонами, в пределах которых пластики-коллекторы обводнены (Муслюмово).

Как геологи представляют механизм формирования этих нефтяных залежей II ступени, которые, несмотря на различные соотношения с зонами залежей I ступени, имеют общую, весьма характерную, проверенную на десятках скважин черту — единство уровня водонефтяного раздела?

Опубликованных работ по этому вопросу нет. Но геологи-практики, столкнувшиеся с явлениями ступенчатого расположения одновозрастных нефтяных залежей, имеют различные точки зрения.

Большую работу по изучению уровня водонефтяного контакта

по Татарии провели А. Г. Забиров и К. К. Мусина, которые в некоторых рукописных работах и в устных сообщениях высказывают мнение о существовании меридионального разлома, отделяющего Ново-Елхово и Акташ от основных залежей I ступени.

Г. И. Котылев считает, что между Акташем и Миннибаево существует прогиб, который не улавливается при построении карт по основным маркирующим горизонтам, но который достаточно четко выражен при построениях по песчаному пласту-коллектору.

С. П. Егоров пришел к выводу, что прогиб, отделяющий Ново-Елхово от Миннибаево, продолжается дальше на север и проходит между Акташской и Миннибаевской площадями. Отсутствие фактического материала, подтверждающего этот прогиб на Акташе, С. П. Егоров объясняет недостаточной разведанностью площади.

Автор настоящей статьи в более ранних рукописных работах (1948—1949 гг.) объяснял наличие одиночных нефтеносных прослоев на низких абсолютных отметках (в то время только отдельные скважины вскрыли нефтеносные девонские песчаники на низком гипсометрическом уровне) явлениями литологического экранирования. Позднее 1954 года, когда было установлено, что девонские нефтяные залежи с отметками водонефтяного контакта — 1515 м образуют широкое кольцо, окаймляющее зону нефтяных залежей I ступени, было высказано мнение, что формирование этих залежей обусловлено общим режимом дифференцированных тектонических движений и последующим перераспределением нефти. В результате этих движений пояс, окаймляющий зону нефтяных залежей I ступени, отстал в процессе общего подъема. Нефть, находившаяся в девонских коллекторах этого пояса, перераспределилась, перетекла в повышенные участки, если для такого перетока не было препятствий. На тех же участках, где условий для перетока нефти не было (наличие прогибов, игравших роль "гидравлических затворов", дизъюнктивные нарушения, игравшие роль экранов, литологическое замещение коллекторов глинами), там нефть осталась на более низком уровне.

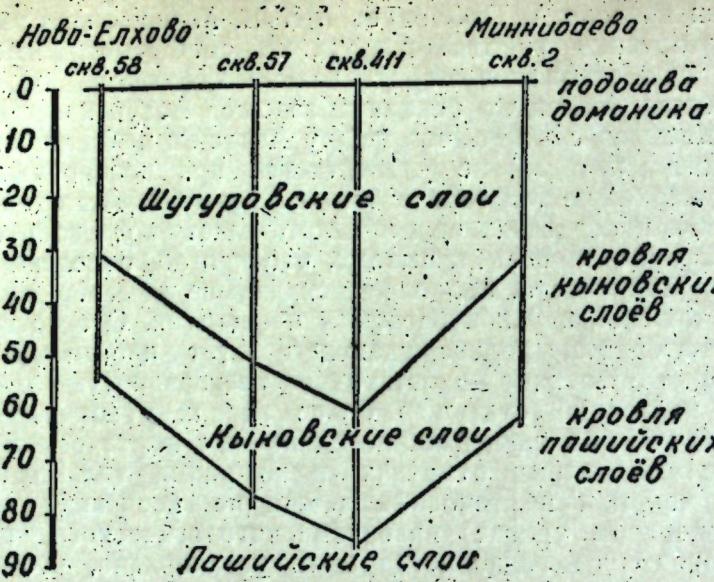
Следовательно, основным фактором, обусловившим перераспределение нефти, являются дифференцированные тектонические движения, а причины, препятствовавшие перетоку нефти, могли иметь и литологический и тектонический характер.

Не исключено, что на различных участках перетоку нефти препятствовали различные причины. В частности, мы не согласны с А. Г. Забирым и К. К. Мусиной, что меридиональный разлом играл роль экрана при перетоке нефти для всей западной зоны нефтяных залежей II ступени (Акташ, Ново-Елхово).

По Ново-Елховскому участку перетоку препятствовал, на наш взгляд, прогиб, отделяющий Ново-Елхово от Миннибаево.

Этот прогиб был впервые выявлен скважиной 411 у с. Маметьево. Позднее положение его было подтверждено скважиной 57. Изучение всех пробуренных в этом районе скважин показывает, что прогиб между Ново-Елхово и Миннибаево заложен еще в пашинское и кыновское время. В наступивший после кыновского времени шугуровский век прогиб был заполнен мощной толщей осадков. Здесь мощность шугуровских образований в два раза больше, чем в прилегающих к прогибу участках. Вот несколько цифр. В скважине 411 мощность шугуровских отложений 63 м, в скважине 57 — 63 м, а в скважинах Миннибаево 9 и 2, соответственно, 32, 30 м, и в скважинах 50, 51 Ново-Елхово, соответственно, 33, 30 м.

Если допустить, что к концу шугуровского времени прогиб был полностью компенсирован осадками, то амплитуда его по пашинским и кыновским слоям еще в конце шугуровского времени была 30 м.



Фиг. 2. Схематический профиль через прогиб, отделяющий Миннибаево от Ново-Елховки (за горизонтальную линию принятая кровля шугуровских слоев).

Схематический палеотектонический профиль через прогиб, отделяющий зоны нефтяных залежей I и II ступени, дан на фиг. 2. Этот профиль показывает, что на Ново-Елховском участке зоны нефтяных залежей II ступени дизъюнктивных нарушений нет. Нет также достоверных данных о наличии таких нарушений и по Акташской площади.

Зона развития литологически ограниченных залежей

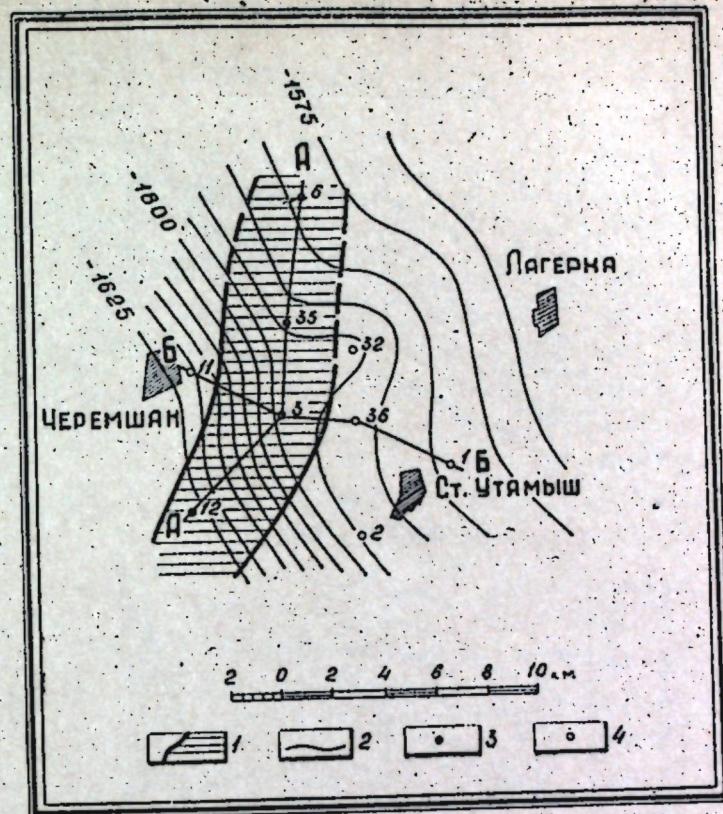
Зона развития девонских литологически ограниченных залежей в свою очередь широкой полосой окаймляет с запада зону развития девонских нефтяных залежей II ступени. На севере и на юге нефтяные залежи этого типа неизвестны.

Точно так же, как и в предыдущих двух зонах, нефть здесь приурочена к песчаным и проницаемым алевролитовым пластам верхов пашийских и кыновских слоев. Обычно промышленно нефтенасыщенным является один из верхних прослоев песчаника или алевролита, в то время как в двух других зонах нефтью насыщены несколько песчаных прослоев, образующих так называемый сообщающийся резервуар.

Признаки нефти в девонских образованиях зоны были установлены почти во всех пробуренных скважинах. Промышленная нефть из девонских отложений получена только из отдельных скважин.

Нефтяные залежи в этой зоне имеют литологически ограниченный тип. В настоящее время выявлены литологически ограниченные залежи в девонских отложениях у с. Черемшан, Ивашкино, Кителга, Беркет Ключ. Возможно, что в Нурлате мы также имеем дело с литологически ограниченной залежью.

Эти нефтяные залежи располагаются на разных гипсометрических уровнях. Из Черемшанской литологически ограниченной залежи нефть была получена из пластов, располагающихся на абсолютных отметках —1596 м, —1581 м, —1611 м, —1632 м, в Ивашкино —1641 м, Кителге —1648 м, Беркет Ключе —1560 и Нурлате —1753 м.



Фиг. 3. Черемшанская литологически ограниченная девонская нефтяная залежь.

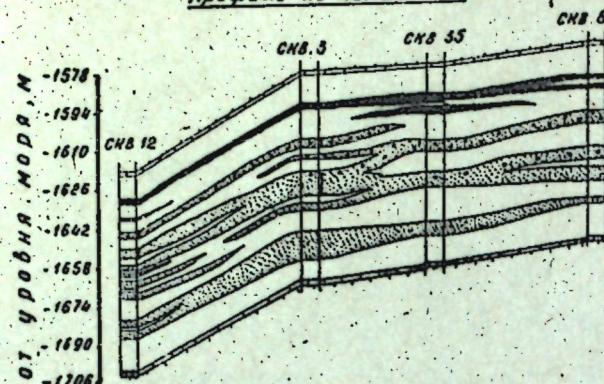
1 — контур залежи; 2 — изолинии кровли пашийских слоев; 3 — скважины, из которых получена промышленная нефть девона; 4 — скважины, не давшие при испытании девона нефти.

Нефтяные залежи этой зоны, следовательно, распределены в широком, почти 200 м, диапазоне абсолютных высот. Но это не этаж нефтеносности, так как на этих же абсолютных отметках в целом ряде других скважин при испытании нефти не оказалось. Наличие нефти в пласте в зоне развития литологически ограниченных залежей зависит не столько от общего гипсометрического положения песчаного пласта, сколько от того, где и каким образом данный пласт замещается глинами или малопроницаемыми алевролитами.

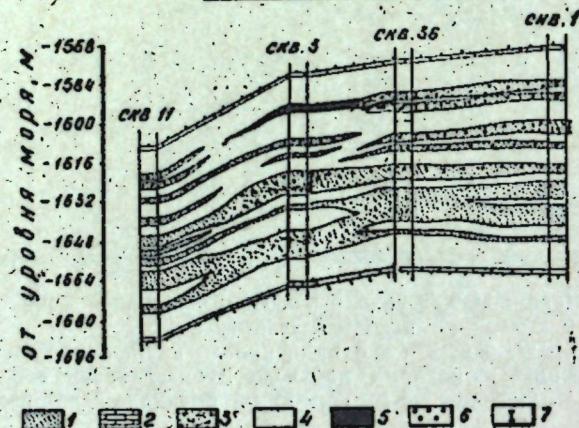
Мы пока имеем мало фактических данных по залежам упомянутого типа. Есть основания ожидать, что для каждой залежи окажется свой водонефтяной раздел. Нефть залежей литологически ограниченного типа приурочена к маломощным, быстро выклинивающимся прослойям песчаника. В мощных песчаных пластах имеются только признаки нефти. Мощность промышленно-нефтеносных прослоев оценивается в 2—3 м, и только в одной скважине Черемшана нефть была получена из пласта мощностью 5 метров (пласт имеет небольшой глинистый раздел).

Такие тонкие промышленно-нефтеносные прослои имеют довольно ограниченное площадное распространение. Так, из Ивашкинской залежи нефть была получена только одной скважиной, а три другие скважины, заложенные для оконтуривания на расстоянии 2—3 км к северу, югу и востоку от скважины первого открытия, встретили водоносные песчаники или пласт оказался в малопрони-

Профиль по линии А-А



Профиль по линии Б-Б



Фиг. 4.

Условные обозначения:

- 1 — песчаники и проницаемые алевролиты;
- 2 — карбонатные породы;
- 3 — уплотненные алевролиты;
- 4 — малопроницаемые породы;
- 5 — промышленная нефть;
- 6 — нефтепроявления;
- 7 — опробованные пласти.

циаемой фации. Наиболее полно разведана литологически ограниченная залежь Черемшана, которая представляет очень узкую полосу, вытянутую в меридиональном направлении. Схематически в плане эта залежь изображена на фиг. 3 и поперечные разрезы через нее на фиг. 4. Весьма показателен профиль по линии Б—Б, на котором видно, что песчаный пласт, занимающий одинаковое стратиграфическое положение, в скважине 3 дал нефть, в скважине 11 дал соленую воду, а в скважине 36 оказался сухим, со слабыми признаками нефти (испытание пластов производилось по несколько раз для того, чтобы убедиться в технической надежности затрубного цемента). Расчеты показывают, что пласти скважин 3 и 11 разобщены, так как на более низком уровне, чем в скважине 11, в скважине № 12 из упомянутого пласта получен промышленный приток нефти.

Одной из характерных особенностей промышленно-нефтеносных песчаников зоны развития литологически ограниченных залежей является их нечеткая каротажная характеристика. Обычно песчаники имеют очень низкие удельные электрические сопротивления, что затрудняет выбор объектов для опробования. В некоторых

скважинах при опробовании пластов с одинаковой электрической характеристикой некоторые пласти дают воду, из других вообще не удается вызвать приток, а некоторые дают промышленную нефть.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакиров А. А. Опыт изучения геологии кристаллического фундамента Русской платформы на основе опорного бурения. Гостоптехиздат, 1954.
2. Брод И. О., Еременко Н. А. Основы геологии нефти и газа. Издательство Московского университета, 1950.
3. Мельников А. М. О поверхности кристаллических пород фундамента на территории Татарской АССР и прилегающих областей. ДАН СССР, т. 103, № 5, 1955.
4. Трофимук А. А. Условия образования нефтяных месторождений Урало-Волжской нефтегазоносной области. IV международный нефтяной конгресс, Геология. Гостоптехиздат, 1956.
5. Успенская Н. Ю. Основные черты нефтегазоносности палеозоя Русской платформы. Гостоптехиздат, 1950.

У. Г. Дистанов и Н. В. Кирсанов

О ХАРАКТЕРЕ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКОМ СОСТАВЕ
ТЕРРИГЕННОЙ ЧАСТИ НИЖНЯКЧАГЫЛЬСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ
ВЯТСКО-КАМСКОГО КРАЯ

За последние годы глубоким бурением на территории Татарии, Башкирии, Удмуртии и Кировской области по долинам крупных рек и впадинам зарегистрированы мощные толщи пресноводных плиоценовых песчано-глинистых отложений. По долине р. Вятки они прослежены почти до г. Советска и залегают непосредственно под покровом четвертичных пород. В долинах рр. Белой, Камы и в Куйбышевском Заволжье подобные отложения залегают ниже пород с морской акчагыльской фауной и известны в литературе под названием подакчагыльских, болгарских, кинельских и балаханских образований. Вопросы стратиграфии, литологии и характера распространения их в той или иной степени освещались в работах А. П. Павлова (1925), А. Н. Мазаровича (1927, 1936), А. В. Миртовой (1940, 1951, 1953), Г. В. Вахрушева (1940), Т. П. Афанасьева (1949), С. Г. Каштанова (1952, 1954, 1956), Н. В. Кирсанова (1948, 1955, 1956), Г. И. Горецкого (1956) и некоторых других. Однако единого мнения о стратиграфической принадлежности этих образований не существует. Большинством исследователей они относятся к среднему и даже нижнему плиоцену.

Согласно представлениям Н. В. Кирсанова, вскрываемые глубоким бурением в долинах рр. Камы, Белой и Вятки мощные толщи пресноводных песчано-глинистых плиоценовых отложений принадлежат к верхнему плиоцену и выделяются в разряд нижнеакчагыльского подъяруса. Основанием для такого заключения послужили три обстоятельства.

1. Во всех случаях, где рассматриваемые отложения залегают совместно с покрывающими их морскими акчагыльскими отложениями, они переходят в последние постепенно, без каких-либо заметных следов перерыва.

2. Находки в подобных (так называемых кинельских) отложениях единичных экземпляров угнетенных акчагыльских форм из рр. *Cardium* и *Avimactra*, а также остракод из рр. *Loxoconcha* и *Limniscus*, типичных для фаунистически охарактеризованных морских акчагыльских образований. В Куйбышевском Поволжье экземпляры акчагыльских форм из рр. *Cardium* и *Avimactra* обнаружены в "кинельских" отложениях при бурении нефтеразведочных и гидрогеологических скважин на абсолютных высотах от +100 до -45 м у д. Марьевка — Красовка на р. Черненькая (левом притоке р. Чагра),

на Самарской Луке и в ряде других мест. На территории Татарии, в бассейне нижней Камы у д. Рождество близ г. Лашево в пресноводной плиоценовой толще на абсолютной высоте, равной 30 м, был также обнаружен хорошо сохранившийся экземпляр раковины *Avinactra cf. subcaspia* Andr. (А. В. Миртова, 1939). По сообщению А. И. Башлева, акчагыльская фауна из рр. *Cardium* и *Avinactra* была зарегистрирована в 1936 г. В. С. Селенским и Ф. Куликовым на абсолютных высотах, равных 16—26 м среди пресноводных „кинельских“ отложений по левобережью р. Белой, близ д. Красный Яр в 15—16 км севернее г. Уфа. Однако, эти факты в свое время не были правильно истолкованы, а в литературе остались незамеченными.

3. Тождество спорово-пыльцевых спектров фаунистически охарактеризованных акчагыльских морских отложений и верхних пачек подстилающих их пресноводных „кинельских“ образований. В обоих случаях, согласно определениям Л. С. Тузовой (скважина у д. Подгорные Байляры на р. Каме) растительные остатки принадлежат почти исключительно к таежным хвойным представителям. Среди них господствующее положение занимает пыльца сосны подродов *Pinus* *Narpoxylo* и *P. Diploxylo* (33—47%) и ели (40—55%). В подчиненном количестве присутствует пыльца пихты (8—12%).

Следует отметить, что находки акчагыльской фауны в „кинельских“ отложениях в южных районах Куйбышевской области отмечаются довольно часто и на относительно низких абсолютных отметках. В северных разрезах такие находки встречаются относительно редко и на более высоких отметках. В долине рр. Камы и Белой, несмотря на сотни пробуренных там скважин, морские акчагыльские формы встречены пока лишь всего в двух указанных выше пунктах на абс. высотах 30 м (д. Рождество на р. Каме) и 16—26 м (д. Красный Яр на р. Белой). На более низких же абсолютных отметках в этих районах, а также в бассейне р. Вятки в пресноводных плиоценовых толщах акчагыльская фауна вообще ни разу не была зарегистрирована. Это обстоятельство на наш взгляд имеет естественное палеогеографическое объяснение.

Закономерное уменьшение в „кинельских“ — нижнеакчагыльских отложениях частоты встречаемых морских форм при движении с юга на север по долине р. Волги и, наконец, почти полное исчезновение их в разрезах на р. Каме выше Лашева, на р. Белой и р. Вятке связано со степенью солености бассейна. В районах, наиболее удаленных от наступавшего с юга акчагыльского моря, подпруженные им речные воды в долине р. Камы и особенно рр. Белой и Вятки были весьма сильно опресненными, с чем и связано отсутствие в их осадках морских акчагыльских форм.

Мощность нижнеакчагыльских отложений в долине Палео-Вятки колеблется от 30 до 75 м. В долинах Палео-Белой и Палео-Камы у устья Вятки она достигает 100—150 м, а близ г. Чистополя и д. Н. Сихтерма превышает 230—250 м. Залегают эти отложения повсеместно на сильно размытой поверхности казанских, уфимских и артинских образований.

Наиболее полные разрезы нижнеакчагыльского подъяруса, вскрытые глубоким бурением в долине Нижней Камы, подобно разрезам в Куйбышевском Поволжье, имеют шестичленное деление. Они подразделяются Н. В. Кирсановым на следующие 6 пачек (снизу вверх).

I. Нижняя гравийно-песчано-глинистая пачка — N_2ak_1 . Преобладающим типом пород в ней являются глины известковистые, песчано-алевритовые, жёлто-бурые, с прослойками и линзами песка, в основании гравелистого, с обломками местных карбонатных и зеленока-

мених уральских пород. Мощность пачки 10—20 м, но иногда достигает 45 м.

II. Пачка ленточных серых и темно-серых глин — N_2ak_2 . Глины преимущественно безизвестковистые, тонкодисперсные, озерные, реже аллювиальные. Иногда они содержат прослои и линзы мелкозернистого серого песка. Fauna встречается редко, имеет плохую сохранность и для целей корреляции служить не может. Мощность пачки обычно равна 20—50 м, но иногда достигает 80 м.

III. Пачка песчано-глинистых, аллювиальных осадков — N_2ak_3 . Представлена она преимущественно желтовато-коричневыми, известковистыми, песчано-алевритовыми и алевритовыми глинами с прослойками и линзами алевритов и песков глинистых, с богатой пресноводной фауной: *Dreissensia polymorpha* Pall., *Valvata piscinalis* Müll., *Viviparus viviparus* Linne, *Unio* sp. и др. Мощность пачки 20—40 м, но иногда достигает 50 м.

IV. Пачка ленточных серых и темносерых глин — N_2ak_4 . Глины преимущественно тонкодисперсные, безизвестковистые, озерные, реже аллювиальные. Иногда они содержат прослои и линзы мелкозернистого песка. Аналогично II пачке отложения плохо охарактеризованы фауной, которая здесь не имела условий для своего развития. Мощность пачки 10—40 м, редко до 60 м.

V. Пачка песчано-глинистых, аллювиальных осадков — N_2ak_5 . Аналогично III пачке, она представлена преимущественно желтовато-коричневыми, известковистыми алевритовыми, реже песчано-алевритовыми глинами, с прослойками и линзами алевритов и мелкозернистых глинистых песков. Мощность пачки 8—10 м, редко 25 м.

VI. Верхняя алеврито-глинистая пачка — N_2ak_6 . Представлена она преимущественно серыми и темно-серыми ленточными безизвестковистыми глинами озерного происхождения, с многочисленными включениями обугленного детрита и порошкообразными выделениями вивианита. Мощность пачки 15—20 м, иногда 60 м.

Нужно отметить, что отсутствие в ряде случаев руководящей фауны и спорово-пыльцевых комплексов затрудняет стратиграфическое подразделение указанных пачек и отбивку их границы с четвертичными отложениями и не дает достаточных оснований для палеогеографических построений. В связи с этим нами было проведено изучение минералогического состава песчано-алевритовой части нижнеакчагыльских отложений, вскрытых скважинами в ряде пунктов Вятско-Камского края (у гг. Наб. Челны, Альметьевска, дд. Соколки Подгорные Байляры, Солонцы, Цепочкино, Тюм-Тюм). Изучению подвергались две фракции — мелкопесчаная (0,25—0,1 мм) и алевритовая (0,1—0,01 мм). Содержание отдельных минералов во фракции 0,25—0,01 мм вычислялось методом средневзвешенного. При этом подсчет терригенных минералов производился раздельно от аутогенных. Всего таким путем было изучено 73 образца различных типов пород. В результате было установлено, что ведущим терригенным минералом описываемых отложений является кварц. Содержание его в среднем составляет около 70%. В меньших количествах присутствуют кремень и полевые шпаты (соответственно 11,3% и 11,1%). Последние представлены преимущественно калиевою разностью, особенно ортоклазом, в меньшей степени плагиоклазами. Зерна полевых шпатов обычно сильно разрушены. Среди легких фракций в значительных количествах наблюдаются слюды. Содержание их в среднем равно 4,4%. В ряде случаев оно повышается до 30% (в глинистых разностях). В единичных зернах отмечаются также халцедон, опал, глауконит.

Тяжелые минералы составляют в среднем 1,5% исследуемой части породы (по весу). Из них на долю аутогенных минералов приходится 0,77% и терригенных — 0,75%. Представлены аутогенные минералы в основном пиритом и гидрогетитом. Первый из них обычно преобладает в осадках озерной фации, а гидрогетит — в аллювиальной. В значительно меньших количествах и спорадически присутствуют сидерит, барит и целестин. Среди терригенных минералов ведущими являются черные рудные — в среднем 43,6% и эпидот-циозит — 34,2%. К второстепенным относятся: циркон — 3,7%, гранат — 3,6%, рутил — 1,6%, слюды (в основном измененный биотит, реже мусковит и хлорит) — 5,7%, нередко амфиболы — 2,5%, пикокит — 1,2% и турмалин — 0,85%. В единичных зернах отмечаются: ставролит, сфен, анатаз, лейкоксен, апатит, дистен. Очень редко встречаются: хлоритоид, корунд, глауконит, пироксены.

Нужно отметить, что состав обломочного материала нижнеакчагыльских отложений имеет значительное сходство с составом нижележащих пестроцветных образований верхней перми. На рис. 1 для сопоставления приведены данные количественного содержания тяжелых терригенных минералов из плиоценовых и верхнепермских пестроцветных образований по различным пунктам исследуемой территории.

Как видно из рис. 1, в обоих случаях ведущими минералами тяжелых фракций являются черные рудные и эпидот-циозит, второстепенными — устойчивые минералы, пикокит и амфиболы. И количественное содержание этих минералов близко. Интересно отметить, что закономерности пространственного изменения содержания отдельных минералов в этих отложениях имеют определенное сходство. Так, например, в верхнепермских отложениях повышенным содержанием минералов группы эпидот-циозита характеризуются северо-восточные разрезы, минералы группы амфиболов в значительных количествах присутствуют в наиболее юго-восточных пунктах и т. д.

Аналогичную картину можно видеть и у нижнеакчагыльских отложений. Изученные нами в пределах Вятско-Камского края разрезы этих отложений имеют также высокое содержание минералов группы эпидот-циозита. В наиболее юго-восточных разрезах (д. Солонцы, г. Альметьевск) отмечается повышенное содержание амфиболов и наличие единичных зерен пироксенов (д. Солонцы). Указанное сходство не случайно. Оно свидетельствует о том, что образование плиоценовых отложений связано в основном с переотложением местных коренных пород. Поскольку пестроцветные (терригенные) верхнепермские образования играли в это время существенную роль в сложении поверхности покрова описываемой территории, то они и послужили основным поставщиком обломочного материала. Но во время его перемыва и переотложения происходил дальнейший процесс минералогического отбора. Из рис. 1 можно видеть, что нижнеакчагыльские отложения характеризуются значительным содержанием слюд и повышенным — черных рудных минералов. Если проследить распределение отдельных минералов по различным типам пород, эту картину можно представить себе более ясно (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что пески и алевриты характеризуются повышенным содержанием минералов группы эпидот-циозита и относительно пониженным содержанием черных рудных минералов (преимущественно магнетит). Наиболее характерной для них является эпидотовая и эпидот-магнетитовая ассоциация (фото 1). В глинах же наблюдается повышенное содержание черных рудных минералов (в особенности магнетита) и слюд. Здесь более развита магнетитовая и слюдистая ассоциация (фото 2—4). Все это находится в полном соответствии с существующим в настоящее время представлением

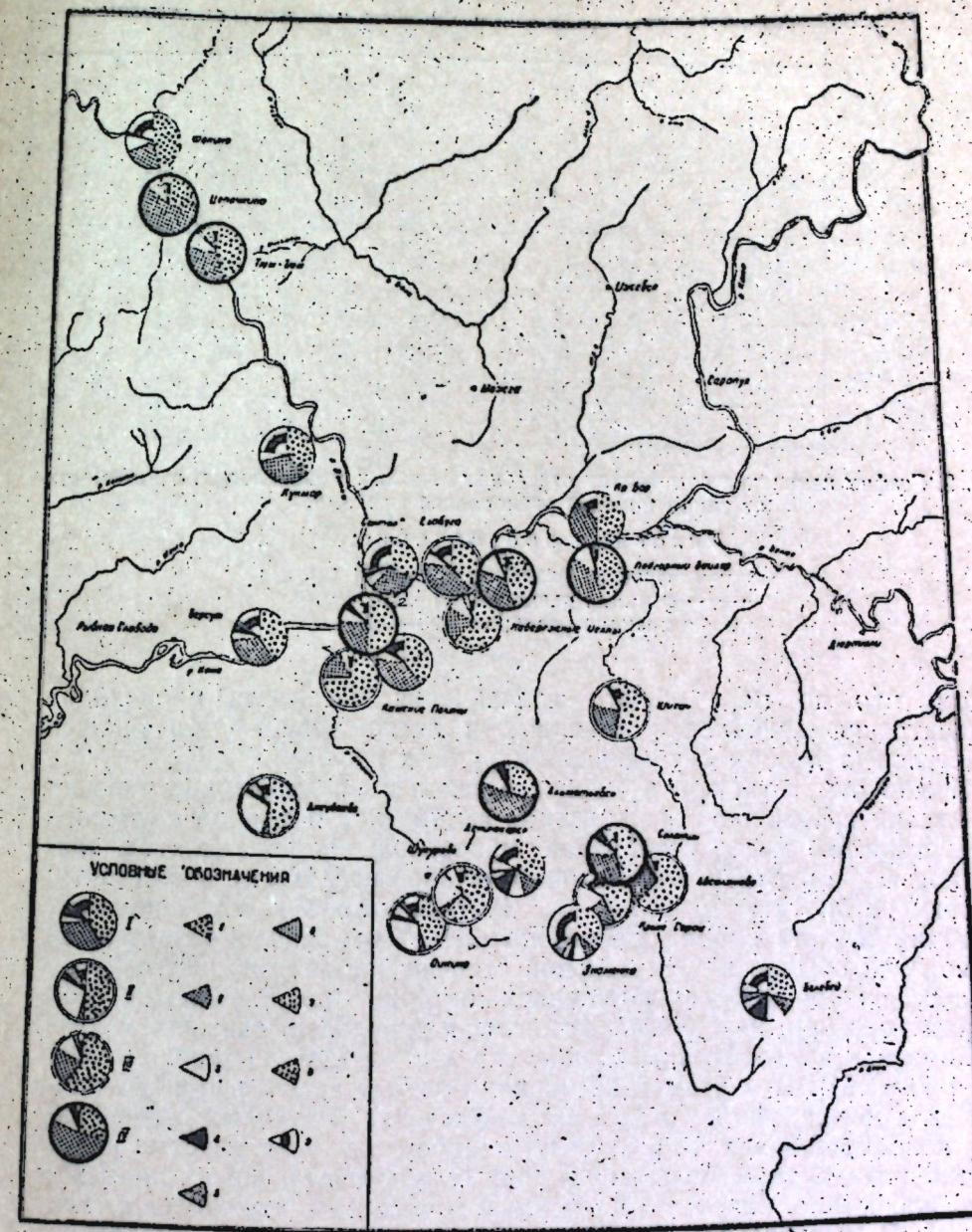


Рис. 1. Схема распределения минералогических ассоциаций в верхнепермских и нижнеакчагыльских отложениях Вятско-Камского края.

- I — Белебсевская свита (по данным В. М. Винокурова);
- II — Уфимская свита (по данным Г. Л. Миропольской);
- III — Юговская свита;
- IV — Нижнеакчагыльский подъярус.
- 1 — черные рудные минералы; 2 — эпидот-циозит; 3 — устойчивые минералы; 4 — амфиболы; 5 — пикокит; 6 — хлоритоид; 7 — пироксены; 8 — слюды; 9 — прочие минералы.

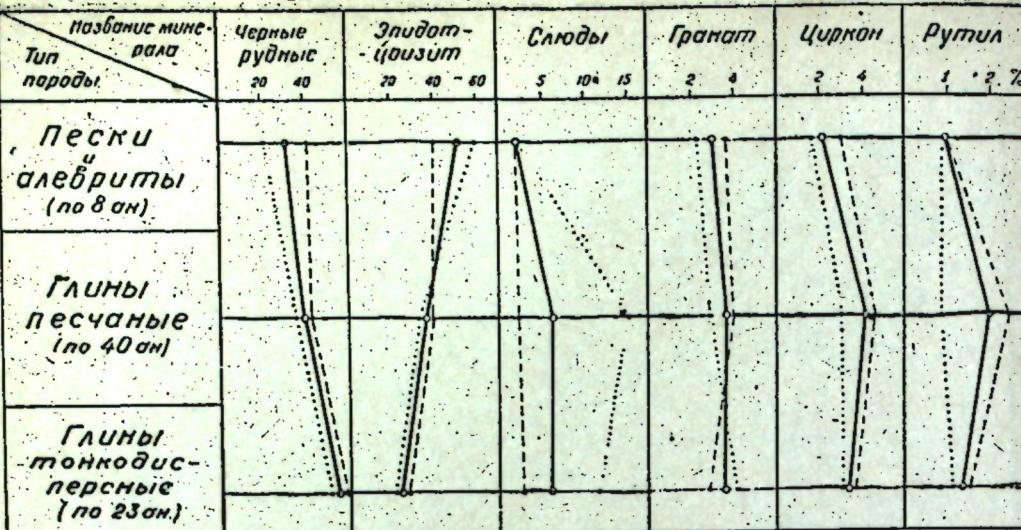


Рис. 2. График изменения содержания отдельных тяжелых минералов в зависимости от типов пород и размерности фракций.

Условные обозначения:

- фракция размером 0,25—0,01 мм.
- - фракция размером 0,1—0,01 мм.
- фракция размером 0,25—0,1 мм.

о том, что по мере общего измельчения материала происходит концентрация наиболее устойчивых и легко транспортирующихся минералов (в данном случае черных рудных и слюд).

Нужно отметить, что в процессе накопления нижнеакчагыльских отложений произошло значительное изменение, а в ряде случаев и преобразование менее устойчивых минералов: полевых шпатов, эпидот-циозита и биотита. Это можно отчетливо наблюдать, в частности, на примере биотита (фото 3, 4). Чистые, хорошо сохранившиеся листочки биотита в породах этого возраста, как правило, встречаются редко. Они обычно в значительной степени хлоритизированы. Этот процесс сопровождался изменением окраски до зеленовато-бурый и грязно-зеленой, потерей плеохроизма и упругости, снижением двупреломления и аморфизацией, понижением показателя преломления (до 1,60—1,61). При этом в листочках биотита за счет высвобождения ряда компонентов происходило выделение различных минеральных новообразований. В большинстве своем это — железистые новообразования. В зависимости от условий среды выделение их происходило или в виде окислов (магнетита и гематита) и гидрогетита, или пирита. В значительном количестве наблюдаются также выделения прозрачных, трудно определимых минералов и, в ряде случаев (редко), агрегатов и кристаллов рутила и антаза (в титанистых разностях биотита).

Выше уже отмечалось, что по литологическим признакам отложения нижнеакчагыльского подъяруса можно подразделить на 6 пачек. Если проследить распределение минеральных ассоциаций в пределах этих пачек, то нельзя не заметить некоторых колебаний в содержании отдельных компонентов (рис. 3). Особенно резко они прослеживаются у слюд. Так, например, II и IV пачки характеризуются повышенным содержанием слюд, I и III — незначительным их содержанием и т. д.

При корреляции нижнеакчагыльских отложений в пределах интересующей нас территории вопрос о нижней границе их не вызывает

сомнений. Подстилающие их пермские, в большинстве своем цветные образования, характеризуются совершенно иным, отличным типом пород. Другое дело с проведением верхней границы. В долине р. Вятки, да и в большинстве разрезов, вскрытых бурением в долине Нижней Камы, нижнеакчагыльские отложения перекрыты

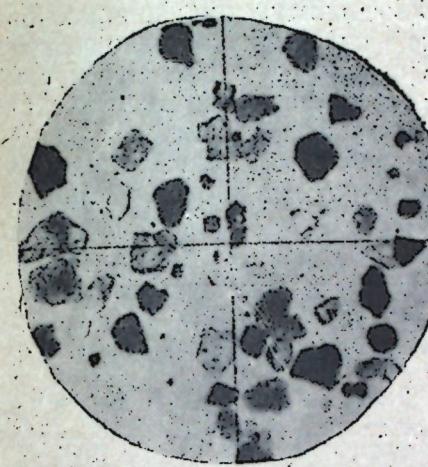


Фото 1. Эпидот-магнетитовая фракция. Наб. Челны, скв. № 1338, гл. 117 м, $\times 100$.

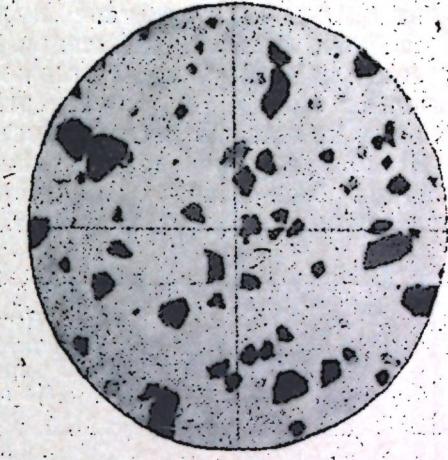


Фото 2. Магнетитовая фракция. Соколки, скв. № 2090, гл. 68 м, $\times 100$.



Фото 3. Слюдистая фракция. Соколки, скв. № 2035, гл. 90,0—90,6 м, $\times 100$.

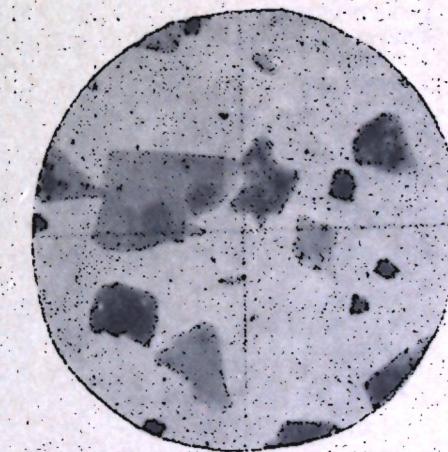


Фото 4. Слюдистая фракция. Наб. Челны, скв. № 1053, гл. 57,5 м, $\times 100$.

непосредственно четвертичными образованиями, представленными нередко различными буроокрашенными глинами, по облику чрезвычайно сходными с глинами плиоценовыми. Для выяснения возможности отличия нижнеакчагыльских отложений от четвертичных по терригенным компонентам нами был изучен минералогический состав песчано-алевритовой части 19 образцов последних. В результате было установлено, что четвертичные отложения характеризуются более высоким содержанием тяжелых терригенных минералов. Содержание их здесь составляет в среднем 1,32% (против 0,75% в плиоценовых отложениях). Аутигенные же минералы отмечаются в значительно меньших количествах (табл. 1). Резкие различия наблюдаются и в содержании отдельных ведущих и второстепенных

минералов. Данные о распределении этих минералов в четвертичных и нижеакчагыльских отложениях приведены на рис. 3.

Из рис. 3 можно видеть, что четвертичные отложения характеризуются пониженным содержанием черных рудных минералов, почти полным отсутствием слюд и значительно более высоким содержанием минералов группы эпидот-циозита и амфиболов. Наряду с этим в них наблюдается заметное и постоянное присутствие пироксенов (в основном авгита и диопсида), дистена и силлуманита, мало характерных для плиоценовых отложений. Попутно отметим, что и сам комплекс минералов в четвертичных отложениях характеризуется большей свежестью и сохранностью, чем в акчагыльских.

В таблице 1 приведено среднее содержание отдельных тяжелых и легких минералов, вычисленное раздельно для песков и глин из четвертичных и акчагыльских отложений.

Таблица 1

Название минерала	Песок четвертич- ный (14 ан.)	Песок акчагыль- ский. (6 ан.)	Глина четвертич- ная (5 ан.)	Глина акчагыль- ская (54 ан.)	
	1	2	3	4	5

Тяжелые терригенные минералы

1 Чёрные рудные	25,26	35,33	26,27	45,76
2 Пикотит	0,40	1,19	0,46	1,19
3 Эпидот-циозит	48,04	50,74	51,66	31,45
4 Гранат	6,61	2,83	3,35	3,45
5 Циркон	2,97	2,49	3,68	4,03
6 Рутил	0,54	0,93	2,65	1,80
7 Анатаз	0,12	0,19	0,87	0,64
8 Сфен	0,44	0,24	0,83	0,61
9 Лейкоксен	0,73	0,31	0,23	0,26
10 Амфиболы	5,33	1,61	5,22	2,05
11 Турмалин	0,91	0,82	0,45	0,74
12 Дистен	1,81	0,03	0,23	0,24
13 Силлуманит	1,46	0,03	0,27	0,04
14 Слюды	0,42	2,03	2,03	6,39
15 Хлоритоид	0,15	0,12	0,04	0,40
16 Ставролит	2,54	0,59	0,87	0,64
17 Пироксены	2,02	—	0,54	0,05
18 Апатит	0,25	0,45	0,98	0,20
19 Корунд	—	0,02	0,23	0,08
20 Глауконит	—	—	—	0,03

Тяжелые аутогенные минералы

1 Пирит	0,98	25,2	6,06	7,70
2 Гидрогетит	1,41	3,66	3,45	10,00
3 Целестин	0,06	0,23	—	0,09
4 Барит	0,19	0,03	0,31	0,62
5 Сидерит	—	—	—	1,73

Минералы легкой фракции

1 Кварц	75,18	60,34	75,67	70,45
2 Кремень	15,61	20,54	9,46	9,65
3 Полевые шпаты	8,76	17,44	13,88	13,48
4 Слюды	0,12	0,72	0,76	5,86
5 Халцедон	0,09	0,02	0,23	0,01
6 Опал	0,24	0,72	—	0,45
7 Глауконит	—	—	—	0,17

Из этой таблицы можно видеть, что указанные выше закономерности прослеживаются и при сопоставлении данных анализов по отдельным типам пород. Наиболее отчетливо они наблюдаются у песков. Так, например, содержание амфиболов в четвертичных песках

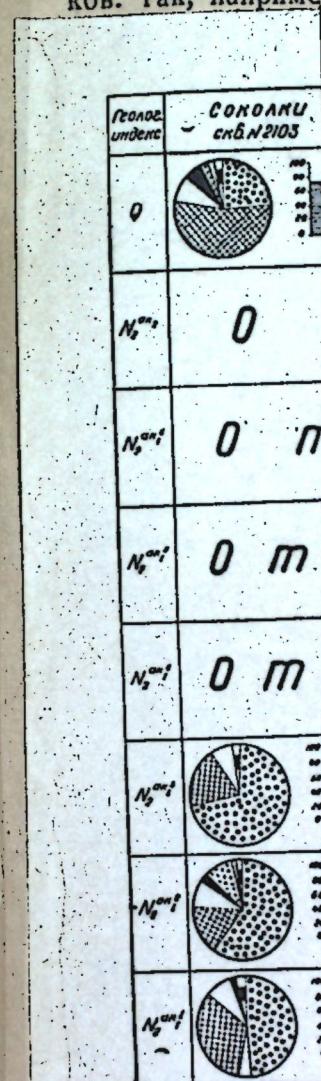
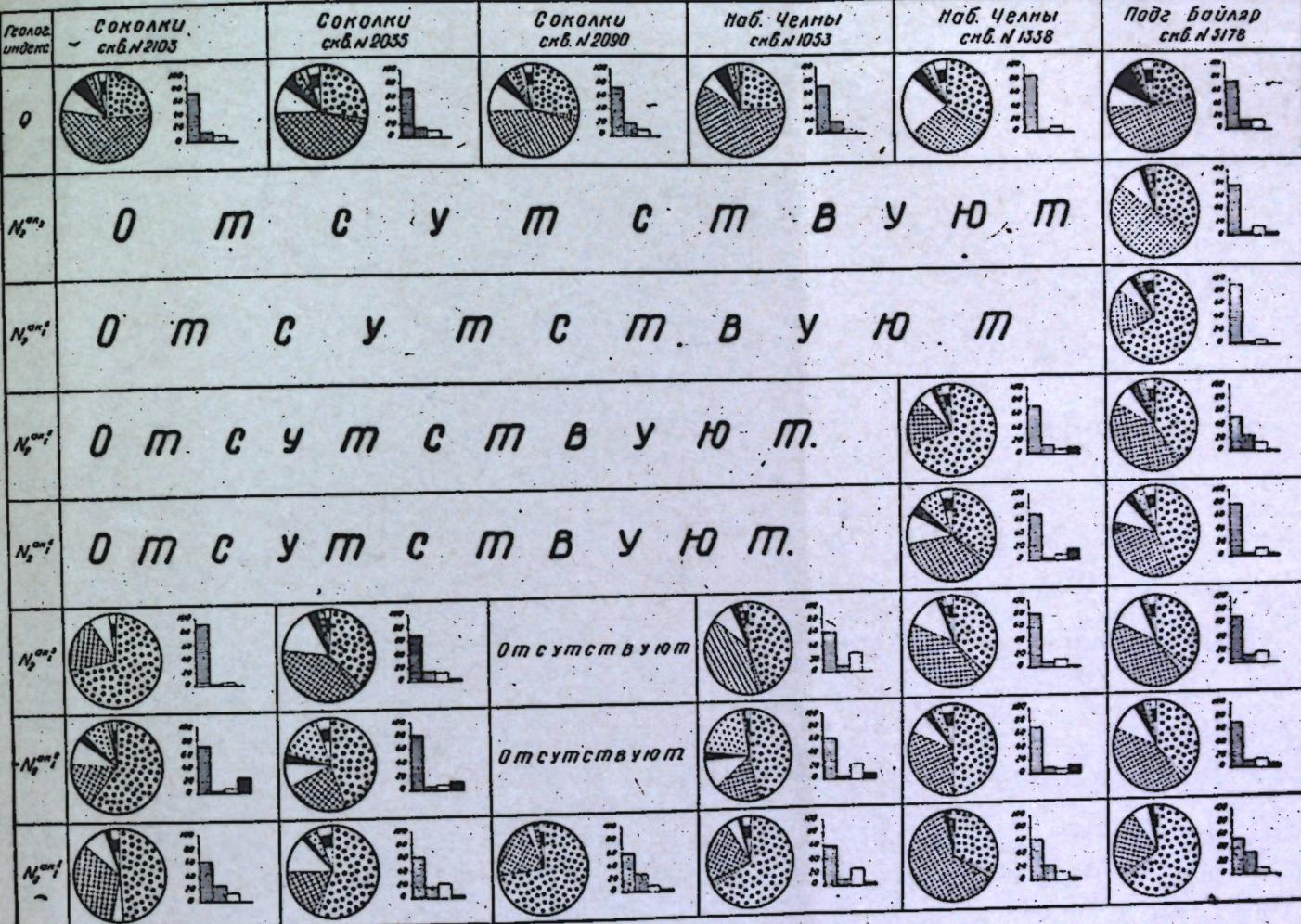


Рис. 3. Гра
I. 1 — черные

1. Протова А. В. Кинельские отложения в Куйбышевском Поволжье. Изв. Каз. фил. АН СССР, сер. геол., в. 2, 1953.

16. Павлов А. П. Неогеновые и послетретичные отложения южной и восточной Европы. Мемуары геол. отд. любит. естеств. антроп. и этногр., в. 5, 1925.



условные обозначения.



Рис. 3. График колебания содержания терригенных минералов в акчагыльских и четвертичных отложениях.
 I. 1 — черные рудные минералы; 2 — пикотит; 3 — эпидот-цинзит; 4 — устойчивые минералы; 5 — амфиболы;
 6 — пироксены; 7 — слюды; 8 — дистен и силиманит; 9 — прочие минералы.
 II. 1 — кварц; 2 — кремень; 3 — полевые шпаты; 4 — слюды.

минералов. Данные о распределении этих минералов в четвертичных и нижеакчагыльских отложениях приведены на рис. 3.

Из рис. 3 можно видеть, что четвертичные отложения характеризуются пониженным содержанием черных рудных минералов, почти

2	Кремень	15,01	20,84	5,76	0,35
3	Полевые шпаты	8,76	17,44	13,88	13,48
4	Слюды	0,12	0,72	0,76	5,86
5	Халцедон	0,09	0,02	0,23	0,01
6	Опал	0,24	0,72	—	0,45
7	Глауконит	—	—	—	0,17

Из этой таблицы можно видеть, что указанные выше закономерности прослеживаются и при сопоставлении данных анализов по отдельным типам пород. Наиболее отчетливо они наблюдаются у песков. Так, например, содержание амфиболов в четвертичных песках составляет в среднем 5,33%, в акчагыльских — 1,61%, дистен и силлиманит в четвертичных песках содержатся в количестве 3,27%, пироксены — 2,02%, в акчагыльских же песках пироксены вообще не встречены, а дистен и силлиманит отмечаются очень редко. Несколько менее резкие, однако также достаточно отчетливые различия наблюдаются и при сопоставлении данных анализов из четвертичных и акчагыльских глин.

Указанные различия в минералогическом составе дают достаточно оснований для проведения границы между четвертичными и плиоценовыми отложениями. Эти различия не случайны. Они отражают особенности в составе и характере источников питания.

Если в акчагыльское время накопление обломочного материала происходило, по-видимому, преимущественно за счет перемыва местных осадочных образований (в основном верхне-пермских пестроцветов), то в четвертичное время в более значительной степени имел место принос материала со стороны. В долине р. Вятки в это время на состав обломочного материала заметное влияние оказали продукты перемыва мезозойских и древнечетвертичных ледниковых образований. В долине рр. Камы и Белой значительно усилился также принос обломочного материала со стороны Урала (продуктов разрушения изверженных, древнепалеозойских, палеогеновых и других образований).

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев Т. П. Верхнетретичный размыт в Среднем Поволжье и его гидрогеологическое значение. "Советская геология", № 39, 1949.
2. Блудоров А. П., Кирсанов Н. В., Дистанов У. Г., Тузова Л. С. Третичные угленосные отложения центральных и южных районов Башкирии. Тр. Каз. фил. АН СССР, сер. геол., в. 3, 1955.
3. Вахрушев Г. В. Мезозойские и третичные отложения западного склона Башкирского Урала. Учен. зап. Сарат. гос. ун-та, т. XV, в. 2, геол. и почв., 1940.
4. Горецкий Г. И. О нижней границе четвертичного периода. Бюлл. Моск. общ. исп. природы, отд. геологии, т. XXXI (4), 1956.
5. Каштанов С. Г. К истории формирования долин рек Волги и Камы в до-четвертичное время. Учен. зап. Каз. гос. ун-та, т. 112, кн. 2, 1952.
6. Каштанов С. Г. К истории Палео-Камы в плиоцене. Изв. Всес. геогр. об-ва, т. 86, в. 1, 1954.
7. Каштанов С. Г. Новые данные к истории развития Палео-Камы. ДАН СССР, т. 106, № 4, 1956.
8. Кирсанов Н. В. Плиоценовые глины в Татарии. Тр. Каз. фил. АН СССР, сер. геол., в. 1, 1948.
9. Кирсанов Н. В. О балаханском ярусе в составе плиоцена Татарии. Изв. Каз. фил. АН СССР, сер. геол., в. 3, 1955.
10. Мазарович А. Н. Опыт схематического сопоставления неогеновых и послетретичных отложений Поволжья. Изв. АН СССР, № 9–11, 1927.
11. Мазарович А. Н. Геологическое строение Заволжья между гг. Куйбышевом и Оренбургом. Бюлл. МОИП, отд. геол., т. XIV (6), 1936.
12. Миртова А. В. Плиоцен 109-го листа. Геология Татарской АССР и прилегающей территории в пределах 109-го листа, ч. 1. Гостехиздат, 1939.
13. Миртова А. В. Неоген в долине Палео-Камы. Советская геология, № 1, 1941.
14. Миртова А. В. Плиоценовые отложения Башкирии. Учен. зап. Каз. гос. ун-та, сер. геол., т. 111, кн. 6, 1951.
15. Миртова А. В. Кинельские отложения в Куйбышевском Поволжье. Изв. Каз. фил. АН СССР, сер. геол., в. 2, 1953.
16. Павлов А. П. Неогеновые и послетретичные отложения южной и восточной Европы. Мемуары геол. отд. любит. естеств. антроп. и этногр., в. 5, 1925.

Н. В. Кирсанов

К ВОПРОСУ О МИНЕРАЛОГИЧЕСКОМ СОСТАВЕ
БОКСИТОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ШЕНУРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Шенуровское месторождение бокситовых залежей расположено по правому склону долины р. Упа близ д. Шенуровка Лазаревского района Тульской области.

В стратиграфическом отношении оно приурочено к подошве угленосной свиты нижнего карбона ($C_1 h$). Бокситы и бокситовые породы зарегистрированы здесь в виде небольших линз, залегающих на размытой поверхности улинских известняков лихвинской свиты ($C_1 lich$). Шенуровское месторождение бокситовых залежей в свое время было описано А. Д. Архангельским и Е. В. Рожковой (1943). Названные исследователи отметили в составе основных породообразующих минералов этого месторождения гиббсит и аллофан, а в качестве второстепенных компонентов — водные карбонаты глинозема типа алюмогидрокальцита.

В 1954 г. мы, занимались вопросом дополнительного изучения минералогического состава его бокситовых пород. Для этих целей нам был прислан образец наиболее чистой разновидности породы, отобранный на центральном участке месторождения (штрек № 9, шурф № 12). В среднем же порода на месторождении более значительно загрязнена гидроокислами железа и в меньшей степени — карбонатами кальция.

Макроскопически полученный для анализа образец представляет собою рыхлую, полупластичную, пористую породу белого цвета с желтоватым оттенком. Большая часть ее имеет вид порошковидной массы. Участками в породе отмечаются включения мелких бобовин того же и серого цвета, и иногда мельчайшие зерна пирита. Объемный вес породы меньше 2,0, но больше 1,9. При исследовании под микроскопом порода обнаруживает мелкобобовую и тонкоагрегатную пористую структуру (табл. 4, фиг. 1—2). В ней регистрируются полости и трещины, выполненные, по-видимому, коллоидными гидратами глинозема. В скрещенных николях порода изотропна.

В структурном отношении (табл. 1) основной фракцией породы является алевритовая (0,1—0,01 мм). Содержание тонкопелитовых и коллоидных частиц размером менее 0,001 мм в породе невелико и не превышает 13,3%.

Изучение минералогического состава породы производилось химико-минералогическим, термическим, электронномикроскопическим

Таблица 3

Обменное содержание на 100 г сухого образца

	CaO		MgO		K ₂ O		Na ₂ O		Сумма обменных оснований в миллиграмм-эквивалентах				
	весовое	в %	весовое	в %	весовое	в %	весовое	в %					
	1,82	86,26	65,0	0,057	7,92	2,85	0,017	42,50	0,2	0,029	16,11	0,47	68,52

Примечание. Анализ произведен В. К. Аментовой.

Как видно из данных таблицы 3, содержание обменных оснований в породе весьма высокое и в сумме достигает 68,5 миллиграмм-эквивалентов обменных ионов на 100 г сухого образца.

Подобная емкость поглощенных оснований типична для гидраргиллito-аллофановых бокситовых пород.

Исследование в иммерсионных средах

Иммерсионному исследованию были подвергнуты фракции размером: более 0,1 мм, от 0,1 до 0,01 мм и от 0,01 до 0,001 мм. Изучение крупнопелитовых фракций производилось на поляризационном микроскопе марки МП-3 с применением монокулярной наклонной насадки, при увеличении порядка 1020–1500 раз, по ранее описанной нами методике (1955). Установлено, что исследованные фракции имеют в своем составе существенные отличия.

Наиболее крупная — «песчаная» фракция, размером более 0,1 мм, составляющая 11–12% массы породы, представлена преимущественно галлуазитом (60%) и аллофаном (35%). В небольшом количестве в ней зарегистрированы также зерна кварца и чешуйки гидромусковита.

Минерал галлуазит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) присутствует в породе в виде полуматовых, неправильной формы пластинок и чешуек, обычно с шероховатой поверхностью (табл. 4, фиг. 3–5). Цвет его белый, иногда с желтоватым оттенком. Показатель преломления колеблется от 1,52 до 1,55. Оптически преимущественно изотропен и лишь в отдельных пластинках обнаруживает слабую поляризацию.

Минерал аллофан ($m\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot p\text{H}_2\text{O}$) зафиксирован в виде стеклоподобных и смоловидных зерен, нередко с отчетливым раковистым изломом, а иногда с типичной натечной поверхностью (табл. 4, фиг. 3–5). Минерал прозрачен, оптически изотропен, бесцветен, в наиболее крупных зернах и выделениях имеет слабо желтый, зеленовато-желтый, буро-желтый и редко почти черный цвет. Блеск жирный, стеклянный, показатель преломления минерала колеблется преимущественно в интервале 1,475–1,485, реже поднимается до 1,50. Среди тяжелых терригенных компонентов, в сумме составляющих не более 1% от массы фракции, ведущими являются железорудные минералы (в основном ильменит), эпидот-цизит, циркон. К второстепенным минералам относятся сфен, гранат и пикотит. Среди синдиагенетических образований зарегистрированы округлые выделения пирита и гидрогетита. Последний покрывает в виде тонкой пленки зерна ряда терригенных минералов.

Таблица 1

№№ пп.	Метод анализа	Гранулометрический состав в %							Сумма обменных оснований в миллиграмм-эквивалентах
		> 0,25 мм	0,25–0,1 мм	0,1–0,05 мм	0,05–0,01 мм	0,01–0,001 мм	0,001–0,0001 мм	< 0,0001 мм	
1	Центрифугирование *	4,93	9,81	10,15	42,04	25,47	1,30	6,30	
2	Пипеточный . . .	0,54	8,22	14,93	35,66	26,51		13,26	
3	Среднее значение . . .	2,73	9,01	12,54	38,85	25,98		10,58	

* Примечание. Выделение тонкопелитовых и коллоидных фракций производилось на суперцентрифуге с количеством оборотов до 30 тысяч в минуту.

Химико-минералогическое исследование

В химическом отношении исследованный образец бокситовой породы относится к высококремнистым разностям (таблица 2).

Таблица 2

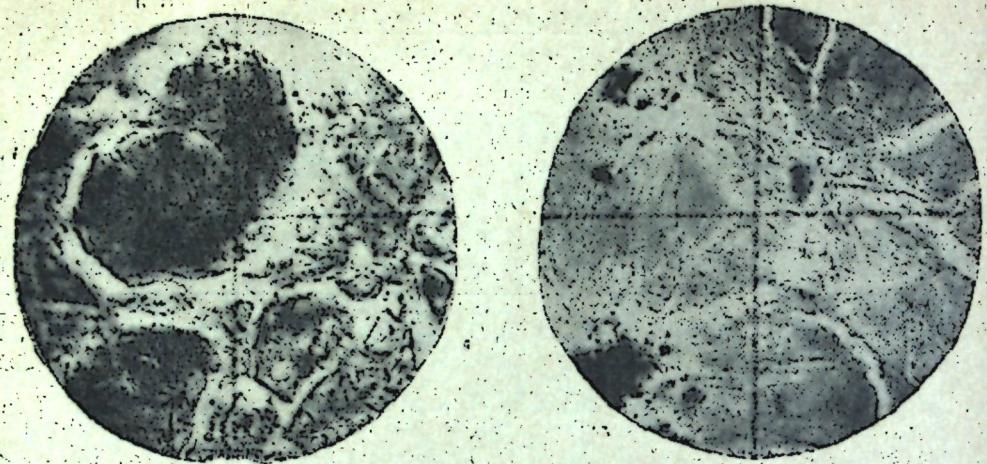
№№ пп.	Наименование образца	Влажн. при 105°	Химический состав в %							Потеря при прокаливании	
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O		
1	Валовой . . .	18,9	40,43	40,81	0,00	2,11	0,72	0,04	0,18	сл.	0,045,916,4412,35
2	Фракция < 0,001 мм . . .	5,38	23,43	49,48	0,00	0,59	0,50				

Примечание. Анализы произведены К. В. Троицкой и В. К. Аментовой.

Содержание Al₂O₃ в валовом образце равно 40,8%, а в тонкопелитовой фракции, размером менее 0,001 мм, достигает 49,5%. Содержание SiO₂ высокое. В валовом образце оно достигает 40,3%, но в тонкопелитовой падает до 23,4%. Оксиды железа и серы в породе практически отсутствуют. Суммарное содержание гигроскопической и кристаллизационной воды весьма значительно (31,25%), что типично для аллофановых пород.

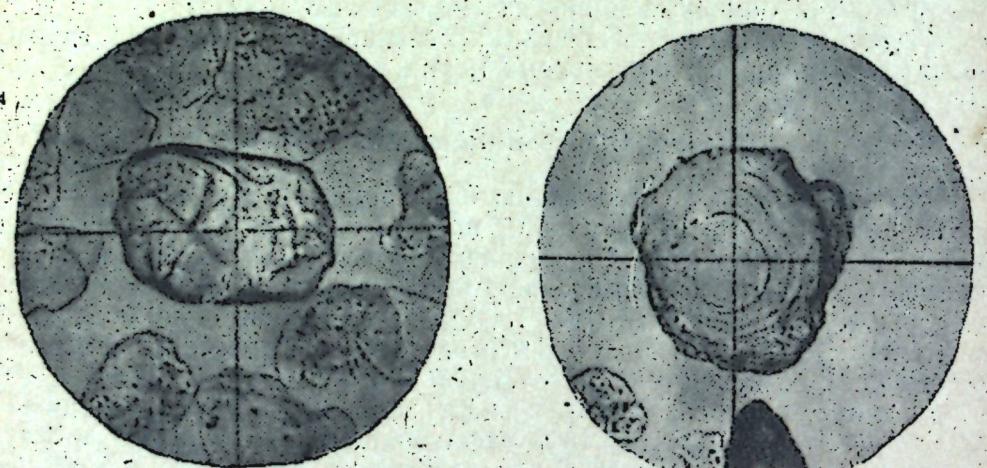
С целью выявления количественного содержания обменных оснований в породе был произведен основной обмен между ее катионами и нормальным раствором хлористого аммония (табл. 3).

Таблица 4



Фиг. 1.

Фиг. 2.

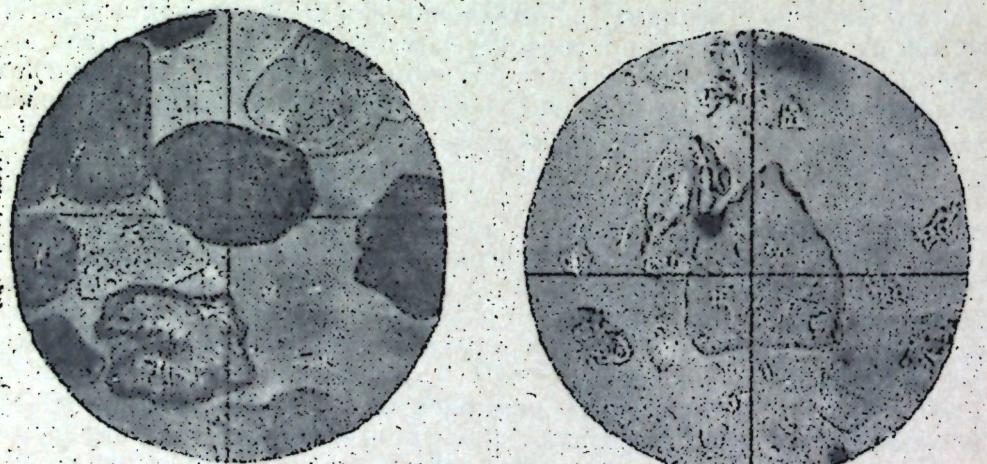


Фиг. 3.

Фиг. 4.

Аллофан (в центре) и галлуазит.

Аллофан (натечная форма) и галлуазит.



Фиг. 5.

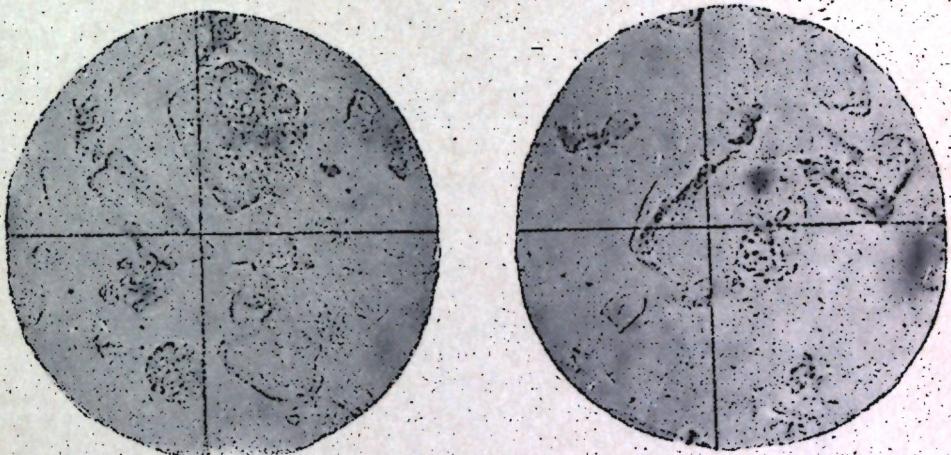
Фиг. 6.

Бокситовая порода Шенуровского месторождения Тульской обл.
Фиг. 1 — шлиф, $\times 55$, ник. 1. Фиг. 2 — шлиф, $\times 125$, ник. 1. Фиг. 3—5 — фракция
 $<0,01$ мм, $\times 55$, ник. 1. Фиг. 6 — фракция $0,1—0,01$ мм, $\times 125$, ник. 1.

Алевритовая фракция, размером $0,1—0,01$ мм, составляет более 50% массы породы. Она, как и более крупная фракция, представлена минералами галлуазитом и аллофаном, присутствующими однако здесь уже примерно в равных соотношениях. Форма и облик галлуазита и аллофана в алевритовой фракции имеют почти те же особенности, что и их аналоги в крупнозернистой фракции и иллюстрируются фотографиями, приведенными в таблицах 4 (фиг. 6) и 5 (фиг. 1). Кроме указанных минералов, в этой фракции отмечены также единичные зерна кварца и чешуйки гидромусковита.

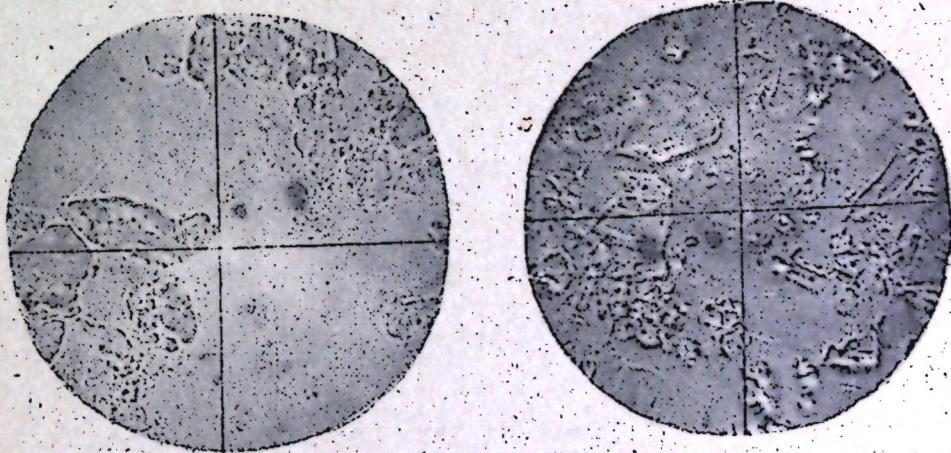
Крупнопелитовая фракция размером от $0,01$ до $0,001$ мм, составляющая около 25% всей массы породы, представлена почти исключительно аллофаном (90—95%). Последний присутствует здесь в виде стеклоподобных осколков и белой порошковидной массы (табл. 5, фиг. 2—4). В отличие от более крупных фракций количество

Таблица 5



Фиг. 1. Галлуазит и аллофан.

Фиг. 2. Аллофан.



Фиг. 3. Аллофан.

Фиг. 4.

Бокситовая порода Шенуровского месторождения Тульской области.

Фиг. 1 — фракция $0,1—0,01$ мм, $\times 125$, ник. 1. Фиг. 2—4 — фракция
 $0,01—0,001$ мм, $\times 550$, ник. 1.

Таблица 6

№ п/п	Наименование образца	Эндотермические эффекты					Экзотермические эффекты		
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Валовой	115— 150	—	520— 535	—	—	—	—	960— 990
2	Фракция 0,1—0,01 мм . . .	105— 145	—	500— 540	—	—	360— 470	590— 430	995— 980
3	Фракция 0,01—0,001 . . .	90— 125	225— 290	510— 550	—	—	—	—	1000— 985
4	Фракция меньше 0,001 мм . . .	—	—	510— 875	915	480— 600	—	—	—
		530							

галлуазита незначительно и обычно не превышает 5%. В виде единичных чешуек встречаются также гидрослюды типа гидромусковита и гидробиотита. Кварц не зарегистрирован.

Термическое исследование

Термическому анализу были подвергнуты: валовой образец, алевритовая, крупнопелитовая и коллоидная фракции породы. Анализ производился на установке системы академика Н. С. Курнакова при следующих условиях: навеска — 0,125 г, тигель цилиндрический, изометрический диаметром 5 мм. Сопротивление в цепи дифференциальной термопары 10000 ом, скорость нагрева 20° в минуту. Полученные термограммы изображены на рис. 1. Результаты рас-

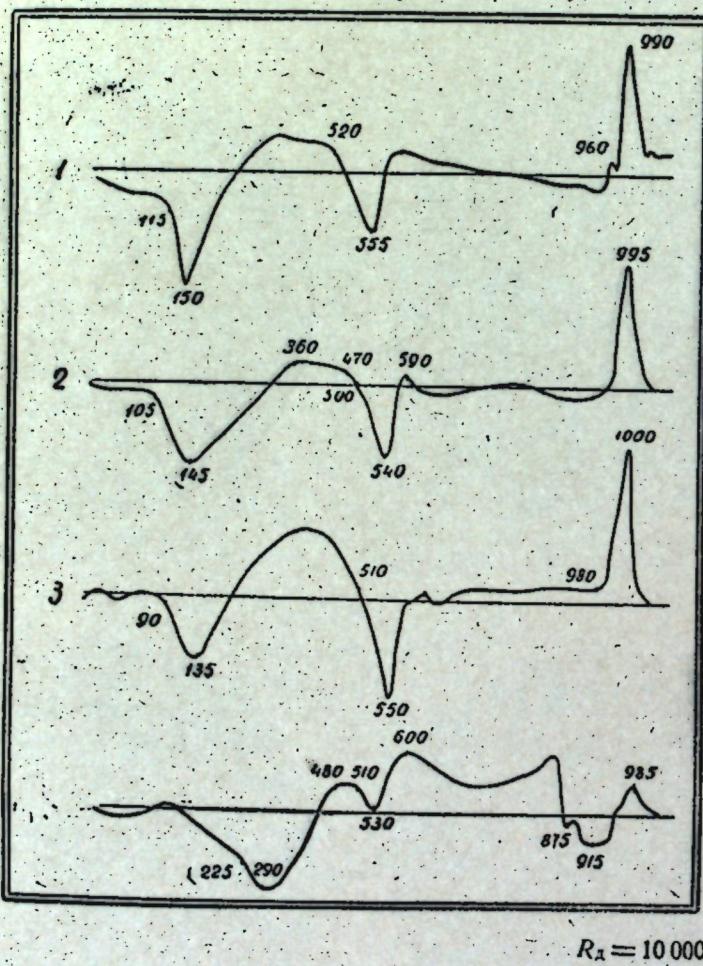


Рис. 1. Термограммы шенуровской бокситовой породы.

1. Валовой образец.
2. Фракция 0,1—0,01 мм.
3. Фракция 0,01—0,001 мм.
4. Фракция < 0,001 мм.

шифровки термограмм, произведенной нами совместно со старшим научным сотрудником Ю. В. Сементовским, приведены в таблице 6.

Реакции 1 и 8 принадлежат аллофану, реакции 1, 3 и 8 — галлуазиту, а реакции 2, 4 и 5, выраженные лишь в коллоидной фракции, по-видимому, принадлежат свободным коллоидным или скрытоокристаллическим тригидратным формам глиноэма типа коагель-гидрагиллита $\text{Al}(\text{OH}_2)$. Об этом позволяет предполагать и химический состав фракции размером менее 0,001 мм (табл. 2). Реакции 6 и 7 по-видимому соответствуют сгоранию органического вещества.

Электронномикроскопическое исследование

Электронномикроскопическому исследованию подвергались крупно- и тонкопелитовые фракции породы. Съемка произведена младшим научным сотрудником геологического института Казанского филиала Академии наук СССР Ю. И. Созиновым на электронном микроскопе модели ЭМ-3 выпуска 1955 года при увеличении в 9450 раз. Полученные фотографии, приводимые в таблице 7 (фиг. 1—6), подтверждают результаты вышеизложенных исследований. Основным компонентом пелитовых фракций является минерал аллофан, представленный мельчайшими, бесформенными хлопьевидными частицами. В крупнопелитовой фракции присутствуют также единичные чешуйки галлуазита шестоватой или трубчатой формы (табл. 7, фиг. 1—3). По всей вероятности, некоторая часть бесформенных, но отчетливо ограниченных частиц, соответствует коагель-гидрагиллиту.

Общие выводы

1. Результаты произведенных химических и минералогических исследований наиболее чистой разности породы Шенуровского месторождения Тульской области позволяют отнести ее к категории высококремнистых бокситовых пород с отношением $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2$ более 1, но меньше 4.

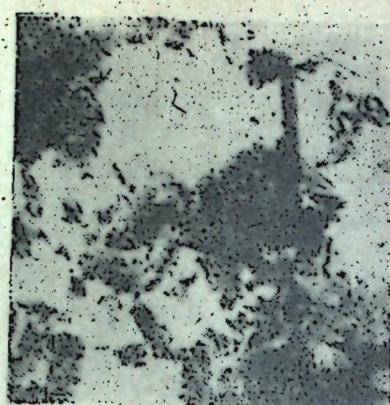
2. Основными компонентами анализируемой бокситовой породы являются минералы: аллофан (55—60%), галлуазит (35%) и коагель-гидрагиллит (5—10%). В качестве примесей в ничтожных количествах присутствуют кварц, гидрослюды, пирит, гидрогематит и группа акцессорных минералов.

3. Минералогический состав шенуровских бокситовых пород по фракциям имеет существенные отличия. С уменьшением дисперсности

Таблица 7



Фиг. 1. Аллофан и галлуазит.



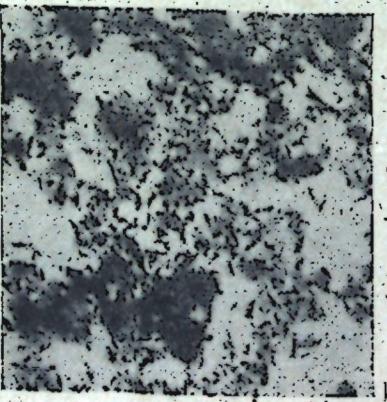
Фиг. 2. Аллофан и галлуазит.



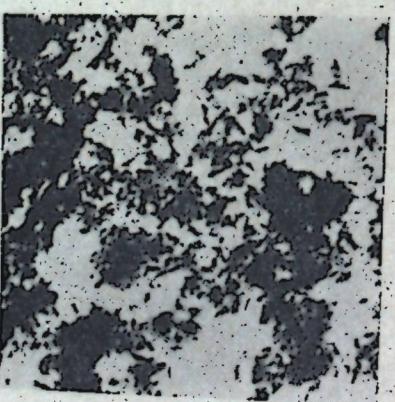
Фиг. 3. Аллофан и галлуазит.



Фиг. 4. Аллофан.



Фиг. 5. Аллофан.



Фиг. 6. Аллофан.

фракций содержание минерала аллофана увеличивается с 35% во фракции с размером частиц более 0,1 мм до 90—95% в пелитовой, а количество галлуазита соответственно падает с 65 до 5%. В тонкопелитовой и коллоидной фракциях в качестве второстепенного, но существенного по значению компонента, присутствует также минерал типа коагель-гидрагилита."

ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский А. Д. и Рожкова Е. В. Боксит. Неметаллические ископаемые СССР, т. II, изд. АН СССР, 1943.
2. Кирсанов Н. В. К методике определения глинистых минералов иммерсионным способом при больших увеличениях. Изв. Каз. фил. АН СССР, сер. геол., в. 5, 1955.

B. N. Незимов

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕМЕНТНОГО СЫРЬЯ ШУГУРОВСКОЙ ГРУППЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

1. Введение

В течение шестой пятилетки Татария превратится в крупнейший нефтяной центр страны. Соответственно этому в грандиозных масштабах должны вестись на востоке республики и строительно-монтажные работы. Однако темпы строительства пока существенно отстают от темпов нефтедобычи.

Основной путь для ликвидации разрыва между темпами развития нефтедобычи и осуществляемыми строительно-монтажными работами — это широкое внедрение в практику строительства индустриальных методов на основе применения сборного железобетона. Между тем, имеющиеся в гг. Альметьевске и Бугульме заводы сборных железобетонных деталей и конструкций по своей мощности далеко не могут восполнить острый дефицит в стеновых материалах. Дальнейшее же увеличение мощностей этих заводов, всемерное развитие производства железобетонных деталей на полигонах и площадках осложняется в первую очередь недостатком цемента. По самым скромным подсчетам, для осуществления намеченной программы строительства в нефтяных районах, его потребуется в конце шестой пятилетки ежегодно не менее 250 тыс. тонн. К этому следует добавить, что для обеспечения нефтебуровых работ во все возрастающих количествах потребуется и специальный, тампонажный цемент.

Еще в 1952 г. Геологическим институтом Казанского филиала АН СССР на основе фациально-литологического анализа и предварительных технологических опытов был выделен Шугуровский мицерально-сырьевой узел для производства цемента (Ю. В. Сементовский и В. Н. Незимов, 1955). В течение 1954—56 гг. геолого-поисковая контора треста „Татнефтегазразведка“ по рекомендациям института и заданию объединения „Татнефть“ осуществила разведочные работы на ряде перспективных участков Шугуровской группы месторождений. Геологоразведочные работы производились геологами Е. А. Кржечковской и К. З. Галеевым при участии ст. топографа Г. П. Хохлова и лаборанта В. С. Козлова. При этом полу заводские технологические испытания цементного сырья проводились на Польском опытном заводе „НИИЦемента“, а в Геологическом институте продолжались его лабораторные исследования. Они имели целью дать исчерпывающую технологическую характеристику сырья, уста-

новить его пригодность для получения различных видов цемента и тем самым помочь разработке обоснованных рекомендаций по промышленному освоению разведанной сырьевой базы. В настоящее время, когда разведочные работы в основном закончены, возникла необходимость в систематизации накопленных технологических данных.

В настоящей статье обобщается богатый материал по лабораторным и полузаводским технологическим испытаниям цементного сырья Шугуровской группы месторождений. В проведении лабораторных технологических испытаний, кроме автора, принимали участие Н. Я. Михеев и И. И. Крылов (подготовка и обжиг сырьевых смесей), Г. Д. Зейферт и В. К. Толмачева (физико-механические испытания цементов). Химические анализы валовых проб и цементов, полученных при лабораторных технологических испытаниях, выполнены в химической лаборатории Геологического института КФАН аналитиками В. К. Аментовой и В. А. Любочки. Полузаводские испытания проведены на Подольском опытном заводе „НИИЦемента“ под руководством главного инженера Л. С. Пелецкого техниками-технологами Н. А. Мешковой и А. А. Хальзееевой. Петрографические исследования цементного клинкера выполнены на заводе О. М. Астreeвой и Михайловой.

Методика лабораторных технологических испытаний детально описана в ряде предшествующих работ (Ю. В. Сементовский, В. Н. Незимов, 1955; В. Н. Незимов, 1956). В связи с этим ниже освещаются лишь наиболее существенные особенности методики полузаводских испытаний.

Для получения портланд-цемента в полузаводских условиях на разведенных участках в шурфах отбирались послойно, соответственно мощностям отдельных продуктивных толщ, валовые пробы известняков и глин, каждая весом от нескольких десятков до сотен килограмм. После дробления и квартования пробы анализировались для определения в них процентного содержания основных химических компонентов. Наряду с этим определялась размалываемость известняков и размучиваемость глин.

Для определения размалываемости известняков они дробились, и для исследования бралась после просеивания фракция в 5–10 мм. Проба весом в 10 кг загружалась в лабораторную шаровую мельницу со следующими основными показателями: длина — 0,241 м, диаметр — 0,51 м, объем — 0,049 м³, загрузка — 55 кг стальных шаров диаметром от 35 до 60 мм. После каждого 500 оборотов из мельницы отбиралась навеска в 100 г для определения тонкости помола на ситах № 021 и № 0085:

Продолжительность помола определялась по формуле: $t = \frac{A}{n}$,

где A — общее количество оборотов, необходимое для получения остатка на сите № 0085 не более 10% и n — количество оборотов мельницы в 1 минуту.

Производительность мельницы (B) в этом случае выражалась следующим соотношением между весом взятой для помола пробы (P) и продолжительностью помола (t): $B = \frac{P \cdot 60}{t}$ (кг/час).

После этого расчетным путем определялись удельный расход электроэнергии (W) и удельная производительность по энергии (B_s). Для получения величины удельного расхода электроэнергии использовалась формула: $W = \frac{N \cdot 1000}{B}$ (квт/час/т), где N — мощность электромотора мельницы.

Удельная производительность по энергии (B_s) определялась по формуле: $B_s = \frac{1000}{W}$ (кг/час/квт), а удельная производительность на единицу условного ($B_{уд}$) объема — из следующей зависимости:

$$B_{уд} = \frac{B}{1000 \nu D} (\text{т/ед}),$$

где B — ранее вычисленная производительность мельницы, ν — ее объем и D — диаметр.

Для определения размучиваемости глин использовалась шестигранная лабораторная болтушка со следующими основными показателями: диаметр — 500 мм, высота — 350 мм, скорость вращения борон — 50 оборотов в минуту. Проба глины просеивалась через сита с размером ячеек в 10 и 7 мм. От остатка на сите с ячейками в 7 мм отбиралась навеска в 5 кг и помещалась в болтушку, куда добавлялось некоторое количество воды из расчета получения глиняного шлама с общей влажностью 60%. После двух часов работы болтушка останавливалась и из нее отбирались две пробы — одна из бокового отверстия глиноболтушки, а вторая — со дна. Далее пробы подвергались ситовому анализу со следующим набором сит: 7, 5, 3, 2 мм, с 64 и 144 отверстиями на см², № 021 и № 0085.

После расчета сырьевых смесей, осуществлявшегося по обычной методике, производился их помол в шаровой мельнице длиною в 1,02 и диаметром в 1,46 м. Во избежание загрязнения смесей, внутренняя поверхность мельницы выложена фарфоровыми плитами, а вместо стальных шаров и цильпебса использовалась кремневая галька диаметром в 30–70 мм.

Обжиг производился во вращающейся печи длиною 8,0 и диаметром 0,4 м в свету. Внутри печь отфутерована тальковым кирпичом. Подача топлива (керосин) осуществлялась форсункой. Продолжительность обжига составляла обычно 7–8 часов. Периодически, как правило, через интервалы в 30 мин. производились замеры температуры факела, материала и отходящих газов, определялась влага, вес, растекаемость и титр шлама. В целях контроля за качеством обжига, в клинкере периодически определялось качественным методом также содержание свободной извести.

2. Краткие геолого-экономические сведения

Шугуровский минерально-сырьевой узел представляет собой группу месторождений цементного сырья, расположенную у места слияния рр. Шешмы и Лесной Шешмы вблизи пос. Шугурово. Наиболее крупными и в настоящее время разведенными месторождениями этой группы являются (рис. 1):

1) участки, расположенные на левом склоне долины ручья Иныш (правый приток р. Лесной Шешмы) в 0,6–1,3 км к северо-востоку и востоку от пос. Шугурово (№ 1);

2) площадка денудационной террасы на правом берегу ручья Иныш в 1–1,5 км к северо-западу от северной окраины пос. Шугурово (№ 3);

3) участок денудационной террасы на правом берегу р. Шешмы в 0,9–1,8 км к северу от д. Ново-Иштеряково (№ 2);

4) участок на правом склоне долины р. Шешмы в 3 км к северо-северо-востоку от д. Бакирово (№ 5).

В геологическом строении поверхностных отложений района характеризуемых месторождений принимают участие образования верхнеказанского ($P_2kz_2 bb$) и нижнеказанского (P_2kz_1) подъярусов,

Таблица 1

уфимского яруса (P_{2uf}) сакмаро-артинской (P_{1s-a}) толщи. Кроме того, в долинах рек встречаются современные аллювиальные глины, пески и галечники, а на водораздельных склонах — незначительный по мощности чехол древнечетвертичных покровных суглинков.

Нижнеказанские отложения, к которым приурочены основные продуктивные горизонты цементного сырья, залегают с размывом на пестроцветной песчано-глинистой толще уфимского яруса (Г. Л. Миропольская, 1956). Мощность их превышает 61 м. В разрезе нижнеказанского подъяруса выделяется семь серий:

I серия (первый комплекс) — пачка зеленовато-серых известковистых глин и глинистых мергелей с *Lingula orientalis Golowk.* («лингуловая толща») мощностью до 18—21 м;

II серия (второй комплекс) — пачка серых органогенно-брахиоподовых известняков («среднеспирiferовый известняк») мощностью в 1,5—2 м;

III серия (нижняя часть третьего комплекса) — толща зеленовато-серых известковистых глин и глинистых мергелей мощностью 6—7 м;

IV серия (верхняя часть третьего комплекса) — пачка переслаивающихся между собой алевритовых мергелей и сильно известковистых и глинистых алевролитов мощностью 13—13,5 м;

V серия (четвертый комплекс) — пачка глинисто-известковистых мелкозернистых песчаников с прослойками алеврито-песчаных мергелей общей мощностью 8—8,5 м;

VI серия (пятый комплекс) — пачка оолитовых, органогенных и алевритово-глинистых известняков мощностью 4,5—9 м;

VII серия — толща зеленовато-серых известковистых глин, с прослойками глинистых мергелей мощностью до 4—7 м.

Выше залегают пестроокрашенные мелкозернистые песчаники и глины, по стратиграфическому положению относящиеся уже к нижней части белебеевской свиты ($P_{2kz_2 bb}$).

В качестве карбонатного компонента были разведаны на всех месторождениях известняки шестой, а глинистого — глины и глинистые мергели первой (участок № 5) и седьмой (участки №№ 1, 2, 3) серий нижнеказанского подъяруса. Кроме того, у д. Ново-Иштеряково были разведаны на небольшом участке также глины из нижней части белебеевской свиты.

Пачка карбонатных пород шестой серии нижнеказанского подъяруса имеет неоднородное строение. В наиболее полных разрезах у д. Ново-Иштеряково в ней выделяются три литологических комплекса: нижний ($P_{2kz_1^6}$ ниж.), средний ($P_{2kz_1^6}$ средн.) и верхний ($P_{2kz_1^6}$ верх.). Нижний комплекс представлен глинистыми, нередко слабо доломитизированными известняками мощностью 1—2 м; средний — глинистыми, часто доломитизированными известняками и сильно известковистыми глинами общей мощностью 3,0—3,5 м и верхний — оолитовыми и органогенными известняками мощностью в 3,8—5,0 м. На других участках нижний комплекс глинистых известняков отсутствует, а в среднем встречаются только глинистые и алеврито-глинистые известняки.

Предварительный подсчет запасов известняков производился на основе двух вариантов. По первому из них при подсчете учитывались только кондиционные известняки верхнего комплекса шестой серии ($P_{2kz_1^6}$ верх.). По второму варианту в подсчет запасов включались также известняки из среднего комплекса ($P_{2kz_1^6}$ средн.) в том случае, если средневзвешенное содержание окиси магния от общей толщи обеих пачек не превышало норм, допускаемых цементной промышленностью. Данные по разведенным запасам известняков по состоянию на 1 июля 1956 г. (Н. В. Кирсанов, Ю. В. Сементовский и др., 1957) приведены в таблице 1.

№ участков	Категория разведанности	Мощность в м	Площадь в м ²	Объемный вес в т/м ³	Запасы в м ³	Запасы в тыс. тонн	Объем вскрыши в м ³	Соотношение объема вскрыши и полезной толщи	
								первый вариант	
1	A ₂	3,00	277400	1,88	936625	1781,4	431290	1:2,17	
		3,50	277400	1,88	1089871	2053,9		1:2,53	
	B	3,70	209600	1,89	608080	1156,9	408822	1:1,49	
		4,10	209600	1,89	674195	1280,7		1:1,65	
2	A ₂	3,20	208300	2,00	666560	1333,1	262458	1:2,54	
		3,92	208300	2,00	816536	1633,1		1:3,11	
	B	3,17	172000	1,97	545557	1074,7	203078	2:2,69	
		3,75	172000	1,97	645000	1270,6		1:3,18	
3	B	3,29	365500	2,00	1202495	2404,5	720035	1:1,67	
5	B	4,49	1400000	2,25	6286000	14143,5	1078000	1:5,75	

Таким образом, общие запасы известняков, разведанные по категориям A₂ + B, составляют: по первому варианту подсчета запасов — 21894,1 тыс. тонн и по второму — 22786,3 тыс. тонн. При этом следует иметь в виду, что при разведочных работах, производившихся геолого-поисковой конторой треста «Татнефтегазразведка» летом 1956 г., запасы известняков, особенно по категориям «B» + «C», были увеличены на несколько миллионов тонн.

Данные по выявленным на 1 июля 1956 г. запасам цементных глин приведены в таблице 2.

Таблица 2

№ участков	Категория разведанности	Мощность в м	Площадь в м ²	Объемный вес в т/м ³	Запасы в м ³	Запасы в тыс. тонн	Объем вскрыши в м ³	Соотношение объема вскрыши и полезной толщи
1	A ₂	1,64	81700	2,17	135130	292,3	114360	1:1,18
		1,64	92100	2,17	143180	310,7	115050	1:1,24
2	A ₂	2,58	80100	1,92	206658	396,8	100125	1:2,06
		2,32	87900	1,92	188106	361,2	101085	1:1,86
3	B	1,93	191500	2,08	369595	768,8	214480	1:1,72

Таблица 3

№ участков	Наименование площадей подсчета запасов	Содержание в % (от — до)							Сумма
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	п.п. выше 105° С	
1 (II)	Северная .	6,00— 9,60	1,77— 3,16	0,54— 1,30	47,44— 48,98	1,14 2,55	0,16— 1,15	36,10— 40,32	99,67— 100,49
	Центральная . .	4,43— 23,82	0,11— 5,30	0,28— 6,85	37,26— 52,00	0,17— 2,17	0,13— 1,78	34,63— 41,30	98,31— 100,76
	Южная . .	5,89— 15,71	0,88— 2,71	0,90— 2,39	42,50— 48,62	0,17— 2,58	0,05— 0,62	35,75— 39,44	98,85— 100,57
2 (IX)		3,96— 20,61	0,03— 3,35	0,40— 6,71	40,08— 51,40	0,21— 2,54	0,00— 1,18	31,04— 41,65	98,15— 100,68
		17,44	3,18	2,04	51,20	3,20	1,32	37,25	100,37
3 (I)		4,58— 17,44	0,02— 3,18	0,30— 2,04	41,77— 51,20	0,25— 3,20	0,00— 1,32	41,06— 37,25	97,82— 100,37
		95,62	2,25	1,80	46,76	2,09	0,34	40,57	101,63
5 (VII)		7,38— 95,62	1,10— 2,25	0,08— 1,80	34,68— 46,76	0,65— 2,09	0,0— 0,34	30,60— 40,57	95,32— 101,63

Из данных таблицы 3 видно, что содержание вредных примесей (MgO , SO_3) в известняках верхней пачки шестой серии нижнеказанского подъяруса на всех разведанных участках не превышает установленных цементной промышленностью норм.

Используя богатый аналитический материал, накопленный при поисковых и разведочных работах, мы составили схемы изолиний среднего содержания окиси магния, глиноземистого и кремнеземистого модулей, характеризующие изменения этих показателей в оолитовых и органогенных известняках на территории всего минерально-сырьевого узла.

Рассматривая схему изолиний среднего содержания окиси магния (рис. 1), нетрудно подметить закономерное возрастание доломитизации известняков верхней пачки к западу, северо-востоку, востоку и юго-востоку от д. Шугурово—Бакирово—Ново-Иштеряково. Повышение доломитизации известняков в этих направлениях связано с постепенным переходом от центральной к окраинным частям зоны мелководно-морских оолитовых осадков, где сказывалось влияние, с одной стороны, прибрежно-лагунной, а, с другой,—засолонелой внутренней зоны спириферового бассейна.

Наиболее низкие значения содержания окиси магния характерны для оолитовых известняков седьмой серии на участках I (№ 3), II (№ 1), IX (№ 2), VII (№ 5) и XI, где среднее содержание MgO не превышает 2,0%. Территория, на которой расположены перечисленные участки цементного сырья, ограничена с востока и запада изолинией $MgO = 2,5\%$. На участках III, VI, VIII, находящихся за пределами этой территории, в „чистых“ оолитовых известняках встречаются прослои доломитов и сильно доломитизированных известняков, что нередко приводит к значительному повышению среднего содержания окиси магния во всей верхней пачке шестой серии и делает

Кроме того, на Ново-Иштеряковском участке выявлены запасы глин из нижней части разреза белебеевской свиты и седьмой серии нижнеказанского подъяруса в количестве около 800 тыс. тонн, а на Бакиревском участке—глины из первой серии нижнеказанского подъяруса в количестве свыше 1200 тыс. тонн¹. Все это дает общие запасы цементных глин более, чем в 4 млн. тонн.

При наличии разведанной в настоящее время минерально-сырьевой базы в Шугуревском районе ТАССР может быть построен цементный завод. Завод этот будет находиться в исключительно благоприятных экономических условиях.

1. Он будет располагаться в непосредственной близости от основных объектов строительства в нефтяных районах (от гг. Бугульмы и Альметьевска—около 55—60 и от г. Лениногорска—около 30 км). Это даст возможность производить доставку цемента на стройки и нефтепромыслы в первое время даже автотранспортом.

2. В качестве горючего завод может использовать вместо угля горючие газы или нефть, что при хорошем качестве сырья создает условия для выпуска цемента особенно высокого качества.

3. Завод может быть обеспечен дешевой электроэнергией от линии электропередачи Куйбышевская ГЭС—нефтепромыслы Татарской АССР.

4. Потребности завода в производственной воде могут быть легко удовлетворены как за счет вод р. Шешмы, так и за счет подземных вод в пермских отложениях.

5. При низком отношении вскрыши к полезной толще разработка сырья может осуществляться при возможно минимальных затратах.

Как будет показано далее, физические свойства сырья (размываемость известняков и размучиваемость глин) также благоприятны для выпуска дешевого по себестоимости и хорошего по качеству цемента.

3. Химическая характеристика сырья

Как известно, к химическому составу сырья цементная промышленность предъявляет определенные и жесткие требования. Они объясняются тем, что для получения цементного клинкера нормального качества сырьевая шихта должна характеризоваться наиболее благоприятным соотношением основных химических компонентов: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 и CaO . Вместе с тем сырье должно содержать минимальное количество так называемых „вредных примесей”—окиси магния, серного и фосфорного ангидридов, щелочей и некоторых других соединений.

По данным Е. А. Кржечковской (Н. В. Кирсанов, Ю. В. Семеновский, К. М. Максютова, В. А. Полянин, У. Г. Дистанов, В. Н. Незимов, Е. А. Кржечковская, Т. А. Кузнецова, 1957), среднее содержание основных химических окислов в известняках верхней пачки шестой серии на разведенных участках соответствует существующим технологическим кондициям. Колебания среднего химического состава этих известняков по площадям подсчета запасов представлены в таблице 3.

¹ Окончательные запасы глин на этих участках были к моменту написания очерка еще не подсчитаны.

Рис. 1. СХЕМА

изолиний среднего содержания оксида магния (MgO) в почве солитовых известняков (P_2 , кг $^{\circ}$ берз) шугуровской группы месторождения цементного сырья.

сырье.

Масштаб

10 км 0 500 1 1,5 км

Сечение изолиний через 0,5% MgO

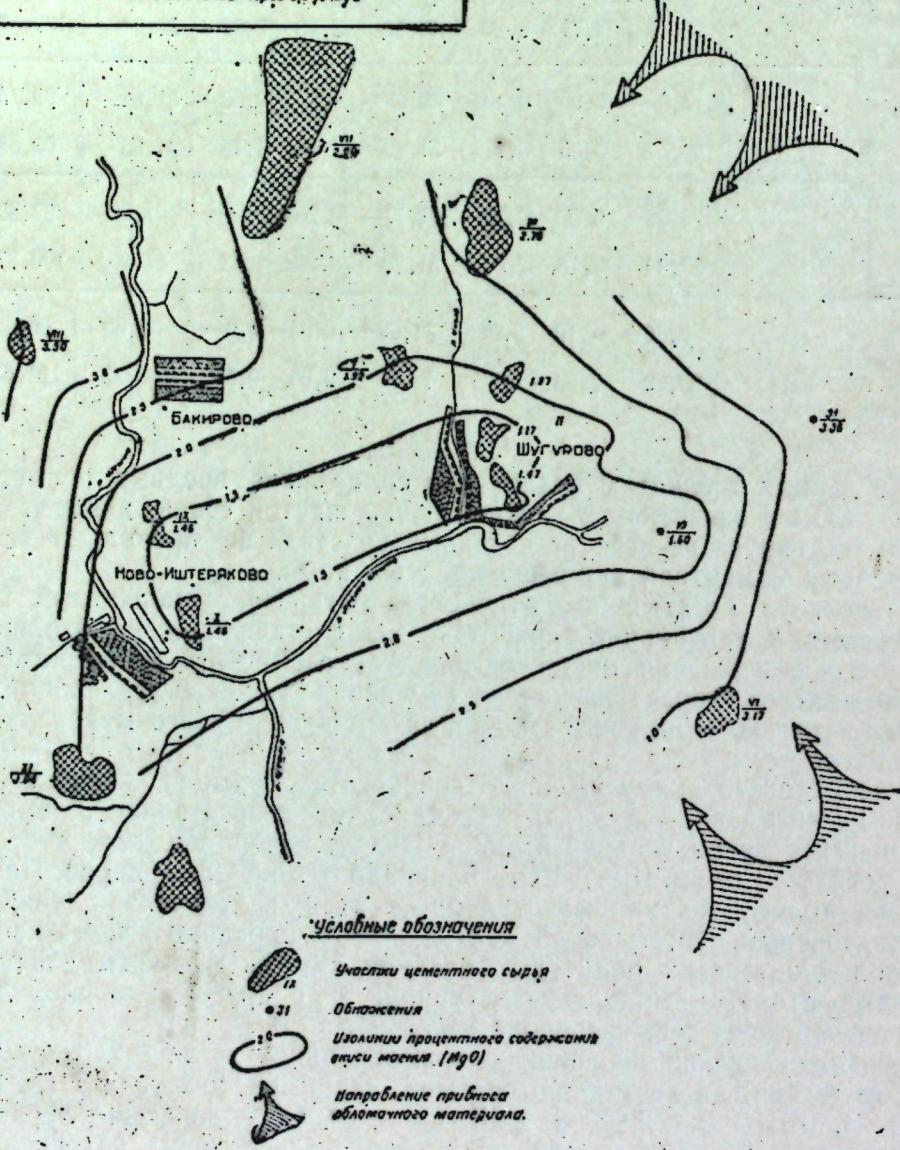


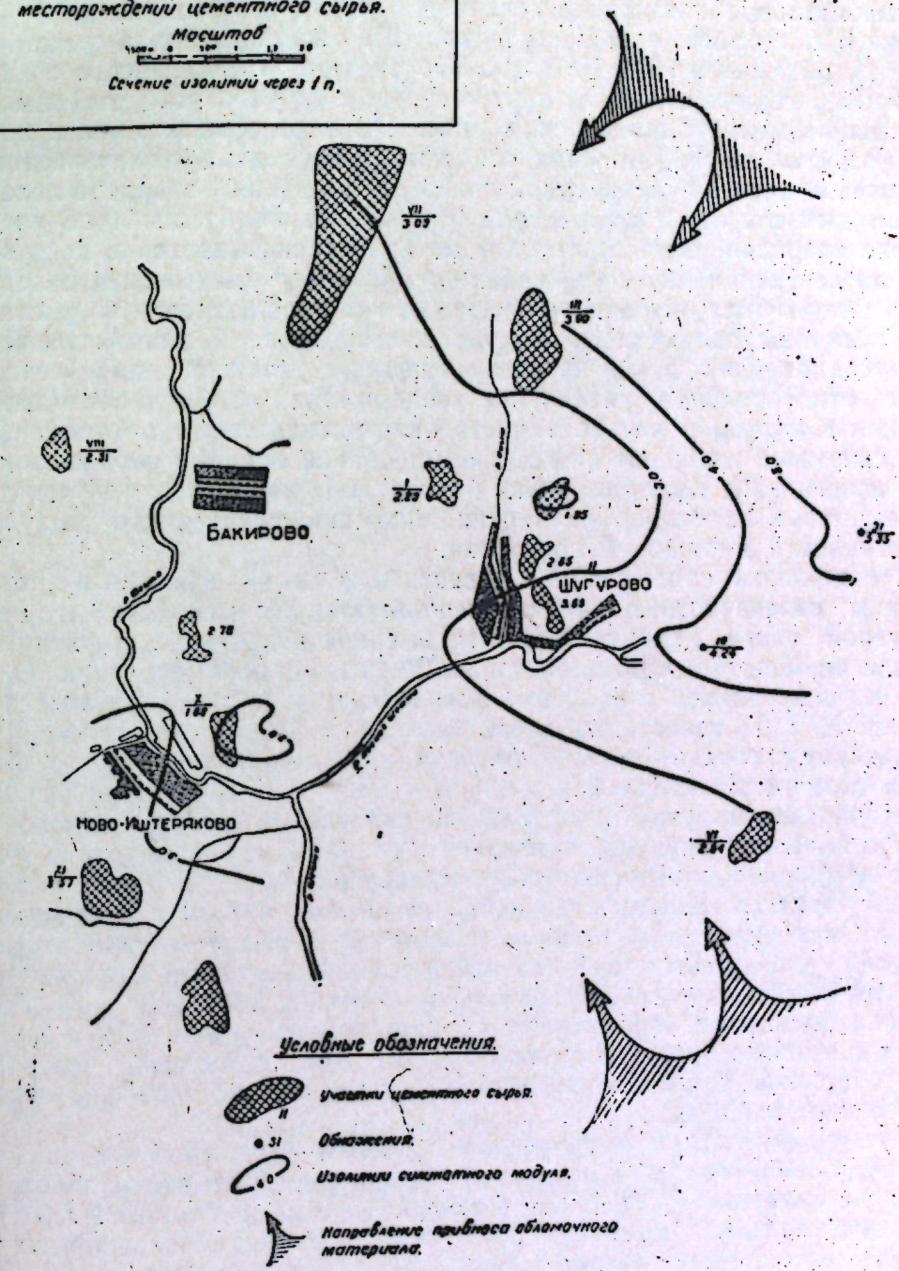
Рис. 2. СХЕМА

изолинии силикатного модуля (n) почки доломитовых и органогеновых известняков (P_2 , кг $^{\circ}$ берз) шугуровской группы месторождений цементного сырья.

Масштаб

10 км 0 500 1 1,5 км

Сечение изолиний через n .



сырье для производства нормального (не магнезиального) цемента мало пригодным.

Как видно на рис. 2, характер изменения силикатного модуля (п) оолитовых известняков на территории Шугуровского минерально-сырьевого узла весьма своеобразен. Самые низкие значения силикатного модуля имеют известняки на участках I (№ 3), IX (№ 2), X, VIII и на северной и центральной площадях участка II (№ 1). На них средние значения этого модуля не превышают 1,88—2,78. К юго-западу (участок XI) и особенно к северо-востоку и востоку происходит значительное повышение величины силикатного модуля до 3—4 и даже 5 с лишним единиц (участок III, южная площадь участка II (№ 1), обнажения №№ 10 и 31). Это связано прежде всего с характером и количественными соотношениями терригенного материала известняков мелководно-морской зоны. По мере приближения к полосе развития лагуно-морских осадков в известняках увеличивается содержание песчано-алевритовой фракции, имеющей кварцево-полевошпатовый состав. В химическом отношении количественное увеличение кварцево-полевошпатового материала сказывается в первую очередь на увеличении содержания кремнезема и уменьшении содержания полуторных окислов, что приводит к абсолютному возрастанию величины силикатного модуля известняков. В целом для известняков верхней пачки на всех изученных участках подмечается также относительное увеличение содержания алеврито-глинистой фракции в южном и юго-восточном направлениях. Это обстоятельство связано с влиянием на ход формирования осадков юго-восточного направления привноса обломочного материала. Как результат, оно вызывает некоторое увеличение значений силикатного модуля известняков и в южном направлении.

При высоком содержании в известняках окиси кальция и „нормальном“ силикатном модуле глин, использующихся в качестве второй составной части цементной шихты, высокие величины силикатного модуля карбонатного компонента не имеют особого значения. Однако на центральной и особенно южной площадях подсчета запасов участка № 1 (II) известняки характеризуемого горизонта по своему химическому составу приближаются к мергелям-„натуралам“ с высоким силикатным модулем (в среднем = 3,56). В связи с этим из них целесообразно получать специальный силикатный портланд-цемент.

В отношении картины изменения величины глиноземистого модуля на территории Шугуровского минерально-сырьевого узла отмечается обратная зависимость: наиболее низкие значения p характеризуют, как правило, оолитовые известняки с высоким силикатным модулем (рис. 3). Вместе с тем наблюдаются известные отклонения от этой закономерности. Например, на участках VII (№ 5) и XI, где силикатный модуль известняков соответственно равен 3,09 и 3,57, глиноземистый модуль составляет 2,03 и 1,87. Возможно, что это обстоятельство связано с неполнотой имеющихся по этим участкам химических анализов.

С технологической точки зрения наиболее благоприятные значения глиноземистого модуля имеют оолитовые известняки шестой серии на участках X, VII (№ 5) и северной площади участка II (№ 1). Следует, однако, отметить, что низкие значения глиноземистого модуля известняков верхней пачки на других участках — I (№ 3), IX (№ 2), на центральной и южной площадях участка II (№ 1) — не являются препятствием для получения из них цемента хорошего качества (при наличии глин с высоким содержанием Al_2O_3).

По данным Е. А. Крежевской, средний химический состав пачки глинистых известняков шестой серии на разведанных участках представлен в таблице 4.

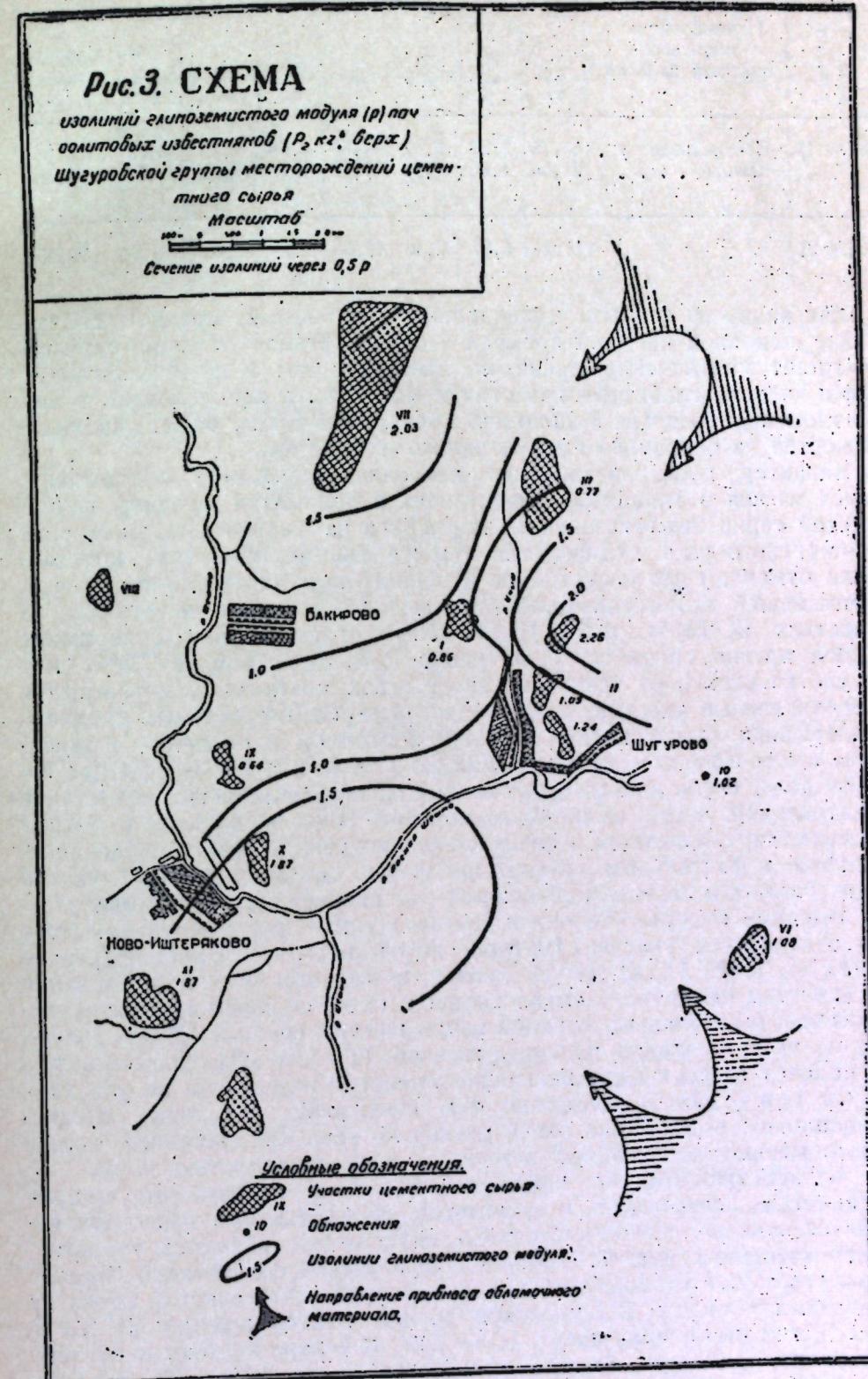


Таблица 4

№ участков	Наименование площадей подсчета запасов	Содержание в %							Сумма
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	П.п. выше 105° С	
II (№ 1)	Центральная . . .	13,75	2,23	2,42	41,38	3,04	0,72	36,60	100,14
	Южная . . .	21,56	1,80	2,40	37,12	3,66	0,02	32,77	99,33
IX (№ 2)		11,24	5,97	2,46	42,63	2,70	0,92	34,06	99,85

Как видно из данных, приведенных в таблице 4, среднее содержание основной вредной примеси — окиси магния — в ряде случаев достигает критических пределов. Вместе с тем и по содержанию окиси кальция глинистые известняки могут быть использованы в цементном производстве только при добавлении к ним более „чистых“ разностей из основного продуктивного горизонта.

Характер пространственного изменения среднего содержания окиси магния в глинистых известняках и доломитах средней пачки шестой серии нижнеказанского подъяруса на территории минерально-сырьевого узла подчиняется тем же закономерностям, которые были отмечены для известняков основного продуктивного горизонта. Наименьшей доломитацией отличаются глинистые известняки на участках IX (№ 2), II (№ 1) и I (№ 3), где среднее содержание окиси магния соответственно равно 2,70, 3,04—3,66 и 3,75%. Как видно на рис. 4, от треугольника, в углах которого располагаются перечисленные участки, происходит быстрое возрастание среднего содержания окиси магния в северо-восточном и особенно в западном и юго-западном направлениях до 7,2—9,52 и 11,23—11,41%. По сути дела, слабо доломитизированные алеврито-глинистые известняки центральной части мелководно-морской зоны к востоку и западу сменяются глинистыми и алеврито-глинистыми доломитами, относящимися в фациальном отношении уже к осадкам краевых частей центральной и лагунно-побережной зон спириферового бассейна.

Высокое содержание окиси магния в глинистых известняках даже на центральных участках Шугуровского минерально-сырьевого узла — I (№ 3), II (№ 1), IX (№ 2) делает возможным их использование в качестве цементного сырья только в смеси со слабо доломитизированными известняками верхней пачки шестой серии и притом далеко не по всем площадям подсчета запасов. Как уже отмечалось выше, в подсчет запасов были включены глинистые известняки на участках II (№ 1) и IX (№ 2) только по тем скважинам, в которых средневзвешенное содержание окиси магния по всей продуктивной толще было меньше допускаемых цементной промышленностью норм.

В пространственном изменении величины силикатного модуля глинистых известняков и доломитов определяющим фактором является наличие северо-восточного направления привноса терригенического материала (рис. 5). Наименьшие значения силикатного модуля характеризуют карбонатные породы средней пачки шестой серии на западных участках Шугуровской группы месторождений (IX (№ 2) и IX), где он не превышает 1,73—2,49. К северо-востоку и востоку силикатный модуль быстро увеличивается до 3,99—3,90—5,2 (участок VI, южная площадь участка II (№ 1), участок III).

Е. А. Кржечковской (Н. В. Кирсанов, Ю. В. Сементовский, К. М. Максютова и др., 1957) на основании многочисленных химических

Рис. 4. СХЕМА

изолинии среднего содержания окиси магния (MgO) в пачке глинистых известняков и доломитов (Рис. № 4, средн.) Шугуровской группы месторождений цементного сырья.

Масштаб
Сечение изолиний через 1% MgO

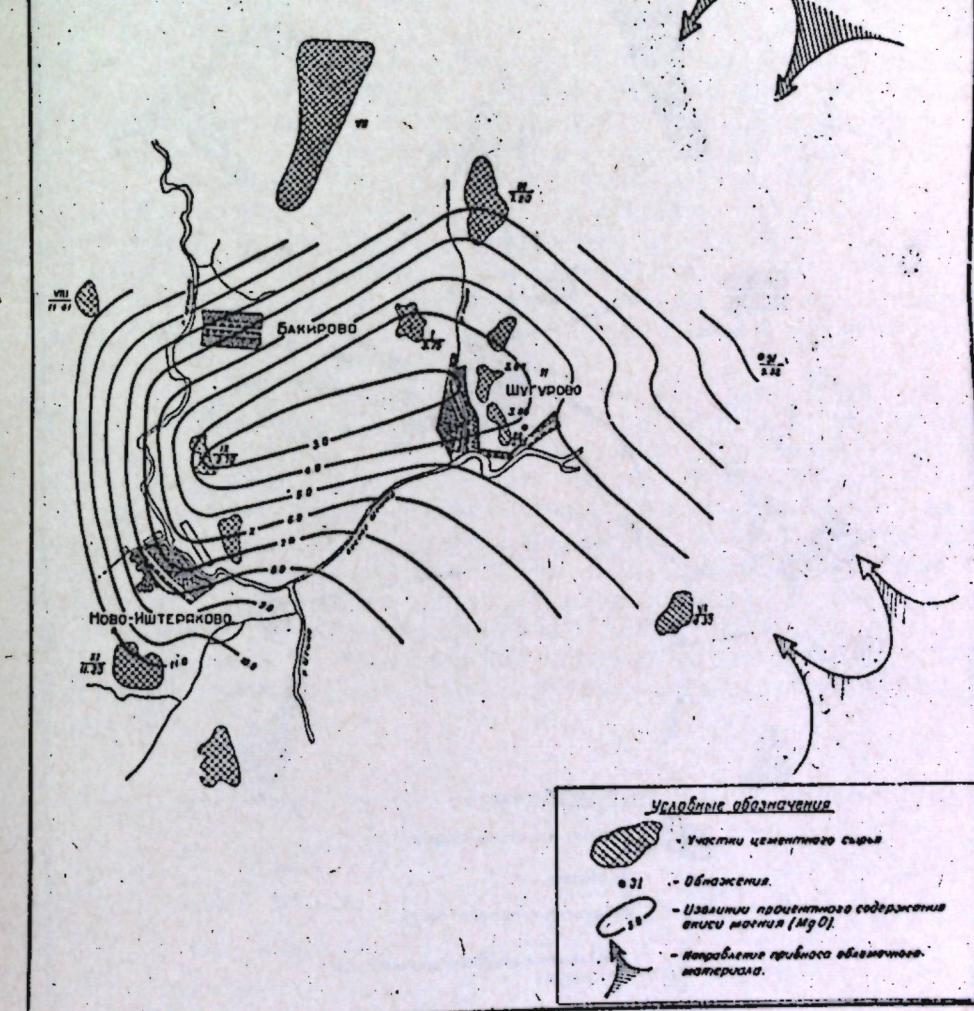
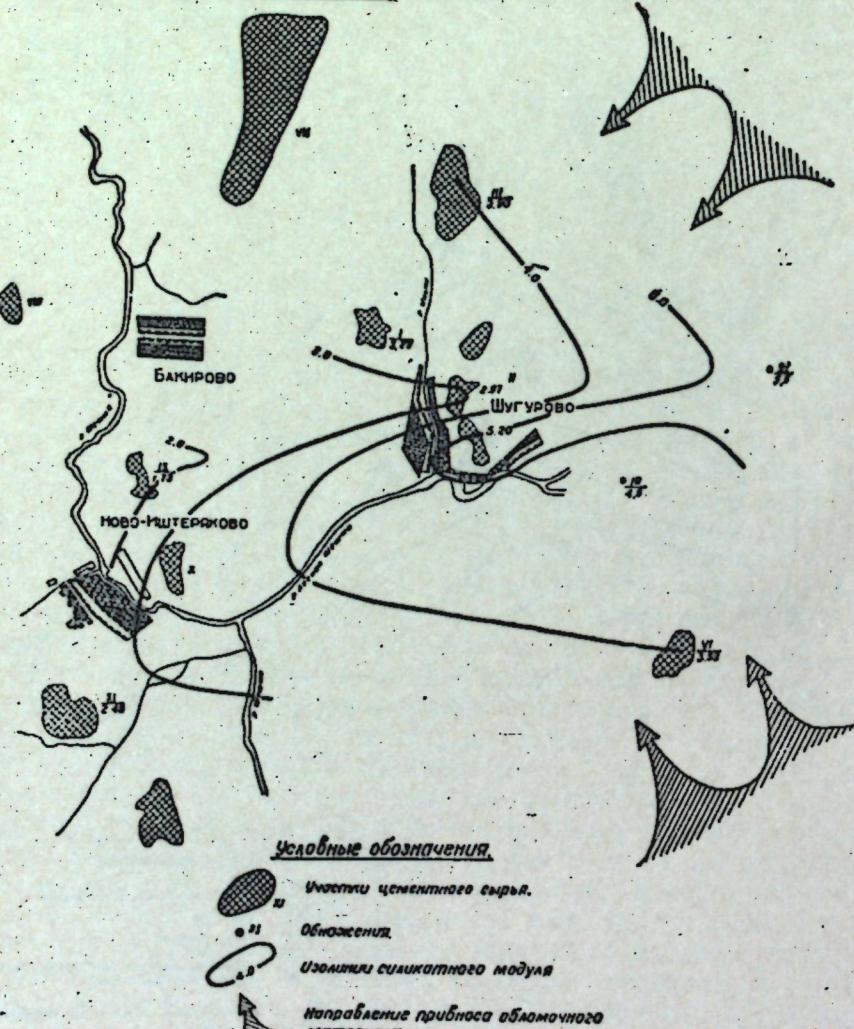


Рис. 5. СХЕМА

изолитий силикатного модуля (п) пачки
глинистых известняков и доломитов
(Р₂ п₂, сред) шуцеробской группы местно-
рождений цементного сырья.

Масштаб

Сечение изолитий через ГЛ.



анализов произведены расчеты силикатного модуля средних проб, составленных из оолитовых и глинистых известняков на участке IX (№ 2), центральной и южной площадях участка II (№ 1). Они показывают, что при совместном использовании в качестве карбонатного компонента оолитовых и глинистых известняков участка IX (№ 2) и центральной площади участка II (№ 1) могут быть получены сырьевые смеси с „нормальным“ и несколько повышенным силикатным модулем ($n = 2,48$ и $2,85$). Что касается средних проб на южной площади подсчета запасов участка II (№ 1), то они имеют высокий силикатный модуль (4,61) при среднем содержании окиси кальция в 44,0%. В связи с этим для получения силикатного портланд-цемента на этой площади, возможно, целесообразнее использовать смесь оолитовых известняков с глинистыми известняками, а не с глинами седьмой серии.

Как видно на рис. 6, наиболее низкие значения глиноземистого модуля пачки глинистых известняков и доломитов характерны для северо-восточных участков минерально-сырьевого узла (III—1,05, II (№ 1)—0,75 и 0,93, I (№ 3)—0,96). К югу, юго-западу, юго-востоку и востоку от них средние величины глиноземистого модуля возрастают до 1,90—2,92 (обн. 10, участок VI) и 2,43—3,11 (участки IX и XI). Петрографическое изучение пород характеризуемой пачки показывает, что это явление связано с изменением характера и состава их терригенной части. На северо-восточных площадях в нерастворимом остатке преобладает алевритовая фракция кварцево-полевошпатового состава, в то время как на южных и юго-восточных участках существенное значение приобретает глинистая составная часть. В соответствии с этим к югу и юго-востоку в карбонатных породах увеличивается абсолютное содержание Al_2O_3 и величина глиноземистого модуля.

В технологическом отношении глинистые известняки участка IX по своему глиноземистому модулю представляют сырье лучшего качества, чем породы того же продуктивного горизонта на участках I (№ 3) и II (№ 1). Однако следует, иметь в виду, что для оолитовых известняков соответствующий модуль на участке II (№ 1) выше, а на IX ниже. Поэтому средние значения глиноземистого модуля по всей продуктивной толще шестой серии на названных участках существенно друг от друга не отличаются (участок IX (№ 2)—1,03, центральная площадь участка II (№ 1)—1,29 и южная—1,07).

По данным Е. А. Кржечковской, средний химический состав глин седьмой серии нижнеказанского подъяруса на разведанных участках представлен в таблице 5.

Таблица 5

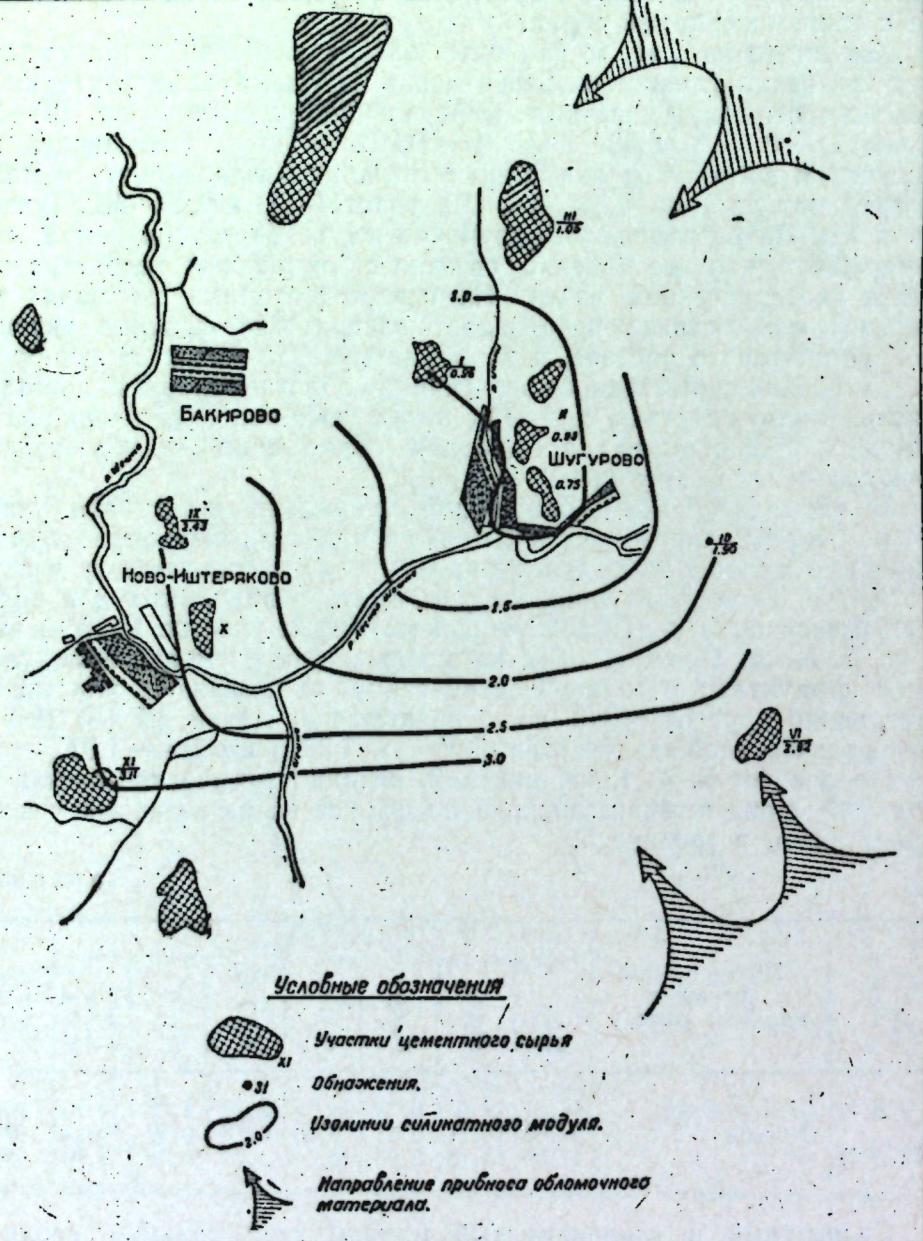
№ участков	Наименование площади подсчета запасов	Содержание в %						Сумма
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	
II (№ 1)	Центральная . . .	46,81	14,03	6,70	14,17	2,79	1,02	14,70
	Южная	52,94	15,11	6,32	8,68	3,76	0,52	10,55
IX (№ 2)		47,55	13,75	6,05	13,36	3,29	0,38	14,00

Силикатный и глиноземистый модули глин седьмой серии на участках II (№ 1) и IX (№ 2) находятся в пределах норм, допускаемых цементной промышленностью ($n = 2,26$ — $2,52$ и $p = 2,10$ — $2,47$). Содержание вредных примесей (MgO , SO_3) не является препятствием для получения цементного клинкера нормального состава.

Рис. 6. СХЕМА

изолиний глиноzemистого модуля (р)
пачки глинистых известняков и доломитов (Р₂, кг, сред) Шугуровской группы
месторождений цементного сырья.

Масштаб
Сечение изолиний через 0,5 р.



Пределы колебаний химического состава глин из первой серии нижнеказанского подъяруса на Бакировском участке и глин из седьмой серии нижнеказанского подъяруса и нижней части белебеевской свиты на Ново-Иштериковском участке, взятые из предварительных данных, имеющихся на 1 июля 1956 г., представлены в таблице 6.

Таблица 6

№ участков	Содержание в % (от — до)						Сумма	
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃		
IX (№ 2)	46,34— 53,60	9,57— 15,15	4,21— 8,65	6,72— 13,00	0,90— 4,46	0,00— 0,81	10,11— 15,16	95,07— 100,35
VII (№ 5)	48,80— 56,64	10,22— 16,98	5,44— 8,56	6,44— 9,92	2,80— 6,76	0,05— 3,32	8,60— 14,36	95,56— 100,36

Силикатный и глиноzemистый модули характеризуемых глин, как правило, соответствуют технологическим кондициям. В продуктивной толще первой серии нижнеказанского подъяруса, однако, встречаются прослои доломито-глинистых и глинистых мергелей, в которых содержание вредных примесей (MgO, SO₃) выше пределов, допускаемых цементной промышленностью. Но так как повышенное содержание первой из них характерно лишь для прослоев небольшой мощности, то в целом среднее содержание окиси магния по всей продуктивной толще "лингуловых глин" допускает их использование в качестве второй составной части портланд-цементной шихты. Что касается повышенного содержания в отдельных прослоях серного ангидрида, то следует иметь в виду, что он относится не к гипсу или другим сульфатным соединениям, а к пириту. Это является благоприятным фактором, так как сульфидная сера легко выгорает при обжиге цементного клинкера. Тем не менее, согласно соответствующих инструкций, при окончательном подсчете запасов глин первой серии следует исключить из контура полезной толщи те выработки, в которых содержание серного ангидрида превышает 1,0%.

4. Опыты по получению силикатного портланд-цемента

Как уже отмечалось выше, наиболее благоприятный химический состав для получения силикатного портланд-цемента имеет смесь оолитовых и глинистых известняков шестой серии нижнеказанского подъяруса на южной площади подсчета запасов Шугуровского участка № 1 (II). При проведении поисково-разведочных работ валовая проба этих известняков на южной площади участка для проведения технологических испытаний не отбиралась. Нами еще до начала этих работ, в 1951—1953 гг. были отобраны в естественном обнажении (№ 10), расположенным в 2,2 км восточнее упомянутой площади, две пробы оолитовых известняков для лабораторных технологических испытаний.

Средний химический состав известняков основного продуктивного горизонта и смеси их с глинистыми известняками, на южной площади подсчета запасов участка № 1 (II), а также валовых проб оолитовых известняков, отобранных в обнажении № 10, представлен в таблице 7.

Таблица 7

Наименование и №№ пунктов	№№ вало-вых проб	Геологиче-сийские индексы	Содержание в %								Сумма
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	п.п. выше 105° С		
Участок № 1	—	P ₂ kz ₁ ⁶ верх.	11,72	1,82	1,47	45,47	1,47	0,45	37,30	99,70	
Участок № 1	—	P ₂ kz ₁ ⁶ верх. + сред.	14,01	1,58	1,48	44,00	1,74	0,34	36,43	99,58	
Обнажение № 10	11	P ₂ kz ₁ ⁶ верх.	14,47	1,71	1,67	45,71	0,40	—	35,90	99,86	
	1a	P ₂ kz ₁ ⁶ верх.	16,36	2,64	1,50	42,43	1,38	—	32,90	97,23	

Как видно из данных, приведенных в таблице 7, средние химические составы оолитовых известняков на южной площади подсчета запасов участка № 1 (II) и в обнажении № 10 довольно близки друг к другу по содержанию Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO и отличаются несколько только по содержанию SiO₂. Почти совершенно идентичен химический состав средней пробы, составленной из оолитовых и глинистых известняков на южной площади подсчета запасов участка № 1 (II) и валовой пробы оолитовых известняков в обнажении № 10. Поэтому результаты лабораторных технологических испытаний оолитовых известняков, отобранных в обнажении, могут служить надежным критерием для оценки качества известняков на южной площади участка № 1 (II).

Лабораторные технологические испытания оолитовых известняков из обнажения № 10 проводились на основе двух возможных вариантов их промышленного использования:

а) сочетание продуктивных известняков с алеврито-глинистыми мергелями верхней части "лингуловой толщи" (P₂kz₁¹) (валовая пробы № 11 + валовая пробы № 12);

б) использование известняков продуктивного горизонта в качестве "натуралов" (валовые пробы № 11 и № 1a).

Опыт I. Обжиг клинкеров "11 + 12" и "11" производился совместно. Исходный химический состав сырьевых компонентов для расчета шихты "11 + 12" дается в таблице 8.

Таблица 8

№№ вало-вых проб	Наименование компонентов	Содержание в %								Сумма
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С		
11	Известник оолитовый P ₂ kz ₁ ⁶ верх. из обнажения № 10	14,47	1,71	1,67	45,71	0,40	0,14	35,90	100,0	
12	Мергель алеврито-глинистый P ₂ kz ₁ ¹ из обнажения № 10	46,54	13,43	6,37	12,52	4,46	3,07	13,61	100,0	

Задаемся КН = 0,9. Тогда, принимая, что I компонент:II компоненту = x:1, находим, что в состав шихты необходимо взять 22,1162 (95,67%) весовых частей известняка и 1,00 (4,33%) весовую часть алеврито-глинистого мергеля.

Данные для проверки правильности расчета и определения химического состава шихты и клинкера представлены в таблице 9.

Таблица 9

Наименование компонентов	Содержание в %								Сумма
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С		
95,67% оолитового известия P ₂ kz ₁ ⁶ верх. из обнажения № 10	13,84	1,64	1,60	43,73	0,38	0,13	34,35	—	95,67
4,33% мергеля алеврито-глинистого P ₂ kz ₁ ¹ из обнажения № 10	2,02	0,58	0,28	0,54	0,19	0,13	0,59	—	4,33
100 весовых частей шихты	51,86	2,22	1,88	44,27	0,57	0,26	34,94	—	100,00
После пересчета на 100 частей клинкера	24,38	3,41	2,89	68,04	0,88	0,40	—	—	100,00

Расчетные значения модулей шихты "11 + 12" выражаются следующими величинами: КН = 0,90, n = 3,87 и p = 1,18. Сопоставление расчетного и заданного коэффициентов насыщения показывает правильность расчета.

Химический состав валовых проб № 11 и № 1a, использованных для получения клинкера без добавок других компонентов, приведен в таблицах 7 и 8. В таблице 10 дан химический состав клинкера "11", полученный расчетным путем.

Таблица 10

Индекс клинкера	Наименование исходного компонента	Содержание в %								Сумма
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С		
11*	Известник оолитовый P ₂ kz ₁ ⁶ верх. из обнажения № 10	22,57	2,67	2,61	71,31	0,62	0,22	—	—	100,00

Модули "натурала" имеют следующие значения: КН = 1,04 (?) (около 1), n = 4,28 и p = 1,02.

Химический состав "натурального" цемента аналогичен составу кремнеземистого цемента Брянского завода (Юнг В. Н., 1947).

Опыт II. Для получения силикатного цемента во втором опыте была использована валовая пробы оолитовых известняков № 1a. Химический состав клинкера "1a", полученный расчетным путем из анализа пробы, приведен в таблице 11.

Таблица 11

Индекс клинкера	Наименование исходного компонента	Содержание в %								Сумма
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С		
1a	Известник оолитовый P ₂ kz ₁ ⁶ верх. из обнажения № 10	24,38	3,93	2,24	63,23	2,06	4,16	—	—	100,00
12*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Модули характеризуемого "натураля" должны были бы иметь, согласно расчетного состава клинкера, следующие значения: КН = 0,82, $n = 3,95$ и $p = 1,75$. Состав цемента близок к составу шведского силикатного цемента (Юнг В. Н., 1947).

Сыревая смесь "11 + 12" была тщательно перемешана в шаровой мельнице, после чего к ней было добавлено около 15% воды и из полупластичной массы изготовлены брикеты. Для подготовки валовых проб № 11 и № 1а к обжигу они были размолоты и уже из сырьевой муки формовались брикеты. Брикеты после высушивания, сначала на воздухе, а затем в сушильном шкафу, загружались в керосиновый горн и подвергались обжигу. Данные по температурному режиму обжига клинкеров "11+12", "11" и "1а" сведены нами в таблицу 12.

Таблица 12

Индекс клинкера	Продолжительность обжига в часах (в) и минутах (')					Максимальная t^* (в град. С)
	всего	до 1200° С	от 1200° до 1300°	от 1300° до 1400°	выше 1400° С	
"11+12"	5 ^h 45'	2 ^h 54'	0 ^h 09'	0 ^h 55'	1 ^h 47'	1485
"11"	4 ^h 00'	1 ^h 10'	0 ^h 35'	1 ^h 00'	1 ^h 15'	1470
"1а"						

Как показывают результаты микропетрографических исследований, технологический режим по получению клинкеров "11+12", "11" и "1а" осуществлялся нормально.

Клинкер "11 + 12" макроскопически представляет темносерую пористую массу. Под микроскопом он имеет среднезернистую структуру и слагается аллитом, белитом и браунмиллеритом.

Алит, ведущий минерал клинкера, встречается в виде мелких бесцветных зерен округленно-таблитчатой или таблитчато-призматической формы. Размер зерен колеблется от 0,02 до 0,08 мм. Они иногда содержат округлые включения белита.

Белит обнаруживается в виде более крупных желтоватых зерен со штриховатостью по одному или двум направлениям. Размер зерен двухкальциевого силиката нередко доходит до 0,04–0,08 мм. Они часто образуют кольцевые группы вокруг пор или небольшие участки неправильной формы.

Браунмиллерит встречается как в виде мелких неправильных зерен, так и в виде крупных "сажистых" выделений размером до 0,12–0,16, а иногда и 0,5 мм. Распределение целита в клинкере неравномерное и он то более, то менее обогащает отдельные участки.

Сопоставление данных расчетного и действительного минералогического состава клинкера производится в таблице 13.

Таблица 13

Наименование минералов	Заданный минералогический состав в %	Действительный минералогический состав по двум минералогическим анализам		по расчету	по подсчету
		колебания от—до	среднее содержание в %		
Алит	65,12	61,3–63,8	62,5		
Белит	21,05	17,0–19,4	18,2		
Браунмиллерит	8,79	19,2–19,4	19,3		
Трехкальциевый алюминат	4,19				
Сумма	99,15		100,00		

Фенолятным методом установлено наличие в клинкере сравнительно небольшого содержания свободной извести.

Данные микроскопического изучения клинкера "11 + 12" позволяют сделать вывод о том, что технологический процесс проводился в основном правильно и был получен клинкер хорошего качества.

Клинкер "11" как по внешнему виду, так и по структуре мало чем отличается от вышеописанного. Различия сводятся к следующему:

- а) размеры зерен алита несколько меньше, чем у клинкера "11 + 12" — от 0,016–0,024 до 0,04–0,06 мм;
- б) белит встречается в несколько меньшем количестве (13,4–13,5%);

в) браунмиллерит более равномерно рассеян среди других минеральных компонентов, имеет меньшие размеры и более светлую окраску; количественный учет его ввиду малых размеров зерен весьма затруднителен и мало достоверен;

г) в клинкере "11" обнаруживается большее содержание свободной извести.

Поскольку обжиг клинкеров "11 + 12" и "11" производился совместно, следует полагать, что все указанные различия связаны, по-видимому, с отсутствием глинистой добавки к известняку для получения клинкера "11".

Клинкер "1а" макроскопически представляет собой зеленовато-серую сильно пористую массу. Под микроскопом он характеризуется тонкозернистой структурой и слагается аллитом, белитом и промежуточной массой.

Алит представлен очень мелкими (0,01–0,03 мм) полупрозрачными зернами, не имеющими правильных кристаллографических очертаний. В некоторых случаях они образуют кольцевые группы вокруг пор.

Белит имеет более крупные (0,02–0,05 мм) зерна светло-желтого цвета, которые образуют в клинкере отдельные группы и небольшие участки среди скоплений других минералов. В целом белит рассеян в массе клинкера довольно равномерно.

Браунмиллерит представлен в виде желтоватобурых мелких зерен (0,005–0,01 мм), расположенных между другими минеральными выделениями и как бы цементирующими, связывающими вышеописанные компоненты клинкера. Для браунмиллерита характерен слабый плеохроизм в желто-бурых тонах. Крупных скоплений он не образует.

Микрохимической реакцией на образование фенолятов кальция наличие свободной извести в клинкере "1а" не обнаружено.

Сопоставление заданного, расчетного и действительного минералогического состава характеризуемого клинкера дано в таблице 14.

Таблица 14

Наименование минералов	Заданный минералогический состав в %	Действительный минералогический состав в %	
		по расчету	по подсчету
Алит	42,62	54,63	54,9
Белит	37,74	29,84	29,5
Браунмиллерит	6,81	9,82	
Трехкальциевый алюминат	6,61	3,08	15,6
Сумма	93,78	97,36	100,0

Как видно из данных, приведенных в таблице 14, действительный минералогический состав клинкера "1а", полученный расчетным путем,

довольно близок к таковому, полученному количественным минералогическим анализом. В то же время он существенно отличается от заданного минералогического состава, полученного расчетным путем из данных химического анализа валовой пробы известняка. По-видимому, анализ этой пробы был проведен некачественно (сумма основных химических компонентов равна 95,84%).

Фенолятным методом в иммерсионных препаратах клинкера „1а“ обнаружены лишь единичные гнезда фенолятов кальция, что свидетельствует о ничтожном содержании свободной извести. Таким образом, в целом результаты петрографического изучения показывают, что технологический режим осуществлялся нормально и получен клинкер хорошего качества.

После непродолжительного вылеживания (от 3 до 10 дней) клинкеры „11+12“, „11“ и „1а“ были размолоты с добавкой 2—3% двуводного гипса. Результаты физико-механических испытаний полученных цементов по методике ГОСТ-970-41 приведены в таблице 15.

Таблица 15

Индексы цементов	Тонкость помола (остаток на сите № 90 в %)	Добавка гипса в %	Нормальная густота теста в %	Равномерность изменения объема	Сроки схватывания в часах (') и минутах ('')	Механическая прочность при растяжении в кг/см ²			Механическая прочность при сжатии в кг/см ²			
						начало	конец	R ₇	R ₂₈	R ₆₀	R ₇	R ₂₈
„11+12“	13,2	2,0	25,3	выдержал	1 ^h 25'	3 ^m 48''	17,0	20,0	—	244	351	390,5
„11“	13,0	2,0	24,8	.	0 ^h 35'	3 ^m 35''	21,0	22,97	—	360	513	—
„1а“	22,8	3,0	28,0	.	1 ^h 24'	4 ^m 45''	28,5	36,7	38,5	346	582	677

Таким образом, цементы „11+12“, „11“ и „1а“ могут быть отнесены соответственно к маркам „300“, „500“ и „500“—„600“.

Подводя итог вышеописанным технологическим испытаниям сырья, характерного для южной площади участка № 1 (II) Шугуровской группы месторождений, следует отметить ряд положений.

1. Оолитовые известняки шестой серии нижнеказанского подъяруса на южной площади подсчета запасов участка № 1 (II) вместе с подстилающими их глинистыми известняками, а в некоторых случаях и в „натуральном“ виде, могут быть использованы в качестве сырья для получения специальных видов цемента типа велоцемента, брянского и шведского силикатных цементов.

2. Результаты физико-механических испытаний силикатных цементов, полученных при лабораторных опытах, показывают, что при достаточно высокой тонкости их помола они являются быстро твердеющими („1а“) и могут быть использованы для возведения самых ответственных сооружений.

3. Качество сырья (содержание кремнезема в известняках в виде тонко рассеянного кварцево-полевошпатового материала алевритовой размерности) допускает получение клинкера без добавки минерализаторов при более или менее обычном температурном режиме обжига. Вместе с тем выдержка клинкера в зоне высоких температур может

быть еще более снижена при добавлении к сырьевой муке небольших (не свыше 0,5%) количеств фтористых и кремнефтористых соединений.

5. Технологические основы получения нормального (строительного) портланд-цемента

Производство обычного строительного цемента может осуществляться на основе нескольких вариантов использования сырья Шугуровской группы месторождений:

а) сочетание известняков шестой с глинами седьмой серии нижнеказанского подъяруса;

б) использование известняков продуктивного горизонта в смеси с глинами „лингуловой толщи“;

в) сочетание продуктивных известняков с глинами из нижней части белебеевской свиты и седьмой серии нижнеказанского подъяруса и

г) применение для получения сырьевой смеси, наряду с известняками, привозных третичных глин и некоторых других компонентов (речной песок, пиритные огарки).

Экономически наиболее целесообразно использовать для производства цемента местное сырье. Поэтому при полузаводских технологических испытаниях, проводившихся на Подольском опытном заводе „НИИЦемента“, известняки, отобранные по известным правилам опробования на участках №№ 1, 2 и 5, сочетались, как правило, с глинами, разведенными на тех же самых участках. При осуществлении предварительных лабораторных технологических испытаний,носивших поисковый характер, применялись также глины Ямашинского месторождения, волжский речной песок и пиритные огарки с одного из казанских заводов. В последующих опытах для получения цемента использовались лишь известняки и глины, пробы которых были отобраны при разведочных работах на Ново-Иштеряковском (№ 2) и Бакировском (№ 5) участках.

Описание лабораторных и полузаводских опытов по получению обычных строительных цементов приводится нами по отдельным участкам цементного сырья.

Шугуровский участок № 1 (II)

Валовые пробы цементного сырья были отобраны в шурфах № 19 (оолитовые и глинистые известняки P₂kz₁⁶) и № 21 (известковистые глины P₂kz₁⁷), расположенных соответственно в средней и восточной частях центральной площади подсчета запасов. Интервал опробования известняков составляет 4,6, а глин — 2,5 м.

При полузаводских технологических испытаниях было установлено, что „известняки Шугуровского месторождения размалываются значительно легче (почти в два раза), чем известняки завода „Спартак“ или Яшкинского завода“ (Л. С. Пелецкий, 1955). При этом продолжительность помола (*t*) составила 54,01 мин., производительность мельницы (*B*) — 11,19 кг/час, удельный расход электроэнергии (*W*) — 25,022 квт/час/т, удельная производительность по энергии (*B_s*) — 39,967 кг/час/квт и удельная производительность на единицу установленного объема мельницы (*B_{ul}*) — 0,317 т/ед.

Результаты отмучивания глин в лабораторной глиnobолтушке характеризуются следующими показателями: общий остаток от стартовой навески в 5 кг после двух часов перемешивания составляет на сите № 0085 всего 23,15 г (0,51% в пересчете на сухое вещество),

Таблица 18

из которых на фракцию 5—3 мм приходится 0,51%, 3—2 мм — 3,54%, а остатки на ситах с 64 и 144 отверстиями на см², №№ 021 и 0085 соответственно равны 13,84, 28,57, 10,22 и 43,32%. Легко производится размучивание глины и в стеклянных литровых банках на перемешивающем аппарате. Из общей навески глины в 100 г при добавлении к ней 60% воды (с учетом естественной влажности в 9%) через 20 мин. размучивается на частички размером менее 0,085 мм 84,8 г пробы (83,3% в пересчете на сухое вещество). В дальнейшем размучивание глины происходит медленнее, и все-таки через два часа после начала перемешивания остаток на сите № 0085 составляет всего 4,95 г (5,44% в пересчете на сухое вещество). Таким образом, проведенные Подольским заводом опыты показывают, что глины седьмой серии на характеризуемом участке легко размучиваются, и по этому признаку их можно применять для производства цемента по мо-круму способу.

Сопоставление средневзвешенного химического состава оолитовых и глинистых известняков и средней их пробы по центральной площади участка № 1 (II) со средневзвешенными и валовыми химическими анализами известняков в шурфе № 19 дано в таблице 17.

Таблица 17

Наименование и №№ пунктов	№№ вало-вых проб	Геологические индексы	Содержание в %								Сумма
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п. выше 105°C		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Участок № 1	—	P ₂ kz ₁ ⁶ верх.	8,85	1,74	1,60	47,48	1,17	0,53	38,73	100,10	
	—	P ₂ kz ₁ ⁶ верх. + сред.	9,68	1,92	1,48	46,65	1,44	0,45	38,01	99,53	
	19 ¹	—	8,72	1,55	1,10	48,45	1,17	0,30	38,63	99,92	
	19 ²	—	7,65	1,99	1,16	50,03	0,97	0,22	38,44	100,46	
	19 ³	—	8,95	2,69	0,86	47,73	1,32	—	37,47	99,02	
	19 ⁴	—	10,47	1,51	1,27	46,99	1,41	—	37,88	99,54	
	—	—	11,13	1,08	1,13	47,00	1,05	—	37,14	98,53	

Как видно из данных, приведенных в таблице 17, средневзвешенный химический состав оолитовых известняков и средней пробы, состоящей из оолитовых и глинистых известняков, на всей центральной площади участка довольно близок к химическому составу валовой пробы, отобранной в шурфе № 19. Это означает, что известняки валовой пробы могут характеризовать до известной степени технологические свойства известняков на всей площади подсчета запасов.

Сопоставление средневзвешенного химического состава глин из седьмой серии нижнеказанского подъяруса на центральной площади участка № 1 (II) со средневзвешенным и валовым химическим составом тех же глин из шурфа № 21 дано в таблице 18.

¹ Средневзвешенный химический состав пробы известняков из шурфа № 19 (по данным Подольского завода).

² Усредненный фактический состав той же пробы (по данным завода).

³ Средневзвешенный химический состав известняков в интервале опробования шурфа № 19 (по данным химической лаборатории Геологического института КФАН).

⁴ Фактические химические составы лабораторных технологических проб из шурфа № 19 (по данным химической лаборатории КФАН).

Наименование и №№ пунктов	№№ вало-вых проб	Геологические индексы	Содержание в %							Сумма
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п. выше 105°C	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Участок № 1	—	P ₂ kz ₁ ⁷	46,81	14,03	6,70	14,17	2,79	1,02	14,70	99,22
	21 ¹	—	44,02	12,67	6,06	12,97	4,28	0,23	14,74	94,97
	21 ²	—	44,80	13,18	5,62	13,08	4,22	0,16	14,50	95,46
	21 ³	—	45,81	13,33	5,18	13,38	4,25	—	14,53	96,48
	21 ⁴	—	45,81	12,74	5,13	13,11	4,34	—	14,94	96,07
	—	—	45,42	12,87	5,30	14,18	4,44	—	15,11	97,32

Из рассмотрения данных, приведенных в таблице 18, видно, что химический состав глин седьмой серии нижнеказанского подъяруса, как на всей центральной площади подсчета запасов, так и в шурфе № 21 довольно однотипен. Следовательно, можно принять, что по своему составу валовая пробы глин из шурфа № 2 должна отражать технологические особенности глин всего участка.

При проведении расчетов сырьевых смесей на Подольском опытном заводе "НИИЦемента" были приняты за исходные данные химические анализы валовых проб известняков и глин, приведенные в таблице 19.

Таблица 19

№№ вало-вых проб	Наименование компонентов	Содержание в %							Сумма
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105°C	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	Известняк P ₂ kz ₁ ⁶ верх. + ниж. из шурфа № 19.	7,60	1,95	1,13	49,85	0,97	0,22	38,28	100,00
21	Глина P ₂ kz ₁ ⁷ из шурфа № 21	44,76	13,17	5,61	13,07	4,25	4,66	14,48	100,00

На заводе были проведены три обжига сырьевых смесей с различными заданными коэффициентами насыщения.

Опыт I. Расчет состава сырьевой смеси производился при заданном коэффициенте насыщения, равном 0,96. Было определено, что в этом случае I компонент : II компоненту = 83,53 : 16,47.

Данные для проверки правильности расчета и определения химического состава шихты и клинкера представлены в таблице 20.

¹ Средневзвешенный расчетный состав глины валовой пробы из шурфа № 21 (по данным Подольского завода).

² Усредненный химический состав той же пробы (по данным завода).

³ Средневзвешенный химический состав глин в интервале опробования шурфа № 21 (по данным химической лаборатории Геологического института КФАН).

⁴ Фактический химический состав лабораторных технологических проб (по данным химической лаборатории Геологического института КФАН).

Таблица 20

Наименование компонентов	Содержание в %							Сумма	Модули
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105° С		
83,53% известняка P ₂ kz ₁ ⁶ верх. + сред. из шурфа № 19 . . .	6,35	1,63	0,95	41,64	0,81	0,18	31,97	83,53	
16,47% глины P ₂ kz ₁ ⁷ из шурфа № 21 . . .	7,37	2,17	0,92	2,15	0,70	0,77	2,39	16,47	
100 весовых частей шихты . . .	13,72	3,80	1,87	43,79	1,51	0,95	34,36	100,00	
После пересчета на 100 частей клинкера . . .	20,90	5,79	2,85	66,71	2,30	1,45	—	100,00	

Коэффициент насыщения сырьевой смеси, определенный по данным таблицы 20, равен 0,959, что свидетельствует о методической правильности произведенного расчета. Сопоставление расчетного и действительного состава шихты (индекс „I (19 + 21)“), произведенное в таблице 21, показывает также достоверность химических анализов валовых проб и правильность составления сырьевой смеси.

Таблица 21.

Индекс шихты	Содержание в %							Сумма	Модули		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105° С		KH	n	p
I (19 + 21) ¹	13,72	3,80	1,87	43,79	1,51	0,95	34,36	100,00	0,96	2,42	2,03
I (19 + 21) ²	13,20	3,93	1,87	43,60	1,63	0,53	35,24	100,00	0,98	2,27	2,10

При обжиге шлам характеризовался следующими показателями: титр — 76,40—76,65% (в среднем 76,51%), влажность — 37,08—37,56% (в среднем 37,21%), средний вес литра — 1671 г, растекаемость — 52—56 мм, остаток на сите № 021 — 0,28% и на сите № 0085 — 2,66%. Общая продолжительность обжига составила 7 час. 50 мин., при этом температура факела была от 1580 до 1640° С (в среднем 1611°), материала — от 1460 до 1520° С (в среднем 1480°) и отходящих газов — от 140 до 600° С. В процессе обжига периодически определялся вес 1 литра клинкера, составлявший от 1021 до 1232, а в среднем 1145 г, и содержание свободной извести, которое не превышало 1—6 гнезд. Как отмечает Л. С. Пелецкий, обжиг протекал легко, клинкер получался не окатанный, ровного темносерого цвета. Легкость обжига этой сырьевой смеси, имеющей довольно высокий коэффициент насыщения, объясняется, по-видимому, хорошим качеством сырья и значительной тонкостью его помола.

Сопоставление ожидаемого и действительного химического состава и модулей клинкера „I (19 + 21)“ приведено в таблице 22.

¹ Расчетный состав и модули шихты.

² Действительный состав и модули.

Таблица 22

Индекс	Содержание в %							Сумма	Модули
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105° С		
I (19 + 21) ¹	20,38	6,07	2,89	67,33	2,52	0,81	—	100,00	0,98, 2,27, 2,10
I (19 + 21) ²	22,60	5,56	3,92	65,10	2,46	—	—	100,13	0,86, 2,36, 1,41

Из данных, приведенных в таблице 22, видно, что в процессе обжига имел место довольно значительный унос извести, который привел к снижению величины коэффициента насыщения и некоторому увеличению силикатного модуля. Об этом же свидетельствует сопоставление заданного (ожидаемого) и действительного минералогического состава клинкера „I (19 + 21)“, приведенное в таблице 23.

Таблица 23

Наименование минералов	Минералогический состав в %		
	заданный	действительный (по расчету)	
Алит	72,80	49,81	
Белит	3,51	27,21	
Браунмиллерит	8,79	8,08	
Трехкальциевый алюминат	11,18	11,92	
Периклаз	2,52	2,46	
Сумма	98,80	99,48	

Петрографическое изучение клинкера, производившегося О. М. Астreeвой, показывает хорошую окристаллизацию слагающих его минералов, что свидетельствует о нормальном ходе технологического процесса.

Опыт II. Исходные аналитические данные по расчету состава второй сырьевой смеси приведены в таблице 19. При расчете работники завода принимали в качестве заданного KH = 0,87. Было подсчитано, что шихта в этом случае должна состоять из 81,17% известняка и 18,83% глинистого компонента. Данные для определения правильности расчета и химического состава шихты и клинкера приведены в таблице 24.

Таблица 24

Наименование компонентов	Содержание в %							Сумма
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105° С	
81,17% известняка P ₂ kz ₁ ⁶ верх. + сред. из шурфа № 19 . . .	6,17	1,58	0,92	40,46	0,79	0,18	31,07	81,17
18,83% глины P ₂ kz ₁ ⁷ из шурфа № 21 . . .	8,43	2,48	1,06	2,46	0,80	0,87	2,73	18,83
100 частей шихты . . .	14,60	4,06	1,98	42,92	1,59	1,05	33,80	100,00
В пересчете на 100 частей клинкера . . .	22,05	6,13	2,99	64,83	2,40	1,60	—	100,00

¹ Состав и модули клинкера, вычисленные по действительному составу шихты.

² Действительные состав и модули клинкера.

Коэффициент насыщения, определенный по предполагаемому химическому составу шихты, соответствует заданному. Это показывает, что расчет методически произведен правильно.

Сопоставление заданного и действительного химического состава и модулей сырьевой смеси (индекс „II(19+21)“) приведено в таблице 25.

Таблица 25

Индекс шихты	Содержание в %						Сумма	Модули			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее		п.п.п. выше 105° С	KН	п	
II(19+21) ¹	14,60	4,06	1,98	42,92	1,59	1,05	33,80	100,00	0,87	2,42	2,06
II(19+21) ²	13,00	3,83	1,77	43,99	1,66	0,42	35,33	100,00	1,02	2,32	2,16

Из рассмотрения данных, приведенных в таблице 25, следует заключить, что при составлении сырьевой смеси было взято избыточное количество известняка и недостаточное — глины.

При обжиге применялся шлам с титром 76,75—77,0% (в среднем 76,9%). Влажность шлама составляла 37,52—37,60%, растекаемость — 58—59 мм и вес одного литра — 1661 г. Сыре было тонко размолото: остаток на сите № 021 равнялся всего 0,19—0,25, а в среднем 0,20% и на сите № 0085—1,34—1,41, в среднем 1,39%. Обжиг продолжался в течение 6 часов 15 минут при температуре факела от 1630 до 1690° С, материала — от 1440 до 1570, в среднем 1510° С и отходящих газов — от 630 до 800, в среднем 696° С. Средний напор вентилятора составлял 235/252 мм водяного столба. Вес литра клинкера колебался от 1097 до 1241 г (в среднем 1171 г). При температуре материала 1440—1480° С полученный клинкер содержал значительное количество свободной извести (от 15 до 20 гнезд фенолятов кальция в поле зрения микроскопа). При повышении температуры до 1540—1550° количество свободной извести значительно уменьшилось, но составляло все же от 2 до 9 гнезд, что связано с чрезвычайно высоким коэффициентом насыщения.

Сопоставление заданного (ожидаемого) и действительного химического состава клинкера „II(19+21)“ приведено в таблице 26.

Таблица 26

Индекс клинкера	Содержание в %						Сумма	CaO в %	Модули			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее			п.п.п. выше 105° С	KН	п	
II(19+21) ³	20,10	5,92	2,74	68,02	2,57	0,65	—	100,00	—	1,02	2,32	2,16
II(19+21) ⁴	21,04	5,56	3,52	67,20	1,96	0,08	0,64	100,0	1,07	0,96	2,31	1,58

Как видно из данных таблицы 26, в процессе обжига клинкера „II(19+21)“ имел место некоторый унос извести. Он был менее значительным, чем в первом опыте, вследствие чего величина коэффициента насыщения снизилась всего на 0,06, вместо ожидавшегося технологами завода снижения на 0,1.

¹ Расчетный состав и модули шихты.

² Действительный состав и модули.

³ Химический состав и модули клинкера, вычисленные по составу сырьевой смеси.

⁴ Действительный состав и модули клинкера.

По данным О. М. Астreeвой, клинкер „II(19+21)“ характеризуется неотчетливой кристаллизацией и неравномерным распределением слагающих его минералов — алита, белита, браунмиллерита и трехкальциевого алюмината.

Зерна алита достигают величины до 0,03 мм. Белит часто образует кольцевые группы вокруг пор. Его индивидуумы имеют несколько большие размеры — до 0,045 мм. Промежуточное вещество слагается тонкозернистой бурой массой и темноокрашенными алюмоферритами кальция. Кроме браунмиллерита, в его составе О. М. Астreeвой установлено наличие 7% трехкальциевого алюмината.

Сопоставление заданного (ожидаемого) и действительного минералогического состава клинкера „II(19+21)“ дано в таблице 27.

Таблица 27

Наименование минералов	Заданный минералогический состав в %	Действительный минералогический состав в %	
		по расчету	по подсчету
Алит	76,38	70,35	55,0
Белит	0,00	7,24	20,0
Браунмиллерит	8,33	10,70	18,0
Трехкальциевый алюминат	11,04	8,77	7,0
Периклаз	1,66	1,96	—
Сумма	97,41	99,02	100,0

При рассмотрении данных, приведенных в таблице 27, обращает на себя внимание значительное несоответствие между действительным минералогическим составом, полученным расчетным путем, и количественным минералогическим анализом. Оно вызывается, по-видимому, с одной стороны, неоднородностью клинкера, а с другой — отсутствием отчетливой кристаллизации клинкерных минералов. За последнее обстоятельство говорят, например, тот факт, что сумма минералов-силикатов (алита и белита) по расчетным данным и данным минералогического анализа почти одинакова (соответственно 77,6 и 75,0%).

В целом данные петрографического изучения свидетельствуют, что клинкер „II(19+21)“ характеризуется удовлетворительным качеством.

Опыт III. В третьем опыте для получения цемента сырьевая смесь составлялась из известняков и глин в той же пропорции, что и в первом — 83,53% известняка из шурфа № 19 и 16,47% глины из шурфа № 21. Данные по исходным химическим анализам сырьевых компонентов и расчетным составам шихты и клинкера „III(19+21)“ приведены в таблицах 19 и 20.

Сопоставление заданного (ожидаемого) и действительного минералогического состава и модулей шихты произведено в таблице 28.

Таблица 28

Индекс шихты	Содержание в %						Сумма	Модули			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее		п.п.п. выше 105° С	KН	п	
III(19+21) ¹	13,72	3,80	1,87	43,79	1,51	0,95	34,36	100,00	0,96	2,42	2,03
III(19+21) ²	13,80	3,37	1,73	43,56	2,10	0,58	34,87	100,00	0,97	2,70	1,94

¹ Расчетный состав и модули шихты.

² Действительный состав и модули.

Таблица 30

Наименование минералов	Заданный минералогический состав в %	Действительный минералогический состав в %	
		по расчету	по подсчету
Алит	73,28	47,97	50,0
Белит	5,47	29,61	30,0
Браунмиллерит	8,06	9,21	13,0
Трехкальциевый алюминат	9,21	10,28	7,0
Периклаз	3,22	2,38	
Сумма	99,24	99,45	100,0

Из рассмотрения данных, приведенных в таблице 30, можно заключить, что вынос извести в процессе обжига привел к значительному уменьшению содержания в клинкере алита и увеличению белита.

В целом данные петрографического изучения показывают, что в проведенном опыте был получен клинкер удовлетворительного качества.

Для проведения физико-механических испытаний по методике, принятой для строительных цементов, клинкеры „I(19+21)“, „II(19+21)“ и „III(19+21)“ были размолоты в шаровой мельнице с 3,0% двуводного гипса. Полученные в описанных опытах цементы показали равномерность изменения обжига и, как видно из данных таблицы 31, удовлетворяют всем требованиям ГОСТ 970-41.

Таблица 31

Индексы цементов	Удельная поверхность остатка на сите № 021	Тонкость помола в %	Сроки схватывания в часах (h) и минутах (m)	Механическая прочность при растяжении в кг/см ²			Механическая прочность при сжатии в кг/см ²					
				Нормальная густота теста в %	Сроки схватывания в часах (h) и минутах (m)		R ₃	R ₇	R ₂₈			
					начало	конец						
I(19+21)	2451	0,48	6,6	27,0	4 ^h 0'	5 ^h 25'	16,9	22,6	26,0	320,0	405,6	469,8
II(19+21)	1968	0,28	7,28	30,5	4 ^h 50'	6 ^h 15'	18,0	24,5	28,8	321,2	455,0	567,7
III(19+21)	2168	0,08	5,02	28,0	4 ^h 15'	7 ^h 0'	16,7	18,0	22,7	240,0	379,5	484,4

Характерной особенностью испытанных цементов является высокая нормальная густота приготовленного из них теста. По результатам испытаний цемент „I(19+21)“ должен быть отнесен к марке „400“, „II(19+21)“ — к марке „500“ и „III(19+21)“ — к марке „300“.

Ново-Иштеряковский участок № 2 (IX)

Для проведения лабораторных и полузаводских технологических испытаний сырья были отобраны валовые пробы щелитовых и глинистых известняков шестой серии из шурфа № 30, расположенного на центральной площади подсчета запасов, и глин седьмой серии нижне-казанского подъяруса из шурфа № 19, находящегося у восточной границы участка. Интервалы опробования составляют: у щелитовых известняков — 4,7, глинистых — 1,5 и у глин — 3,0 м.

Из данных, приведенных в таблице 28, можно заключить о достоверности химических анализов валовых проб и методической правильности составления сырьевой смеси.

Для обжига применялся шлам с титром 75,25%, средней влажностью — 38,46%, весом 1 литра — 1659 г и растекаемостью — 59 мм. Сыре было размолото несколько грубее, чем в предшествующих двух опытах: средний остаток на ситах №№ 021 и 0085 соответственно составлял 0,32 и 3,32%.

Обжиг продолжался 8 часов. Температура факела достигала 1620—1670°C (средняя — 1641°), материала — 1500—1580°C (средняя — 1537°) и отходящих газов — 700—830°C (средняя — 800°). Напор вентилятора был равен 250/248 мм водяного столба.

Периодические замеры веса литра клинкера показали, что он колеблется от 1180 до 1450 г (в среднем 1297 г). При температуре материала в 1500—1520° в клинкере наблюдалось значительное содержание свободной извести — до 12—20 гнезд фенолятов кальция в поле зрения микроскопа. При повышении температуры материала до 1570—1580° количество свободной извести существенно уменьшилось (до 3—4 гнезд).

Сопоставление заданных и действительных химических составов и модулей клинкера „III(19+21)“ дано в таблице 29.

Таблица 29

Индекс клинкера	Содержание в %						Сумма	СаO своб. в %	Модули		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее					
III(19+21) ¹	21,19	5,17	2,65	66,88	3,22	0,89	100,00	0,97	2,70	1,94	
III(19+21) ²	22,95	5,82	3,03	65,28	2,38	—	100,22	0,43	0,85	2,59	1,92

Из рассмотрения данных, приведенных в таблице 29, можно видеть, что при обжиге имел место избирательный унос из печи извести. Это привело к понижению величины коэффициента насыщения на 0,12.

По данным О. М. Астreeвой, клинкер „III(19+21)“ характеризуется недостаточно отчетливой кристаллизацией слагающих его минералов — алита, белита и браунмиллерита.

Алит, ведущий минерал клинкера, имеет зерна размером до 0,055 мм.

Белит встречается как в виде отдельных скоплений, так и в виде мелких включений в зернах алита. Величина индивидуумов белита достигает 0,045 мм.

Браунмиллерит составляет основную часть промежуточного вещества. В составе последнего петрографами завода обнаружено 6—7% трехкальциевого алюмината.

Сопоставление заданного (ожидаемого) и действительного минералогического состава клинкера „III(19+21)“ дано в таблице 30.

¹ Состав и модули клинкера, полученные из данных химического состава шихты.

² Действительные состав и модули.

При проведении полу заводских технологических испытаний было установлено, что "...известняки Иштеряковского месторождения размалываются значительно лучше, чем известняки цементного завода "Спартак" (Л. С. Пелецкий, 1955). Продолжительность размола (t), определенная по ранее описанной методике, составила 81,28 мин., производительность мельницы (B) — 7,381 кг/час, удельный расход электроэнергии (W) — 37,79 квт/час/т, удельная производительность по энергии (B_e) — 26,462 кг/час/квт и удельная производительность на единицу условного объема мельницы (B_{ud}) — 0,210 т/ед.

Отмучивание глин, производившееся в шестигранной лабораторной глиnobолтушке, показало следующие результаты: общий остаток на сите № 0085 после двух часов перемешивания пробы составляет 21,76%, причем в пересчете на 100% он относится более, чем на половину к крупным фракциям (> 7 мм — 1,96%, 7—5 мм — 5,73%, 5—3 мм — 22,31%, 2—3 мм — 22,76%), остатки на ситах с 64 и 144 отверстиями на квадратный сантиметр — 18,72 и 14,20% и на ситах №№ 021 и 0085 — соответственно 4,19 и 10,13%). При размучивании глины в стеклянных литровых банках через сито № 0085 проходит 87,6% стандартной навески (100 г) только через 90 минут работы перемешивающего аппарата. По этому признаку глину из шурфа № 19 Л. С. Пелецкий приравнивает к недостаточно быстро размучивающейся черной глине Подольского цементного завода.

Сопоставление средневзвешенного химического состава оолитовых и глинистых известняков и средней их пробы по площади подсчета запасов участка № 2 (IX) со средневзвешенными и валовыми составами известняков в шурфе № 30 произведено в таблице 32.

Таблица 32

Наименование и № пунктов	№ вык проб	Геологические индексы	Содержание в %							Сумма
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п. выше 105°C	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Участок № 2	—	P ₂ Kz ₁ ⁰ верх.	7,17	1,01	1,57	48,02	1,46	0,44	40,04	99,71
	—	P ₂ Kz ₁ ⁰ верх. +	7,81	1,59	1,55	47,20	1,72	0,48	39,33	99,68
30 ¹	—	P ₂ Kz ₁ ⁰ верх. +	6,95	1,98	1,17	46,85	3,09	0,29	39,24	99,57
30 ²	—	P ₂ Kz ₁ ⁰ верх. +	8,97	1,89	1,29	45,73	2,90	—	37,99	98,77
30 ³	—	P ₂ Kz ₁ ⁰ верх. +	8,91	1,18	0,88	46,94	2,43	—	39,32	99,66
30 ⁴	—	P ₂ Kz ₁ ⁰ верх. +	45,75	1,26	1,00	49,39	1,92	0,13	40,17	99,62
30 ⁵	—	P ₂ Kz ₁ ⁰ верх. +	5,45	0,78	0,80	50,62	1,26	—	39,73	98,64

Из данных, приведенных в таблице 32, можно видеть, что химический состав проб известняков, отобранных в шурфе № 30, близок к среднему составу проб этих известняков на всей площади под-

¹ Средневзвешенный химический состав пробы, составленной из оолитовых и глинистых известняков шурфа № 30 (по данным завода).

² Средневзвешенный химический состав пробы оолитовых и глинистых известняков шурфа № 30 (по данным химической лаборатории Геологического института КФАН).

³ Фактический химический состав той же пробы (по данным химической лаборатории Геологического института КФАН).

⁴ Средневзвешенный химический состав пробы оолитовых известняков в шурфе № 30 (по данным завода).

⁵ Средневзвешенный химический состав тех же известняков (по данным химической лаборатории института).

счета запасов. Вместе с тем следует отметить, что в шурфе оолитовые и особенно глинистые известняки являются более магнезиальными, чем в среднем по участку № 2.

Сопоставление средневзвешенного химического состава глин седьмой серии нижнеказанского подъяруса всего участка и глин, отобранных в шурфе № 19 для проведения технологических испытаний, дано в таблице 33.

Таблица 33

Наименование и № пунктов	№ вык проб	Геологические индексы	Содержание в %									Сумма
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	п.п.п. выше 105°C	12	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Участок № 2	—	P ₂ Kz ₁ ⁷	47,55	13,75	6,05	13,36	3,29	0,38	—	—	14,00	98,38
	19 ¹	—	48,90	13,68	5,87	10,83	4,00	0,11	2,74	0,38	11,47	97,98
	19 ²	—	51,43	13,70	5,28	10,28	4,13	—	—	—	10,82	95,64
	19 ³	—	51,81	13,47	5,51	10,53	3,78	—	—	—	10,64	95,74

Как видно из данных таблицы 33, химический состав глин на характеризуемом участке довольно близок к составу глин технологических проб. Однако в глинах, отобранных в шурфе № 19, содержание окиси магния почти на 1% выше, чем в среднем по Ново-Иштеряковскому участку. Это обстоятельство не могло не сказаться на результатах некоторых технологических опытов.

Технологические испытания производились на основе двух возможных вариантов использования сырья:

а) сочетание смеси оолитовых и глинистых известняков шестой с глинами седьмой серии нижнеказанского подъяруса;

б) применение для получения цемента только одних оолитовых известняков в смеси с теми же глинами.

По первому из названных вариантов были произведены один обжиг сырьевых смесей в Геологическом институте КФАН СССР и два — на Подольском опытном заводе "НИИЦемента". По второму варианту был сделан лишь один опыт на Подольском заводе.

Опыт 1. Для расчета состава сырьевой смеси, по которому проводились лабораторные технологические испытания в Геологическом институте, за исходные были приняты валовые химические составы проб, представленные в таблице 34.

Таблица 34

№ вык проб	Наименование компонентов	Содержание в %							Сумма
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	про- чее	п.п.п. выше 105°C	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	Известник P ₂ Kz ₁ ⁰ верх. +	8,91	1,18	0,88	46,94	2,43	0,34	39,32	100,00
19	Глина P ₂ Kz ₁ ⁷ из шурфа № 19	51,43	13,70	5,28	10,28	4,13	4,36	10,82	100,00

¹ Средневзвешенный химический состав глины из шурфа № 19 (по данным Подольского завода).

² Валовый химический состав лабораторной технологической пробы глины из шурфа № 19 (по данным химической лаборатории Геологического института КФАН).

³ Средневзвешенный химический состав лабораторной технологической пробы (по данным химической лаборатории Геологического института КФАН).

Задаваясь $\text{KН} = 0,90$, находим, что в этом случае I компонент: II компоненту = 86,36 : 13,64.

Данные для проверки правильности расчета и определения химического состава шихты и клинкера (индекс „II(30 + 19)“) приведены в таблице 35.

Таблица 35

Наименование компонентов	Содержание в %							Сумма
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	про- чее	и.п.п. выше 105°C	
86,36% известняка P_2kz_1^6 верх. + сред. из шурфа № 30	7,69	1,02	0,76	40,54	2,10	0,29	33,96	86,36
13,64% глины P_2kz_1^7 из шурфа № 19	7,02	1,87	0,72	1,40	0,56	0,59	1,48	13,64
100 весовых частей шихты	14,71	2,89	1,48	41,94	2,66	0,88	35,44	100,00
После пересчета на 100 частей клинкера	22,79	4,48	2,29	64,96	4,12	1,36	—	100,00

Определяя по данным таблицы 35 коэффициент насыщения и сопоставляя его с заданным, убеждаемся в методической правильности расчета (соответственно 0,89 и 0,90).

Тонко размолотые сырьевые компоненты (остаток на сите № 0085 — 7,0%) были в сухом виде тщательно перемешаны в лабораторной шаровой мельнице. Затем к сырьевой смеси было добавлено около 15% воды и из полупластиичной массы сформованы брикеты. Последние после высушивания подвергались обжигу в керосиновом горне. Данные о температурном режиме обжига приведены в таблице 36.

Таблица 36

Индекс клинкера	Продолжительность обжига в часах (h) и минутах (m)					Максимальная (в град. С)
	всего	до 1200° С	от 1200 до 1300° С	от 1300 до 1400° С	выше 1400° С	
II (30 + 19)	3 ^h 55'	1 ^h 10'	0 ^m 30'	0 ^h 30	1 ^h 45'	1470

Сопоставление „заданного“ (расчетного) и действительного химического состава и модулей клинкера „II(30 + 19)“ произведено в таблице 37.

Таблица 37

Индекс клинкера	Содержание в %							Модули			
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	про- чее	Сумма	KН	п	р	
II (30 + 19) ¹	22,79	4,48	2,29	64,96	4,12	1,36	—	100,00	0,89	3,37	1,96
II (30 + 19) ²	23,25	6,71	2,66	64,65	2,79	0,00	0,09	100,15	0,809	2,48	2,52

¹ Расчетный состав и модули клинкера.

² Действительный состав и модули.

Из данных, приведенных в таблице 37, можно заключить, что при составлении сырьевой смеси было взято избыточное количество глинистого компонента. Об этом же свидетельствует и петрографическое изучение клинкера „II(30 + 19)“.

Макроскопически клинкер представляет собой темносерую, хорошо спекшуюся массу.

Под микроскопом клинкер „II(30 + 19)“ характеризуется среднезернистой текстурой. Минералы клинкера хорошо окристаллизованы.

Алит представлен бесцветными или слабо окрашенными примесями зернами размером 0,02—0,04 мм. В более крупных зернах нередко наблюдаются мелкие (0,005 мм) округлые включения белита.

Белит имеет зерна размером до 0,03—0,06 мм. Для них характерна неравномерная, „лучистая“ окраска в желтоватые тона и отсутствие четких граней. Обычно зерна белита образуют отдельные группы, нередко вокруг пор.

Брауимиллерит представлен, с одной стороны, коричневатобурыми, неправильной формы индивидуумами и, с другой, — почти черными темно-коричневыми изометрическими включениями в зернах алита. Чаще встречается цеолит первой из названных форм. Размер его зерен колеблется от 0,02 до 0,1 мм, составляя в среднем 0,04 мм.

Сопоставление „заданного“ (ожидаемого) и действительного минералогических составов клинкера „II(30 + 19)“ дано в таблице 38.

Таблица 38

Наименование минералов	Заданный минералогический состав	Действительный минералогический состав	
		по расчету	по подсчету
Алит	58,02	37,46	38,7
Белит	21,56	38,19	37,7
Брауимиллерит	6,96	8,09	23,6
Трехкальциевый алюминат	7,99	13,27	
Периклаз	4,12	2,79	
Сумма	98,65	99,80	100,0

Из данных таблицы 38 можно видеть, что действительный минералогический состав клинкера значительно отличается от заданного. Вследствие того, что при составлении сырьевой смеси было взято избыточное количество глины, в клинкере „II(30 + 19)“ значительно уменьшилось (против ожидаемого) содержание алита и увеличилось содержание белита и минералов-плавней.

Качественной микрохимической реакцией в клинкере обнаружены лишь следы свободной извести, что свидетельствует о достаточной его выдержке в зоне высоких температур.

Для проведения физико-механических испытаний по методике, принятой для строительных цементов, клинкер „II(30 + 19)“ был размолот в шаровой мельнице с 4,0% двуводного гипса. Результаты испытаний представлены в таблице 39.

Таблица 39

Индекс цемента	Остаток на сите № 90 в %	Нормальная густота теста в %	Сроки схватывания в часах (h) и минутах (m)		Механическая прочность при сжатии в кг/см ²	Механическая прочность при растяжении в кг/см ²
			начало	конец		
II (30 + 19)	2,0	29,3	1 ^h 47'	4 ^h 25'	—	325
					R ₇	R ₂₈
					15,5	20,2

По результатам физико-механических испытаний цемент II (30+19) должен быть отнесен к марке "300".

Как уже отмечалось выше, на Подольском опытном заводе "НИИЦемента" были проведены три обжига сырьевых смесей — два по первому и один по второму варианту использования сырья Ново-Иштеряковского участка № 2 (IX) для получения портланд-цемента.

Опыт I. Данные по химическому составу смеси болитовых глинистых известняков из шурфа № 30 и известковистых глин из шурфа № 19, принятые для расчета первой сырьевой смеси, приведены в таблице 40.

Таблица 40

№№ взвесиваемых проб	Наименование компонентов	Содержание в %							Сумма
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105° С	
30	Известняк P ₂ kz ₁ ⁶ верх. + сред. из шурфа № 30 .	6,95	1,98	1,17	46,85	3,09	0,72	39,24	100,00
19	Глина P ₂ kz ₁ ⁷ из шурфа № 19	48,90	13,68	5,87	10,83	4,00	5,25	11,47	100,00

При расчете был задан КН = 0,96. В этом случае было определено, что в состав сырьевой смеси необходимо взять 85,57% известняка и 14,43% глины. Данные для определения правильности расчета, химического состава шихты и клинкера приведены в таблице 41.

Таблица 41

Наименование компонентов	Содержание в %							Сумма
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105° С	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
85,57% известняка P ₂ kz ₁ ⁶ верх. + сред. из шурфа № 30	5,95	1,69	1,00	40,09	2,64	0,62	33,58	85,57
14,43% глины P ₂ kz ₁ ⁷ из шурфа № 19	7,06	1,97	0,85	1,56	0,58	0,76	1,65	14,43
100 весовых частей шихты .	13,01	3,66	1,85	41,65	3,22	1,38	35,23	100,00
После пересчета на 100 частей клинкера	20,09	5,65	2,86	64,30	4,97	2,13	—	100,00

Сопоставление заданного и действительного химического состава и модулей сырьевой смеси (индекс I (30+19)) произведено в таблице 42.

Таблица 42

Индекс шихты	Содержание в %							Сумма	Модули		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105° С		КН	п	р
I (30+19) ¹	13,01	3,66	1,85	41,65	3,22	1,38	35,23	100,00	0,96	2,36	1,98
II (30+19) ²	13,10	3,71	1,94	41,55	3,78	0,54	35,38	100,00	0,94	2,31	1,91

Из данных таблицы 42 следует заключить, что как расчет, так и составление сырьевой смеси были произведены правильно.

¹ Расчетный состав и модули шихты.

² Действительный состав и модули.

Шлам имел при обжиге титр в 76,20—76,65% при влажности в 35,74%, растекаемости в 57,9 мм и весе одного литра в 1698 г. Сыре было тонко размолото: остаток на сите № 0085 был равен 2,99%. Продолжительность обжига составила 8 часов 10 минут при температуре факела от 1540 до 1650° С и материала от 1450 до 1530° С. Средний напор вентилятора был равен 249,251 мм водяного столба. Вес одного литра клинкера колебался от 1056 до 1422 г. Периодическое определение содержания свободной извести в клинкере показало, что оно не превышает 2—9 гнезд.

Сопоставление заданного и действительного химического состава и модулей клинкера "I (30+19)" произведено в таблице 43.

Таблица 43

Индекс клинкера	Содержание в %							Сумма	CaO свобод. в %	Модули		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105° С			КН	п	р
I (30+19) ¹	20,27	5,74	3,00	64,30	5,85	0,84	—	99,80	—	0,94	2,31	1,91
I (30+19) ²	21,70	6,22	3,38	63,50	4,54	0,42	0,24	100,00	0,00	0,86	2,26	1,84

Из данных, приведенных в таблице 43, можно видеть, что в процессе обжига имел место довольно значительный унос извести. Это привело к снижению величины коэффициента насыщения и изменению характера минералогического состава клинкера.

По данным О. М. Астreeвой, микроскопически клинкер "I (30+19)" характеризуется неотчетливой кристаллизацией минералов и сильной пористостью. Слагающие клинкер минеральные компоненты — алит, белит, промежуточная масса — распределены неравномерно.

Зерна алита достигают в поперечнике 0,03 мм.

Белит представлен несколько более крупными зернами диаметром до 0,045 мм. Располагаются они чаще всего вокруг пор.

Промежуточное вещество слагается алюмоферритами кальция и тонкозернистой бурой массой. В его составе петрографами Подольского завода обнаружено до 6—7% трехкальциевого алюмината.

Сопоставление "заданного" и действительного минералогического состава клинкера произведено в таблице 44.

Таблица 44

Наименование минералов	Заданный минералогический состав в %	Действительный минералогический состав в %		
		по расчету	по подсчету	по подсчету
Алит	63,16	47,83	40,0	
Белит	10,46	26,12	30,0	
Браунмиллерит	9,12	10,24		30,0
Трехкальциевый алюминат	10,12	10,76		
Периклаз	5,85	4,54		
Сумма . . .	98,71	98,49	100,0	

При рассмотрении данных, приведенных в таблице 44, бросается в глаза значительное несоответствие между действительным минералогическим составом и модулями.

¹ Заданный химический состав и модули.

² Действительный состав и модули.

логическим составом клинкера, полученным расчетным путем и минералогическим анализом. По-видимому, оно объясняется, во-первых, неравномерным распределением минералов, а, во-вторых, отсутствием четкой кристаллизации.

Микрохимической реакцией свободной извести в клинкере обнаружено не было. Этот факт, наряду с другими данными, полученными в результате минералогических исследований, свидетельствует о более или менее полном завершении высокотемпературных реакций и об удовлетворительном качестве цементного клинкера.

Опыт II. Исходные химические анализы для расчета второй сырьевой смеси приведены в таблице 40. Расчет производился при заданном коэффициенте насыщения 0,99. Было определено, что в этом случае I компонент : II компоненту, как 86,21 : 13,79.

Данные для определения правильности расчета и химического состава шихты (индекс „II(30+19)“) приведены в таблице 46.

Таблица 46

Индекс шихты	Содержание в %							Модули			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105° С	Сумма	KН	п	
II (30+19) ¹	12,73	3,60	1,82	41,88	3,21	1,34	35,42	100,00	0,99	2,35	1,98
II (30+19) ²	13,90	3,45	2,55	41,55	3,58	—	35,23	100,22	0,90	2,31	1,35

Из данных, приведенных в таблице 46, можно видеть, что при составлении сырьевой смеси был взят глинистый компонент с более высоким содержанием кремнезема и окиси железа, чем следовало по расчету. Это привело к снижению коэффициента насыщения и глиноzemистого модуля сырьевой смеси.

При обжиге использовался шлам с титром в 76,37%, влажностью в 36,2%, весом литра в 1696 г и растекаемостью в 56 мм. Сыре было тонко размолото: остаток на сите № 0085 не превышал 1,88%. Продолжительность обжига составила 7 часов 20 минут. Температура факела колебалась от 1600 до 1640° С, материала — от 1460 до 1520° С и отходящих газов — от 700 до 900° С. Напор вентилятора был равен 250/246 мм водяного столба. При обжиге периодически определялся вес одного литра клинкера (минимальный — 1089, максимальный — 1209 г) и микрохимическим путем — содержание свободной извести. Последнее не превышало 1—5 гнезд фенолятов кальция.

Сопоставление ожидаемого (заданного) и действительного химического состава и модулей клинкера „II(30+19)“ произведено в таблице 47.

Таблица 47

Индекс клинкера	Содержание в %							Модули				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105° С	Сумма	CaO в %	п		
II (30+19) ³	21,46	5,33	3,94	64,09	5,53	—	—	100,35	—	0,90	2,31	1,35
II (30+19) ⁴	22,50	5,40	3,80	62,20	5,50	—	0,88	100,28	0,01	0,82	2,44	1,42

¹ Ожидаемый состав и модули шихты.

² Действительный состав и модули.

³ Ожидаемый состав и модули клинкера.

⁴ Действительный состав и модули.

Анализируя данные таблицы 47, можно сделать еще один важный для характеристики технологического процесса вывод: в ходе обжига имел место избирательный унос извести. Это привело к снижению величины коэффициента насыщения и увеличению значений силикатного и глиноzemистого модулей.

По данным О. М. Астreeвой, клинкер „II(30+19)“ имеет среднезернистую структуру и сильно пористую текстуру.

Алит представлен зернами вытянутой формы размером 0,02—0,025 мм. Реже встречаются зерна размером 0,03—0,065 мм. В них иногда обнаруживаются мелкие включения белита.

Белит представлен зернами неправильной округлой формы размером 0,02—0,03 мм. Они нередко группируются вокруг пор.

Промежуточное вещество слагается в основном алюмосиликатами. Реже встречается тонкозернистая буровато-коричневая масса (разновидность брауимиллерита).

Свободной извести в клинкере микрохимической реакцией не обнаружено.

Сопоставление ожидаемого (по составу шихты) и действительного минералогического состава клинкера произведено в таблице 48.

Таблица 48

Наименование минералов	Заданный минералогический состав в %	Действительный минералогический состав в %	
		по расчету	по подсчету
Алит	56,35	39,33	40,0
Белит	19,01	34,83	35,0
Брауимиллерит	11,98	11,55	25,0
Трехкальциевый алюминат	7,44	7,87	—
Периклаз	5,53	5,50	—
Сумма	100,31	99,08	100,00

Из данных, приведенных в таблице 48, можно видеть, что избирательный унос извести при обжиге почти не отразился на количестве и характере промежуточной массы, но привел к изменению соотношения в клинкере минералов-силикатов.

В целом результаты минералогического изучения показывают, что технологический процесс осуществлялся нормально и клинкер имеет удовлетворительное качество.

Опыт III. Как уже отмечалось выше, в третьем опыте для составления сырьевой смеси были взяты только оолитовые известняки верхней пачки шестой серии нижнеказанского подъяруса из шурфа № 30 и глины седьмой из шурфа № 19. Исходные химические анализы сырьевых компонентов, принятые для расчета третьей сырьевой смеси, приведены в таблице 49.

Таблица 49

№ валовых проб	Наименование компонентов	Содержание в %						
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105° С
30	Известняк P ₂ kz ₁ ⁶ верх. из шурфа № 30	5,75	1,26	1,00	49,39	1,92	0,51	40,17
19	Глина P ₂ kz ₁ ⁷ из шурфа № 19	48,90	43,68	5,87	10,83	4,00	5,25	11,47

Таблица 52

Индекс клиникеров	Содержание в %							Сумма	Модули		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С		п.п. выше 105° С	KH	p
III (30' + 19) ¹	20,53	5,56	3,01	66,00	3,92	0,97	—	100,00	0,97	2,39	1,84
III (30' + 19) ²	21,90	5,89	3,11	64,63	4,27	—	10,60	100,45	0,88	2,43	1,89

Из данных, приведенных в таблице 52, можно видеть, что в процессе обжига имел место избирательный унос извести, который привел к значительному уменьшению величины коэффициента насыщения клинкера.

По данным петрографов завода, клинкер „III (30' + 19)“ имеет среднезернистую структуру и пористую текстуру.

Алит представлен изометрическими и продолговатыми зернами размером $0,015 \times 0,013$ мм и $0,018 \times 0,035$ мм.

Белит наблюдается в виде округлых зерен размером от 0,02–0,03 до 0,045–0,05 мм. Зерна белита образуют отдельные гнезда или кольцеобразные группы вокруг пор.

Промежуточная масса слагается в основном алюмоферритами. Реже встречается мелкозернистое бурое вещество.

Свободной извести в клинкере микрохимической реакцией не обнаружено.

Сопоставление ожидаемого (по составу смеси) и действительного минералогического состава клинкера дано в таблице 53.

Таблица 53

Наименование минералов	Заданный минералогический состав в %	Действительный минералогический состав в %	
		по расчету	по подсчету
1	2	3	4
Алит	70,99	53,26	50,0
Белит	5,29	22,60	25,0
Браунмиллерит	9,15	9,45	18,0
Трехкальциевый алюминат	9,63	10,33	7,0
Периклаз	3,92	4,27	—
Сумма	98,98	99,91	100,0

Из этих данных можно видеть, что избирательный унос извести при обжиге привел к резкому изменению количественных соотношений между минералами-силикатами, но почти не отразился на составе минералов-плавней. В целом результаты петрографического изучения клинкера подтверждают, что ход технологического процесса осуществлялся нормально, а сам клинкер имеет удовлетворительное качество.

Физико-механические испытания цементов, полученных из клинкеров „I (30 + 19)“, „II (30 + 19)“ и „III (30' + 19)“, проводились по методике ГОСТ 970-41. Цементы испытывались с добавкой 3,0% двуводного гипса. Они показали равномерность изменения объема при кипячении и пропаривании приготовленных из них лепешек и выдержали весь остальной комплекс предусмотренных стандартом испытаний (табл. 54).

Для расчета состава шихты был задан KH = 0,97.

В этом случае I компонент: II компоненту = 82,38 : 17,62.

Данные для определения правильности расчета и химического состава шихты и клинкера приведены в таблице 50.

Таблица 50

Наименование компонентов	Содержание в %							Сумма
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С	
82,38% известияка из шурфа № 30	4,74	1,04	0,82	40,69	1,58	0,42	33,09	82,38
17,62% глины из шурфа № 19	8,62	2,41	1,03	1,91	0,70	0,93	2,02	17,62
100 частей шихты	13,36	3,45	1,85	42,60	2,28	1,35	35,11	100,00
В пересчете на 100 частей клинкера	20,59	5,32	2,85	65,65	3,51	2,08	—	100,00

Определяя по данным таблицы 20 коэффициент насыщения и сопоставляя его с заданным, убеждаемся в том, что расчет произведен правильно.

Сопоставление заданного и действительного химического состава и модулей шихты „III (30' + 19)“ сделано в таблице 51.

Таблица 51

Индекс шихты	Содержание в %							Сумма	Модули		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С		KH	p	r
III (30' + 19) ¹	13,36	3,45	1,85	42,60	2,28	1,35	35,11	100,00	0,969	2,52	1,86
III (30' + 19) ²	13,30	3,60	1,95	42,75	2,54	0,46	35,23	100,00	0,97	2,39	1,84

Из данных, приведенных в таблице 51, видно, что не только расчет состава смеси, но и дозировка сырьевых компонентов была произведена верно.

При обжиге использовался шлам с титром в 78,63%, влажностью в 39,6%, весом литра 1632 г и растекаемостью в 62 мм. Тонкость помола сырья характеризовалась остатком на сите № 0085 в 1,31%. Обжиг продолжался в течение 5 часов 40 минут. Температура факела колебалась от 1620 до 1670° С, материала — от 1460 до 1580° С и отходящих газов — от 360 до 660° С. Средний напор вентилятора составлял 248/262 мм водяного столба. Вес литра клинкера изменялся от 1226 до 1540 г. Определение содержания в нем свободной извести, производившееся микрохимическим путем, показало, что соответственно росту веса литра клинкера количество фенолятов кальция уменьшается от 8 гнезд до нуля.

Сопоставление заданного (ожидаемого по составу сырьевой смеси) и действительного химического состава и модулей клинкера „III (30' + 19)“ произведено в таблице 52.

¹ Расчетный состав и модули шихты.

² Действительный состав и модули.

¹ Заданный (ожидаемый) состав и модули клинкера.

² Действительный состав и модули.

Таблица 54

Индексы цементов	Удельная поверхность остаток на сите № 021 остаток на сите № 0085,	Тонкость помола в %	Сроки схватывания в часах (") и минутах (')	Механическая прочность при растяжении в кг/см ²			Механическая прочность при сжатии в кг/см ²		
				начало			конец		
				R ₃	R ₇	R ₂₈	R ₃	R ₇	R ₂₈
I (30 + 19)	2070	0,08	9,2	26,5	4 ^h 30'	5 ^h 10'	20,1	22,0	26,0
II (30 + 19)	2370	0,32	4,88	28,0	5 ^h 15'	6 ^h 55'	21,7	19,8	23,4
III (30 + 19)	2859	0,08	0,88	26,3	4 ^h 20'	5 ^h 20'	24,8	24,5	27,2
							399,9	459,9	680

Как видно из данных, приведенных в таблице 54, цементы характеризуются высокой механической прочностью на сжатие и гораздо меньшей — на растяжение. Поэтому их марка должна быть снижена до „400“.

Ново-Иштеряковский участок № X

Ново-Иштеряковский участок № X не разведен. При геолого-исковых работах в естественном обнажении (№ 27) была отобрана валовая проба от 5-метровой толщи отрицательно-оолитовых и оолитовых известняков шестой серии нижнеказанского подъяруса. Эти известняки при лабораторных технологических испытаниях поискового характера сочетались с плиоценовыми глинами Ямашинского месторождения. В некоторых случаях для корректировки состава сырьевых смесей в них вводились также молотый волжский речной песок и пиритные огарки с одного из казанских заводов.

Химический состав сырьевых компонентов, использованных при проведении пяти лабораторных технологических опытов, представлен в таблице 55.

Таблица 55

№ № валовых проб	Наименование проб	Содержание в %									
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	прочее	п.п.п. выше 105° С	
2a	Известняк P ₂ kz ₁ ⁰ верх. у д. Ново-Иштеряково.	3,20	1,46	0,76	51,37	1,19	—	—	1,13	40,61	100,0
2aa	Известняк P ₂ kz ₁ ⁰ верх. у д. Ново-Иштеряково.	3,75	1,04	0,57	51,24	1,46	—	—	1,33	40,61	100,0
8a	Глина N ₂ ар Ямашинского месторождения . . .	52,91	19,96	9,16	2,79	3,54	1,66	0,46	0,32	9,20	100,0
8aa	Глина N ₂ ар Ямашинского месторождения . . .	56,05	19,94	8,64	2,04	2,72	—	—	1,98	8,63	100,0
10a	Волжский речной песок . . .	96,58	0,80	0,91	0,41	0,48	—	—	0,36	0,46	100,0
10aa	Волжский речной песок . . .	97,07	0,85	0,74	0,46	0,19	—	—	—	0,69	100,0
16	Пиритные огарки . . .	12,61	1,81	73,46	1,15	0,42	—	—	5,24	5,31	100,0

Опыт I. Для получения первого цемента (индекс „№ 1“) были использованы: оолитовые известняки шестой серии нижнеказанского подъяруса (P₂kz₁⁰ верх.) из обнажения № 27 у д. Ново-Иштеряково, плиоценовые глины Ямашинского месторождения (N₂ар), волжский

речной песок и пиритные огарки. Результаты химического анализа сырьевых компонентов после приведения их к 100% представлены в таблице 56.

Таблица 56

Наимено-вание компонентов, № валовых проб	Известняк с участка у д. Ново-Иштеряко-во, 2а	Глина Яма-шинского месторожде-ния, 8а	Речной песок, 10а		Пиритные огарки, 16а
			Оксиды	Сумма	
SiO ₂	5,63	62,38	97,85	14,16	
Al ₂ O ₃	2,57	23,53	0,81	2,03	
Fe ₂ O ₃	1,34	10,80	0,92	82,52	
CaO	90,46	3,20	0,42	1,29	
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00	

При расчете состава сырьевой смеси мы задавались следующим минералогическим составом клинкера: C₄S = 70%, C₂S = 10%, C₃A = 10%, C₄AF = 10%.

Переходя от заданного минералогического состава цемента к его химическому составу, получаем: SiO₂ = 21,90%, Al₂O₃ = 5,87%, Fe₂O₃ = 3,29% и CaO = 68,94%. Следовательно, клинкер № 1, удовлетворяющий отношению C₄S : C₂S : C₃A : C₄AF = 70 : 10 : 10 : 10, должен одновременно удовлетворять также отношению C : S : A : F = 68,94 : 21,90 : 5,87 : 3,29. В этом случае модули клинкера должны выражаться следующими показателями: KН = 0,95, n = 2,39 и p = 1,78.

Согласно произведенному расчету, в шихту было взято 83,04% известняка с участка № X у д. Ново-Иштеряково (P₂kz₁⁰ верх.), 11,89% глины Ямашинского месторождения (N₂ар), 4,68% речного песка и 0,39% пиритных огарков.

Данные для проверки правильности расчета и определения химического состава шихты и клинкера „№ 1“ приведены в таблице 57.

Таблица 57

№ № валовых проб	Наименование компонентов	Содержание в %								Сумма
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	прочее	п.п.п. выше 105° С	
2a	83,04% известняка P ₂ kz ₁ ⁰ верх. с участка № X у д. Ново-Иштеряково . . .	2,66	1,21	0,63	42,66	0,99	0,23	0,94	39,72	83,04
8a	11,89% глины N ₂ ар Ямашинского месторождения . . .	6,29	2,37	1,09	0,33	0,42	—	0,30	1,09	11,89
10a	4,68% речного песка . . .	4,52	0,04	0,04	0,02	0,02	—	0,02	0,02	4,68
16a	0,39% пиритных огарков . . .	0,05	0,01	0,29	0,00	0,00	—	0,02	0,02	0,39
	100 частей шихты . . .	13,52	3,63	2,05	43,01	1,43	0,23	1,28	34,85	100,0
	100 частей клинкера . . .	20,75	5,57	3,15	66,02	2,20	0,35	1,96	—	100,0

Определяя коэффициент насыщения, кремнеземистый и глиноzemистый модули шихты „№ 1“, получаем: $KH = 0,96$, $n = 2,38$ и $p = 1,77$.

Как видно из сопоставления заданных и расчетных значений модулей, они довольно близки друг к другу. Это означает, что расчет был произведен правильно.

Данные по температурному режиму обжига клинкера „№ 1“ приведены в таблице 58.

Таблица 58

Индекс клинкера	Продолжительность обжига в часах (h) и минутах (')					Максимальная t^* в град. С
	всего	до 1200° С	от 1200 до 1300° С	от 1300 до 1400° С	выше 1400° С	
№ 1	3h45'	0h45'	0h45'	0h45'	1h30'	1470

Сопоставление заданного и действительного химического состава и модулей клинкера „№ 1“ произведено в таблице 59.

Таблица 59

Индекс клинкера	Содержание в %						Сумма	Модули			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее		KH	n	p	
№ 1 ¹	20,75	5,57	3,15	66,02	2,20	2,31	—	100,00	0,96	2,38	1,77
№ 1 ²	21,12	6,07	3,01	68,17	1,43	0,20	—	100,00	0,97	2,33	2,07

Из данных, приведенных в таблице 59, следует заключить, что при составлении сырьевой смеси было взято избыточное (относительно расчета) количество известкового компонента. Об этом же свидетельствует и петрографическое изучение клинкера.

Клинкер № 1 макроскопически представляет собой темносерое, почти черное пористое вещество.

Изучение шлифов характеризуемого клинкера под микроскопом показало, что он имеет крупно- и неравномернозернистую структуру и пористую текстуру. Ведущими компонентами в клинкере являются алит и промежуточная масса. В небольшом количестве встречается также белит.

Алит представлен зернами, имеющими пластинчатую или призматическую форму. Размер зерен колеблется от 0,017 до 0,103 мм, составляя в среднем около 0,025–0,030 мм. На некоторых зернах хорошо обнаруживается спайность по граням призмы. В крупных кристаллах нередко встречаются мелкие окружные включения белита. Распределен алит в основной массе довольно равномерно, но иногда образует участки, сложенные более крупными зернами, которые нередко приурочены к порам.

¹ Заданный состав и модули клинкера.

² Действительный состав и модули.

Белит встречается или в виде мелких (до 0,01 мм в поперечнике) округлых включений в крупных кристаллах алита или в виде изометрических зерен, группирующихся вокруг пор. В последнем случае зерна имеют характерные для белита расплывчатые контуры и неравномерно, „лучисто“ окрашены в желтоватый цвет. Размер их обычно не превышает 0,03–0,04 мм.

Браунмиллерит представлен неправильными „лапчатыми“ пластинками, имеющими краснобурую окраску и интенсивный плеохроизм в коричневых и бурых тонах. Размер зерен браунмиллерита колеблется от 0,025 до 0,08 мм. Распределен он в клинкере равномерно и пронизывает всю массу в виде остова, сети, к узлам которой приурочены выделения других минералов.

Сопоставление заданного и действительного минералогического состава клинкера „№ 1“ произведено в таблице 60.

Таблица 60

Наименование минералов	Заданный минералогический состав в %	Действительный минералогический состав в %	
		по расчету	по подсчету
Алит	69,15	72,07	72,4
Белит	7,32	6,18	5,8
Браунмиллерит	9,58	9,15	22,8
Трехкальциевый алюминат . . .	9,41	10,98	—
Периклаз	2,20	1,43	—
Сумма	97,66	99,81	100,0

Как видно из данных, приведенных в таблице 60, заданный и расчетный минералогический состав клинкера № 1 более или менее соответствуют друг другу, хотя содержание алита несколько выше предусмотренного расчетом.

Микрохимическая реакция, проводившаяся на иммерсионных препаратах, приготовленных на смеси нитробензола и фенола, свободной извести не обнаружила.

Подводя итог рассмотрению минералогических особенностей клинкера „№ 1“, необходимо сделать ряд выводов.

1. Крупнозернистая структура клинкера и весьма малое содержание свободной извести в нем являются следствием интенсивного температурного режима при обжиге („пережог“).

2. Относительно равномерное распределение клинкерных минералов доказывает, что смешение сырьевых компонентов произведено довольно тщательно.

3. Соответствие заданного и действительного минералогического состава клинкера свидетельствует о том, что дозировка сырьевых компонентов в основном произведена правильно.

Опыт II. Во втором опыте для получения цемента были использованы те же сырьевые компоненты, что и в первом. Исходный химический состав компонентов, приведенный к 100%, представлен в таблице 61.

Таблица 61

Наименование компонентов, № валовых проб	Известняк с участка X у д. Ново-Иштеряково, 2а	Глина Ямашинского месторождения, 8а	Речной песок, 10аа	Пиритные огарки, 16а
Окислы				
SiO ₂	5,63	62,38	97,94	14,16
Al ₂ O ₃	2,57	23,53	0,85	2,03
Fe ₂ O ₃	1,34	10,80	0,75	82,52
CaO	90,46	3,29	0,46	1,29
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00

При расчете состава сырьевой смеси мы задавались следующим минералогическим составом клинкера (индекс № 6): C₂S = 70%, C₂S = 10%, C₄AF = 15% и C₂A = 5%. Клинкер, удовлетворяющий соотношению C₂S : C₂S : C₂A : C₄AF = 70 : 10 : 5 : 15 должен одновременно также удовлетворять следующему отношению основных окислов: C : S : A : F = 58,12 : 21,90 : 5,04 : 4,94.

Исходя из проведенного расчета, в состав сырьевой смеси было взято 82,48% известняка с участка № X у д. Ново-Иштеряково, 9,35% глины Ямашинского месторождения, 6,04% речного песка и 2,13% пиритных огарков.

Данные для определения правильности расчета сырьевой смеси и химического состава шихты и клинкера № 6 приведены в таблице 62.

Таблица 62

Наименование компонентов	Содержание в %								Сумма
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	прочее	п.п.п. выше 105° С	
82,48% известняка Р ₂ кz ₆ верх. с участка X у д. Ново-Иштеряково	2,64	1,20	0,63	42,37	0,98	0,23	0,93	33,50	82,48
9,35% глины N ₂ ар Ямашинского месторождения	4,95	1,87	0,86	0,26	0,33	—	0,22	0,86	9,35
6,04% речного песка	5,87	0,05	0,05	0,03	—	—	—	0,04	6,04
2,13% пиритных огарков	0,27	0,04	1,56	0,03	0,01	—	0,11	0,11	2,13
100 частей шихты	13,73	3,16	3,10	42,69	1,32	0,23	1,26	34,51	100,0
После пересчета на 100 частей клинкера	20,97	4,83	4,73	65,19	2,01	0,35	1,92	—	100,0

Определяя по данным таблицы 62 коэффициент насыщения, глиноzemистый и силикатный модули и сопоставляя их значения с заданными, убеждаемся в правильности расчета (заданные: KН = 0,947, n = 2,19 и p = 1,02; расчетные: KН = 0,946, n = 2,19 и p = 1,02).

Для более полного завершения хода высокотемпературных реакций к сырьевой смеси было добавлено 1,5% фтористого натрия. Данные по температурному режиму обжига клинкера № 6 сведены в таблицу 63.

Таблица 63

Индекс клинкера	Продолжительность обжига в часах (h) и минутах (m)					Максимальная t° в град. С
	всего	до 1200° С	от 1200 до 1300° С	от 1300 до 1400° С	выше 1400° С	
№ 6	4 ^h 40'	1 ^m 00'	0 ^h 45'	2 ^h 15'	0 ^h 40'	1410

Сопоставление заданного и действительного химического состава и модулей клинкера № 6 произведено в таблице 64.

Таблица 64

Индекс клинкера	Содержание в %							Модули			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105° С	Сумма	KН	n	p
№ 6 ¹	20,97	4,83	4,73	65,19	2,01	2,27	—	100,00	0,946	2,19	1,02
№ 6 ²	21,69	3,93	5,08	65,33	1,98	1,00	0,99	100,00	0,940	2,41	0,77

Из данных, приведенных в таблице 64, можно видеть, что при составлении сырьевой смеси было взято избыточное (относительно расчета) количество песка и пиритных огарков. Этот вывод подтверждается и результатами петрографического изучения клинкера № 6.

Макроскопически клинкер представляет собой темносерую хорошо спекшуюся массу.

Под микроскопом он характеризуется крупно-, неравномерно-зернистой структурой и пористой текстурой. Ведущими минеральными компонентами являются алит и браунмиллерит.

Алит встречается в виде продолговатых, реже изометрических зерен размером от 0,015 до 0,03 мм. В основной массе алит распространен более или менее равномерно, хотя образует иногда отдельные скопления вокруг пор.

Белит представлен обычно изометрическими зернами размером до 0,04 мм. Они нередко группируются в агрегаты неправильной, реже кольцеобразной формы. Встречается белит также изредка в виде очень мелких округлых включений и в кристаллах альта.

Браунмиллерит встречается или в виде неправильных, "лапчатых" выделений, размером до 0,08 мм; или более мелких, размером 0,02–0,03 мм, образований, имеющих форму примазок. Для крупных индивидуумов браунмиллерита характерна темнобурая, почти черная окраска, для мелких — коричневый и светло-коричневый цвет. Распределен браунмиллерит в массе клинкера довольно равномерно.

Микрохимической реакцией наличие свободной извести в клинкере не обнаружено.

Сопоставление заданного и действительного минералогического состава клинкера № 6 произведено в таблице 65.

¹ Заданный (расчетный) состав и модули клинкера.

² Действительный состав и модули.

Таблица 65

Наименование минералов	Заданный минералогический состав в %	Действительный минералогический состав в %	
		по расчету	по подсчету
1	2	3	4
Алит	66,78	68,27	69,3
Белит	9,74	11,31	9,8
Браунмиллерит	14,38	15,60	
Трехкальциевый алюминат	4,78	1,82	20,9
Периклаз	2,02	1,98	—
Сумма	97,70	98,98	100,0

Как видно из данных, приведенных в таблице 65, действительное содержание минералов-силикатов близко к их заданному количеству. Вместе с тем соотношение между минералами-плавнями нарушено в пользу браунмиллерита. Это означает, что в сырьевую смесь было взято несколько большее, чем предусматривалось расчетом, количество пиритных огарков и песка и меньшее — глины. В целом же анализ минералогических особенностей позволяет заключить, что ход технологического процесса осуществлялся нормально и в результате был получен клинкер удовлетворительного качества.

Опыт III. Для получения третьего цемента сырьевая смесь была приготовлена из тех же компонентов, что и в первых двух опытах. Исходные химические анализы сырьевых компонентов, приведенные к 100%, представлены выше в таблице 73.

При расчете состава шихты (индекс № 7^a) мы задавались следующим минералогическим составом клинкера: C₃S = 70%, C₂S = 10%, C₂A = 0%, C₄AF = 20%. Клинкер, удовлетворяющий в минералогическом отношении пропорции C₃S : C₂S : C₂A : C₄AF = 70 : 10 : 0 : 20, в химическом отношении должен удовлетворять соотношению: С : S : A : F = 67,32 : 21,90 : 4,2 : 6,58. При этом его модули должны выражаться следующими показателями: KН = 0,947, n = 2,03 и p = 0,64.

Согласно произведенного расчета, в сырьевую смесь было взято 82,11% известняка с участка № X у д. Ново-Иштеряково, 6,5% глины Ямашинского месторождения, 7,40% волжского речного песка и 3,9% пиритных огарков. Кроме того, для улучшения хода высокого

Таблица 66

Наименование компонентов	Содержание в %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	прочее	п.п. выше 105°С	Сумма	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
82,11% известняка P ₂ Kz ₁ ^b верх. с участка X у д. Ново-Иштеряково	2,63	1,20	0,62	42,18	0,98	0,23	0,93	33,34	82,11	
6,59% глины N ₂ ар Ямашинского месторождения	3,49	1,32	0,60	0,18	0,23	—	—	0,16	6,59	
7,40% речного песка	7,18	0,06	0,06	0,03	0,01	—	—	0,06	7,40	
3,90% пиритных огарков	0,49	0,07	2,87	0,04	0,02	—	0,20	0,21	3,90	
100 частей шихты	13,79	2,65	4,15	42,43	1,24	0,23	1,29	34,22	100,0	
В пересчете на 100 частей клинкера	20,96	4,03	6,31	64,50	1,89	0,35	1,96	—	100,0	

температурных реакций в шихту было введено 1,5% кремнефтористого калия (K₂SiF₆).

Данные для проверки правильности расчета и определения химического состава шихты и клинкера № 7^a представлены в таблице 66. Определив по данным таблицы 66 модули сырьевой смеси, получаем KН = 0,948, n = 2,03 и p = 0,64. Сопоставление заданных и расчетных модулей доказывает методическую правильность расчета.

Данные по температурному режиму обжига клинкера № 7^a сведены в таблицу 67.

Таблица 67

Индекс клинкера	Продолжительность обжига в часах (h) и минутах (m)					Максимальная t° в град. С
	всего	до 1200° С	от 1200 до 1300° С	от 1300 до 1400° С	выше 1400° С	
№ 7	4 ^h 00'	1 ^h 00'	0 ^h 30'	0 ^h 30'	2 ^h 00'	1470

Сопоставление заданного (ожидаемого по расчету) и действительного химического состава и модулей клинкера № 7^a произведено в таблице 68.

Таблица 68

Индекс клинкера	Содержание в %							Модули			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С		KН	n	p
№ 7 ¹	20,96	4,03	6,31	64,50	1,89	2,31	—	100,00	0,948	2,03	0,64
№ 7 ²	23,05	2,82	5,93	65,92	1,33	0,09	0,86	100,00	0,909	2,64	0,48

Из данных, приведенных в таблице 68, можно заключить, что при составлении сырьевой смеси было взято избыточное количество (относительно расчета) известняка и песка и недостаточное — глины. Это привело, с одной стороны, к снижению величины коэффициента насыщения и глиноземистого модуля и, с другой, — к значительному увеличению значения силикатного модуля.

Макроскопически клинкер № 7^a аналогичен вышеисписанному. Он представляет собой темносерую хорошо спекшуюся массу.

Под микроскопом клинкер характеризуется крупно- и неравномернозернистой структурой и пористой текстурой. Главными минеральными компонентами его являются алит, белит и промежуточное вещество.

Алит представлен продолговатыми зернами размером от 0,015 до 0,08 мм. На некоторых зернах хорошо заметна спайность по граням призмы. В массе клинкера алит распределен более или менее равномерно. Однако он нередко образует обособленные участки и "шиловые" скопления среди промежуточной массы.

Белит представлен или мелкими (не более 0,005 мм) округлыми включениями в кристаллах алита, или более крупными (диаметром до 0,04 мм) изометрическими зернами. Последние иногда образуют небольшие группы.

Промежуточная масса слагается темнокоричневыми зернами алюмоферритов. Они не имеют определенной формы и заполняют промежутки между другими минералами. Размер зерен браунмиллерита колеблется от 0,02–0,03 до 0,08–0,10 мм.

¹ Заданный (ожидаемый) состав и модули клинкера.

² Действительный состав и модули.

Качественной микрохимической реакцией наличие свободной извести в клинкере не обнаружено.

Сопоставление заданного и действительного минералогического состава клинкера № 7 произведено в таблице 69.

Таблица 69

Наименование минералов	Заданный минералогический состав в %	Действительный минералогический состав в %		Сумма
		по расчету	по подсчету	
Алит	67,22	64,23	67,1	
Белит	9,37	18,20	15,2	
Трехкальциевый алюминат	0,00	0,00	—	
Браунмиллерит	19,18	13,55	{ 17,7	
Двухкальциевый феррит	0,00	1,72		
Периклаз	1,89	1,33	—	
Сумма	97,66	99,03	100,0	

Из данных, приведенных в таблице 69, можно видеть, что действительный минералогический состав несколько отличается от заданного. Как говорилось выше, это связано с неточной дозировкой сырьевых компонентов при составлении шихты. В остальном технологический процесс осуществлялся нормально.

Опыт IV. Для получения четвертого цемента (индекс № 3п) использовались те же компоненты, что и в ранее описанных трех опытах. Исходный химический состав сырья, приведенный к 100%, представлен в таблице 70.

Таблица 70

Оксиды	Наименование компонентов, № валовых проб				Сумма
	известняк с участка X у д. Ново-Иштеряково, 2aa	глина Ямашинского месторождения, 8aa	речной песок, 10a	пиритные огарки, 16a	
1	2	3	4	5	100,00
SiO ₂	6,54	64,67	97,94	14,16	
Al ₂ O ₃	1,84	23,01	0,85	2,03	
Fe ₂ O ₃	1,02	9,97	0,75	82,52	
CaO	90,60	2,35	0,46	1,29	
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00	

При расчете состава сырьевой смеси мы задавались следующим минералогическим составом клинкера: C₃S = 50%, C₂S = 30%, C₄AF = 10% и C₃A = 10%. Клинкер подобного минералогического состава должен удовлетворять следующему соотношению основных окислов: С:S:A:F = 23,62:5,87:3,29:67,22. При этом коэффициент насыщения клинкера должен быть равен 0,853, силикатный модуль — 2,58 и глиноzemистый — 1,78.

Согласно расчета, в сырьевую смесь было взято 81,54% известняка с участка X у д. Ново-Иштеряково, 13,97% глины Ямашинского месторождения, 4,01% волжского речного песка и 0,48% пиритных огарков. Данные для проверки правильности расчета и

определения химического состава шихты и клинкера № 3п представлены в таблице 71.

Таблица 71

Наименование компонентов	Содержание в %							Сумма
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С	
81,54% известияка Р ₂ Kz ₁ ⁶ верх. с участка Х у д. Ново-Иштеряково	3,06	0,85	0,47	41,78	1,19	1,08	33,11	81,54
13,97% глины N ₂ ар Ямашинского месторождения	7,83	2,79	1,21	0,28	0,38	0,28	1,20	13,97
4,01% речного песка	3,90	0,03	0,03	0,02	—	—	0,03	4,01
0,48% пиритных огарков	0,06	0,01	0,35	—	—	0,03	0,03	0,48
100 частей шихты	14,85	3,68	2,06	42,08	1,57	1,39	34,37	100,0
После пересчета на 100 частей клинкера	22,62	5,61	3,14	64,12	2,39	2,12	—	100,0

Определив по данным таблицы 71 модули клинкера, получаем: KН = 0,849, n = 2,59 и p = 1,79. Сопоставление расчетных величин модулей с заданными доказывает правильность произведенного расчета состава сырьевой смеси.

Данные по температурному режиму обжига клинкера № 3п сведены в таблицу 72.

Таблица 72

Индекс клинкера	Продолжительность обжига в часах (h) и минутах (m)					Максимальная t° (в град. С)
	всего	до 1200° С	от 1200 до 1300° С	от 1300 до 1400° С	выше 1400° С	
№ 3п	4 ^h 00'	1 ^h 30'	0 ^h 30'	1 ^h 00'	1 ^h 00'	1470

Сопоставление заданного (расчетного) и действительного химического состава и модулей клинкера произведено в таблице 73.

Таблица 73

Индекс клинкера	Содержание в %							Модули			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С	Сумма	KН	n	p
№ 3п ¹	22,62	5,61	3,14	64,12	2,39	2,12	—	100,0	0,85	2,59	1,79
№ 3п ²	22,83	2,96	4,68	65,03	1,89	2,27	0,34	100,0	0,915	2,99	0,63

Анализируя данные, приведенные в таблице 73, следует прежде всего сделать вывод о том, что в шихту было взято избыточное количество известняка и песка и недостаточное — глины. Вместе с тем необходимо отметить, что соотношение полуторных окислов в действительном составе клинкера вызывает сомнение.

Клинкер № 3п макроскопически представляет собой темно-серое хорошо спекшееся вещество. Под микроскопом он характеризуется крупнозернистой структурой и сильно пористой текстурой.

¹ Заданный (расчетный) состав и модули клинкера.

² Действительный состав и модули.

Ведущими минеральными компонентами клинкера являются алит, белит и промежуточная масса.

Алит представлен светло-серыми и бесцветными зернами обычно удлиненно-призматической формы размером от 0,017—0,026 до 0,043—0,06 мм. На некоторых зернах хорошо заметна спайность по граням призмы. Распределен он в клинкере довольно равномерно.

Белит встречается в виде изометрических зерен, образующих отдельные скопления и кольцевые группы вокруг пор. В отдельных зернах наблюдается параллельная штриховатость, напоминающая явление полисинтетической двойниковой штриховки. Размер зерен довольно постоянен и составляет в среднем 0,035—0,045 мм.

Промежуточная масса слагается главным образом алюмоферритами кальция. Последние не имеют собственной формы и как бы прорастают скопления зерен алита и белита. Некоторые "амебоидные" индивидуумы достигают в поперечнике 0,06—0,07 мм, но чаще они гораздо меньше — 0,02—0,03 мм.

Микрохимической реакцией наличие свободной извести в клинкере не обнаружено.

Сопоставление заданного (ожидающего по составу сырьевой смеси и действительного минералогического состава клинкера произведено в таблице 74.

Таблица 74

Наименование минералов	Заданный минералогический состав в %	Действительный минералогический состав в %		Сумма
		по расчету	по подсчету	
Алит	47,02	64,86	57,2	
Белит	29,37	16,75	23,8	
Трехкальциевый алюминат	9,54	0,00		
Браунмиллерит	9,55	14,17	19,0	
Двухкальциевый феррит	—	0,62		
Периклаз	2,39	1,89	—	
Сумма	98,87	98,29	100,0	

При рассмотрении данных, приведенных в таблице 74, обращает на себя внимание расхождение между действительным минералогическим составом, полученным расчетным путем, и количественным минералогическим анализом. Однако сумма минералов-силикатов довольно близка как в том, так и в другом случае. Это объясняется, по-видимому, тем, что при подсчете трудно поддается диагностике алит, слабо окрашенный окислами железа.

Анализ минералогических особенностей клинкера № 3п позволяет сделать ряд выводов.

1. Крупнозернистая структура клинкера и отсутствие в нем свободной извести свидетельствуют о полном завершении высокотемпературных реакций.

2. Равномерное распределение клинкерных минералов показывает, что сырьевая смесь была перемешана довольно тщательно.

3. Повышенное (относительно расчета) содержание в клинкере алита и пониженное — белита является указанием на то, что при составлении сырьевой смеси было взято избыточное количество известкового компонента.

Опыт V. В пятом опыте цемент (индекс „T-4“) был получен на основе двухкомпонентной сырьевой смеси, составленной из известняков с участка № 10 у д. Ново-Иштеряково и глин Ямашинского

месторождения. Химический состав названных компонентов представлен в таблице 75.

Таблица 75

№№ выб. проб	Наименование компонентов	Содержание в %							Сумма
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С	
2aa	Известняк P ₂ kz ₁ ⁶ верх. с участка X у д. Ново- Иштеряково	3,75	1,04	0,57	51,24	1,46	1,33	40,61	100,00
8aa	Глина N ₂ ар Ямашин- ского месторождения	56,05	19,94	8,64	2,04	2,72	1,98	8,63	100,00

При расчете состава сырьевой смеси мы задавались КН = 0,96. Тогда, принимая, что I компонент:II компоненту как x : 1, находим, что в состав шихты необходимо взять 82,62% известняка и 17,38% глины.

Данные для проверки правильности расчета и определения химического состава шихты и клинкера представлены в таблице 76.

Таблица 76

Наименование компонентов	Содержание в %							Сумма
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С	
82,62% известняка P ₂ kz ₁ ⁶ верх. с участка X у д. Ново- Иштеряково	3,10	0,86	0,47	42,33	1,21	1,10	33,54	82,62
17,38% глины N ₂ ар Ямашин- ского месторождения	9,74	3,47	1,50	0,36	0,47	0,34	1,50	17,36
100 частей шихты	12,84	4,33	1,97	42,69	1,68	1,44	35,05	100,00
После пересчета на 100 ча- стей клинкера	19,77	6,77	3,03	65,73	2,59	2,21	—	100,00

Расчетные значения модулей выражаются следующими величинами: КН = 0,97, n = 2,04 и p = 2,20. Сопоставление расчетного коэффициента насыщения с заданным показывает методическую правильность произведенного расчета.

Данные по температурному режиму обжига клинкера „T-4“ приведены в таблице 77.

Таблица 77

Индекс клинкера	Продолжительность обжига в часах (h) и минутах (m)					Максималь- ная t° (в град. С)
	всего	до 1200° С	от 1200 до 1300° С	от 1300 до 1400° С	выше 1400° С	
T-4	4 ^h 00'	1 ^h 15'	0 ^h 30'	1 ^h 15'	1 ^h 00'	1460

Сопоставление заданного (расчетного) и действительного химического состава и модулей клинкера „T-4“ произведено в таблице 78.

Таблица 78

Индекс клинкера	Содержание в %							Модули		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С	Сумма	КН	п
T-4 ¹	19,77	6,67	3,03	65,73	2,59	2,21	—	100,00	0,97	2,04
T-4 ²	20,70	4,71	4,64	66,55	2,19	1,21	—	100,00	0,99	2,21
										1,02

Из данных, приведенных в таблице 78, можно заключить, что при составлении сырьевой смеси было взято избыточное количество (относительно расчета) известкового компонента. Возможно предположить также, что при проведении химического анализа клинкера было неточно произведено разделение элементов полуторной группы (сумма Al₂O₃ + Fe₂O₃ по расчетному и действительному составам клинкера одинакова).

Клинкер "T-4" по внешнему виду напоминает ранее описанные четыре клинкера. Макроскопически он также представляет темно-серую, хорошо спекшуюся пористую массу.

Под микроскопом клинкер характеризуется мелко- и среднезернистой структурой, беспорядочной текстурой и слагается двумя основными минералами — алита и браунмиллеритом.

Алит встречается в виде призм и табличек, имеющих неправильную многоугольную форму. Некоторые зерна алита имеют ясно выраженную спайность. Размер их обычно не превышает 0,10—0,12 мм, но чаще значительно меньше — 0,025—0,05 мм. Распределен алит в массе клинкера в общем равномерно, хотя иногда образует скопления вокруг пор.

Браунмиллерит присутствует в виде равномерно рассеянных вкраплений между зернами алита. Форма его индивидуумов неправильная, "амебовидная". Реже можно встретить треугольные или прямоугольные пластинки. Размер отдельных зерен браунмиллерита колеблется от 0,025 до 0,05—0,06 мм. В отличие от ранее описанных клинкеров, браунмиллерит в клинкере "T-4" имеет менее интенсивную коричневую окраску.

Сопоставление расчетного и действительного минералогического состава характеризуемого клинкера производится в таблице 79.

Таблица 79

Наименование минералов	Заданный минералогический состав в %	Действительный минералогический состав в %	
		по расчету	по подсчету
1	2	3	4
Алит	68,14	75,96	76,0
Белит	5,27	2,50	—
Браунмиллерит	9,2	14,11	—
Трехкальцийевый алюминат	12,54	4,61	24,0
Периклаз	2,59	2,19	—
Сумма	97,75	98,77	100,0

¹ Заданный состав и модули клинкера.

² Действительный состав и модули.

При сопоставлении заданного и действительного минералогического состава клинкера "T-4" обращает на себя внимание значительное расхождение в содержании отдельных минералов.

Качественная микрохимическая реакция с помощью реагента Уайта обнаружила довольно большое содержание в клинкере свободной извести (более 6 гнезд фенолятов кальция в поле зрения микроскопа). В связи с этим в клинкере было произведено глицератным способом количественное определение свободной извести, показавшее, что ее содержание доходит до 1,22%.

В результате изучения минералогического состава и структурно-текстурных особенностей клинкера "T-4" следует сделать ряд выводов.

1. Среднезернистая структура клинкера свидетельствует о достаточно выдержанке его при высоких температурах.

2. Беспорядочная текстура клинкера, выражаясь в равномерном распределении слагающих его минералов, указывает на то, что смешение сырьевых компонентов было произведено тщательно.

3. Наличие в клинкере заметных количеств свободной извести, повышенное (относительно расчета) содержание в нем алита и отсутствие белита указывает, что при составлении шихты было взято избыточное количество известкового компонента и недостаточное — глинистого.

После непродолжительного вылеживания (не более 3—7 дней) все клинкеры, полученные в описанных опытах, были размолоты в лабораторной шаровой мельнице. К цементам было добавлено от 3 до 4% двуводного гипса. После того, как они показали равномерность изменения объема при кипячении и пропаривании приготовленных из них лепешек, был осуществлен остальной комплекс физико-механических испытаний по методике ГОСТ 970-41. Результаты испытаний сведены в таблицу 79.

Таблица 79

Индексы цементов	Тонкость помола (остаток на сите № 90 в %)	Добавка гипса в %	Нормальная густота теста в %	Сроки схватывания в часах (h) и минутах (')		Механическая прочность при растяжении в кг/см ²			Механическая прочность при сжатии в кг/см ²		
				начало	конец	R ₇	R ₂₈	R ₉₀	R ₇	R ₂₈	R ₉₀
№ 1	4,0	3,0	24,5	1 ^h 45'	6 ^h 27'	34,3	36,7	36,8	543,5	656,2	652
№ 6	1,1	3,0	23,5	2 ^h 00'	7 ^h 10'	31,9	37,4	—	467,0	623,5	—
№ 7	1,1	3,0	23,0	1 ^h 45'	6 ^h 45'	32,0	34,5	35,9	500,3	607,0	755,5
№ 3п	1,1	3,0	23,0	1 ^h 50'	5 ^h 20'	27,0	27,2	29,9	527,7	559,8	576,4
T-4	1,1	3,0	23,0	2 ^h 45'	7 ^h 10'	23,4	30,1	33,3	471,4	623,5	672,3

Из данных, приведенных в таблице 79, видно, что цементы № 1, № 6, № 7 и T-4 относятся к марке "600", а цемент № 3п — к марке "500".

Бакировский участок № 5 (VII)

Для проведения лабораторных и полузаводских технологических испытаний были отобраны следующие валовые пробы сырья:

1) в шурфе № 46 на центральной площади Бакировского участка — оолитовый известняк ($P_2Kz_1^6$ верх.) мощностью в 5,7 м;

Таблица 80

№ № вало- вых проб	Наименование компонентов	Содержание в %							Сумма
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С	
46'	Известняк P ₂ kz ₁ ⁶ верх. с Бакировского участка № 5 (VII)	5,84	1,19	0,33	48,31	3,13	0,73	40,47	100,0
61	Глина P ₂ kz ₁ ¹ с Бакировского участка № 5 (VII)	50,81	13,07	6,52	9,42	3,95	5,29	10,94	100,0
16	Пиритные огарки . . .	12,61	1,81	73,46	1,15	0,42	5,24	5,31	100,0

Задаваясь КН = 0,86 и р = 1,33, находим, что в состав сырьевой смеси (индекс „Б-1 (46' + 61 + 16)“ необходимо взять 80,36% известняка, 18,17% глины и 1,47% пиритных огарков.

Данные для проверки правильности расчета и определения химического состава шихты и клинкера приведены в таблице 81.

Таблица 81

Наименование компонентов	Содержание в %								Сумма							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С	1	2	3	4	5	6	7	8	9
80,36% известняка P ₂ kz ₁ ⁶ верх. с Бакировского участка № 5 (VII) . . .	4,69	0,96	0,27	38,82	2,51	0,59	32,52	80,36								
18,17% глины P ₂ kz ₁ ¹ с Бакировского участка № 5 (VII) . . .	9,23	2,38	1,18	1,71	0,72	0,96	1,99	18,17								
1,47% пиритных огарков . . .	0,19	0,03	1,08	0,02	—	0,07	0,08	1,47								
100 частей шихты . . .	14,11	3,37	2,53	40,55	3,23	1,62	34,59	100,00								
В пересчете на 100 частей клинкера	21,57	5,15	3,87	61,99	4,94	2,48	—	100,00								

По данным таблицы 82, модули шихты должны иметь следующие значения: КН = 0,86, п = 2,39, и р = 1,33. Сопоставляя их величины с заданными, легко убедиться в методической правильности расчета.

Данные по температурному режиму обжига клинкера „Б-1 (46' + 61 + 16)“ сведены в таблицу 82.

Таблица 82

Индекс клинкера	Продолжительность обжига в часах (h) и минутах (')						Максимальная темп. (в град. С)
	всего	до 1200° С	от 1200 до 1300° С	от 1300 до 1400° С	до 1400° С	выше 1400° С	
Б-1 (46' + 61 + 16) . . .	5 ^h 25'	1 ^h 40'	1 ^h 00'	1 ^h 15'	1 ^h 30'		1440

Сопоставление заданного (расчетного) и действительного химического состава и модулей клинкера произведено в таблице 83.

2) в шурфе № 61 на западной окраине Бакировского участка — известковистые глины „лингуловой“ толщи (P₂kz₁¹) общей мощностью в 11,8 м;

3) в шурфе № 8 на Ново-Иштеряковском участке (XI) — известковистые глины седьмой серии нижнеказанского подъяруса (P₂kz₁⁷) и нижней части белебеевской свиты (P₂kz₂ bb), мощностью в 10 м.

При проведении полузаводских технологических испытаний сырья было установлено, что известняк довольно легко размалывается. Уже через 3000 оборотов мельницы остаток на сите № 0085 составляет всего 10% пробы. Продолжительность размола (t), определенная по ранее описанной методике, составляет 74,47 мин., производительность мельницы (B) — 8,05 кг/час, удельный расход электроэнергии (W) — 34,78 квт/час/т, удельная производительность по энергии (B_э) — 28,75 кг/час/квт и удельная производительность на единицу условного объема (B_{уд}) — 0,23 т/ед.

При размучивании глин Бакировского участка (шурф № 61) из стандартной навески в 100 г было установлено, что через 2 часа на сите № 0085 достигается остаток в 10,13% (в пересчете на сухое вещество). При этом к фракции >7 мм относится 27,64%, 5—7 мм — 18,06%, 3—5 мм — 3,26%, 2—3 мм — 2,76%, 0,85—2 мм — 2,96%, 0,60—0,85 мм — 7,99%, 0,21—0,60 мм — 14,11% и 0,085—0,21 мм — 23,20% общего остатка на сите № 0085.

При размучивании глин Ново-Иштеряковского (XI) участка через 2 часа достигается остаток на сите № 0085 в 13,29%. Ситовой анализ общего остатка показал, что 63,38% его относится к фракции >7 мм, 23,18% — к фракции 5—7 мм, 1,88% — к фракции 3—5 мм, 1,35% — к фракции 2—3 мм, 0,53% — к фракции 0,85—2 мм, 0,75% — к фракции 0,60—0,85 мм, 1,13% — к фракции 0,21—0,60 мм и 7,82% — к фракции 0,085—0,21 мм. Таким образом, глины с Ново-Иштеряковского участка № XI размучиваются несколько медленнее, чем глины Бакировского участка № 2 (IX).

Поскольку средневзвешенный химический состав известняков Бакировского, глин Бакировского и Ново-Иштеряковского (IX) участков пока еще не подсчитан, в настоящей статье не представляется возможным сопоставить его с составом валовых проб сырья, отобранных в шурфах №№ 46, 61 и 8. Тем не менее, сопоставляя данные химических анализов валовых проб с имеющимися данными по колебанию химического состава сырья на этих участках (таблицы 3, 6), можно видеть, что пробы для качества сырья являются довольно характерными.

Лабораторные технологические испытания, проведенные в Геологическом институте Казанского филиала АН СССР, осуществлялись на основе двух основных вариантов использования сырья:

а) сочетание продуктивных известняков шестой серии с глинами первой серии нижнеказанского подъяруса и

б) сочетание оолитовых известняков шестой серии нижнеказанского подъяруса на Бакировском участке с известковистыми глинами седьмой серии нижнеказанских отложений и белебеевской свиты на Ново-Иштеряковском участке (XI).

По каждому из вышенназванных вариантов было проведено два обжига сырьевых смесей.

Опыт I. В первом опыте для получения цемента в сырьевую смесь были взяты: известняк из шурфа № 46, отобранный по всей мощности слоя, глина из шурфа № 61 и пиритные огарки с одного из казанских заводов. Исходные химические анализы, принятые для расчета шихты, приведены в таблице 80.

Таблица 83

Индекс клинкера	Содержание в %							Сумма	CaO свобод. в %	Модули		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.л. выше 105° С			KH	п	р
Б-1 (46' + 61 + 16) ¹	21,57	5,15	3,87	61,99	4,94	2,48	—	100,00	—	0,86	2,39	1,33
Б-1 (46' + 61 + 16) ²	22,09	7,58	4,69	63,67	2,04	0,00	0,03	100,10	0,24	0,80	1,80	1,62

Из данных, приведенных в таблице 83, можно видеть, во-первых, что анализ состава клинкера мало достоверен по содержанию MgO и прочих соединений и, во-вторых, что при составлении сырьевой смеси было взято избыточное количество пиритных огарков и глины.

По внешнему виду клинкер „Б-1 (46' + 61 + 16)“ ничем не отличается от ранее описанных клинкеров, для получения которых в состав сырьевой смеси были введены пиритные огарки. Он имеет темносерый, почти черный цвет и представляет собой хорошо спекшуюся массу.

Под микроскопом клинкер характеризуется среднезернистой структурой и беспорядочной текстурой. Главными минеральными компонентами являются алит, белит и промежуточное вещество.

Алит представлен зернами размером от 0,02—0,04 до 0,05—0,09 мм. Зерна имеют форму многоугольных табличек и призмочек. В клинкере они распределены довольно равномерно.

Белит встречается в виде изометрических зерен размером 0,04—0,05 мм, с характерными расплывчатыми контурами и неравномерной „спутанно-лучистой“ желтоватой окраской. Они нередко образуют отдельные группы вокруг пор. Кроме того, в зернах альта иногда обнаруживаются мелкие округлые включения желтоватого цвета, которые представляют собой реликты ранее существовавших более крупных зерен белита.

Промежуточная масса представлена коричневато-бурыми и темно-коричневыми соединениями алюмоферритов, имеющих форму примазок. Размер отдельных индивидуумов алюмоферритов достигает 0,08—0,10 мм. Распределены они в массе клинкера довольно равномерно в виде остова, сети, к ячейм которой приурочены выделения других минералов.

Сопоставление расчетного (заданного) и действительного минералогического состава клинкера произведено в таблице 84.

Таблица 84

Наименование минералов	Заданный минералогический состав в %	Действительный минералогический состав в %		Сумма
		по расчету	по подсчету	
Алит	47,54	32,82	31,0	
Белит	25,27	38,57	42,1	
Браунмиллерит	11,76	14,26		
Трехкальциевый алюминат	7,08	12,13	26,9	
Периклаз	4,94	2,04	—	
	97,29	99,82	100,0	

¹ Расчетный состав и модули клинкера.

² Действительный состав и модули.

Фенолятным методом в клинкере обнаружено незначительное содержание свободной извести.

В результате изучения структурно-текстурных и минералогических особенностей охарактеризованного клинкера следует сделать ряд выводов о ходе технологического процесса.

1. Среднезернистая структура клинкера и малое содержание в нем свободной извести свидетельствуют о почти полном завершении высокотемпературных реакций.

2. Равномерное распределение слагающих клинкер минералов показывает, что смешение сырьевой смеси было произведено в достаточной мере.

3. Пониженное (относительно расчета) содержание альта и повышенное — белита и промежуточной массы указывает на то, что при составлении шихты было взято избыточное количество глины и пиритных огарков.

Опыт II. Для получения цемента во втором опыте сырьевая смесь (индекс „Б-2 (46 + 61)“) была составлена из оолитового известняка из шурфа № 46 (исключая доломитизированный прослой) и известковистой глины из шурфа № 61. Исходные химические анализы сырьевых компонентов, принятые для расчета шихты, представлены в таблице 85.

Таблица 85

№№ воло-вых проб	Наименование компонентов	Содержание							Сумма
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.л. выше 105° С	
45	Известняк оолитовый P ₂ kz ₁ ⁶ верх. Бакировского участка № 5 . .	5,18	1,13	0,49	51,23	0,80	0,89	40,28	100,00
61	Глина известковистая P ₂ kz ₁ ¹ Бакировского участка № 5 (VII) . .	50,81	13,07	6,52	9,42	3,95	5,29	10,94	100,00

Задаваясь KH = 0,87, находим, что в состав сырьевой смеси необходимо взять 78,94% оолитового известняка из шурфа № 46 и 21,06% глины из шурфа № 61.

Данные для проверки правильности расчета приведены в таблице № 86.

Таблица 86

Наименование компонентов	Содержание в %							Сумма
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.л. выше 105° С	
78,94% известняка P ₂ kz ₁ ⁶ верх. с Бакировского участка № 5 (VII) . .	4,09	0,89	0,39	40,44	0,63	0,70	31,80	78,94
21,06% глины P ₂ kz ₁ ¹ с Бакировского участка № 5 (VII). .	10,71	2,75	1,37	1,99	0,83	1,11	2,30	21,06
100 частей шихты	14,80	3,64	1,76	42,43	1,46	1,81	34,10	100,00
После пересчета на 100 частей клинкера	22,45	5,52	2,67	64,39	2,22	2,75	—	100,00

Определив по данным таблицы 86 коэффициент насыщения ($KH = 0,865$) и сопоставив его с заданным, убеждаемся в методической правильности расчета.

Для улучшения хода высокотемпературных реакций в состав шихты было введено 1,5% кремнефтористого калия.

Данные по температурному режиму обжига клинкера „Б-2 (46 + 61)“ приведены в таблице 87.

Таблица 87

Индекс клинкера	Продолжительность обжига в часах (h) и минутах (')						Максимальная t° (в град. С)
	всего	до 1200° С	от 1200 до 1300° С	от 1300 до 1400° С	выше 1400° С		
Б-2 (46 + 61)	4h50'	1h20'	1h00'	1h00'	1h30'		1420

Сопоставление заданного (расчетного) и действительного химического состава и модулей клинкера произведено в таблице 88.

Таблица 88

Индекс клинкера	Содержание в %								Модули			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С	Сумма	CaO свобод. в %	KH	п	
Б-2 (46 + 61) ¹	22,45	5,52	2,67	64,39	2,22	2,75	—	100,00	—	0,865	2,74	2,07
Б-2 (46 + 61) ²	23,39	5,97	2,72	65,61	0,55	0,86	1,07	100,00	0,81	0,825	2,69	2,19

Из данных, приведенных в таблице 88, можно видеть, что шихтовка была произведена в основном правильно.

Макроскопически клинкер „Б-2 (46 + 61)“ представляет собой зеленовато-серое пористое вещество. Под микроскопом он характеризуется неотчетливой кристаллизацией, мелко- и среднезернистой структурой и беспорядочной текстурой. Ведущими минеральными компонентами являются алит, белит и промежуточная масса.

Алит представлен светло-серыми и бесцветными продолговатыми зернами размером 0,02–0,04 мм, которые иногда образуют группы размером до 0,10 мм с одновременным погасанием при скрещенных николях. Распределен алит в массе клинкера довольно равномерно.

Белит встречается в виде изометрических зерен размером до 0,04–0,05 мм, которые нередко группируются вокруг пор. Для зерен характерно отсутствие четких граней.

Промежуточная масса представлена коричневато-бурыми алюмоферритами кальция, занимающими промежутки между другими минералами. Размер отдельных индивидуумов браунмиллерита достигает 0,05–0,06, а иногда и 0,08 мм.

Микрохимической реакцией в клинкере обнаружено значительное содержание свободной извести (9–10 гнезд фенолятов кальция в поле зрения микроскопа).

¹ Расчетный (заданный) состав и модули клинкера.

² Действительный состав и модули.

Сопоставление заданного (расчетного) и действительного минералогического состава характеризуемого клинкера произведено в таблице 89.

Таблица 89

Наименование минералов	Заданный минералогический состав в %	Действительный минералогический состав в %	
		по расчету	по подсчету
Алит	59,72	42,22	41,1
Белит	19,31	35,20	33,1
Браунмиллерит	8,12	8,27	25,8
Трехкальциевый алюминат	10,10	11,21	
Периклаз	2,22	0,55	
Сумма	99,47	97,45	100,0

На основании результатов изучения минералогических особенностей клинкера следует отметить два положения о ходе технологического процесса.

1. Отсутствие четкой кристаллизации клинкерных минералов, наличие заметных количеств свободной извести при пониженном содержании (относительно расчета) в клинкере алита и повышенном — белита свидетельствует о недожоге.

2. Беспорядочная текстура, выражаящаяся в более или менее равномерном распределении клинкерных минералов, указывает на достаточную степень гомогенизации сырьевой смеси.

Опыт III. В третьем опыте сырьевая смесь была составлена из оолитового известняка, отобранного в шурфе № 46 на Бакировском участке № 5 (VII) вместе с доломитизированным прослоем, из известковистой глины, отобранной в шурфе № 8 на Ново-Иштеряковском участке № XI, и пиритных огарков с одного из казанских заводов. Исходный химический состав сырьевых компонентов, принятый для расчета шихты, представлен в таблице 90.

Таблица 90

№№ валовых проб	Наименование компонентов	Содержание в %								
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С	Сумма	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
46	Известняк оолитовый P ₂ кz ₁ ⁶ верх. с Бакировского участка № 5 (VII)	5,84	1,19	0,33	48,31	3,13	0,73	40,47	100,00	
8	Глина известковистая P ₂ кz ₇ ⁷ +P ₂ кz ₂ A с Ново-Иштеряковского участка № XI	48,51	13,13	5,01	13,08	3,13	4,13	12,98	100,00	
16	Пиритные огарки	12,61	1,81	73,46	1,15	0,42	0,42	5,31	100,00	

Задаваясь KH = 0,9 и p = 1,6, получаем, что в состав сырьевой смеси необходимо взять 80,15% известняка из шурфа № 46, 18,57% глины из шурфа № 8 и 1,28% пиритных огарков.

Данные для проверки правильности расчета и определения химического состава шихты и клинкера приведены в таблице 91.

Таблица 91

Наименование компонентов	Содержание в %							Сумма
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С	
80,15% известияка Р ₂ кz ₁ ⁶ верх. с Бакировского участка № 5 (VII)	4,68	0,95	0,26	38,72	2,51	0,59	32,44	80,15
18,57% глины Р ₂ кz ₁ ⁷ + Р ₂ кz ₂ A с Ново-Иштеряковского участка XI	9,01	2,44	0,93	2,43	0,58	0,77	2,41	18,57
1,28% пиритных огарков	0,16	0,02	0,94	0,02	—	0,07	0,07	1,28
100 частей шихты	13,85	3,41	2,13	41,17	3,09	1,43	34,92	100,00
В пересчете на 100 частей клинкера	21,28	5,24	3,28	63,28	4,74	2,20	—	100,00

Определив по данным таблицы 91 модули шихты, получаем КН = 0,897 (0,9), п = 2,83 и р = 1,597 (1,6). Сопоставив расчетные значения модулей с заданными, можно легко убедиться в правильности расчета.

Данные по температурному режиму обжига клинкера "Б-3 (46' + 8 + 16)" сведены в таблицу 92.

Таблица 92

Индекс клинкера	Продолжительность обжига в часах (h) и минутах (m)					Максимальная θ ^o (в град.С.)
	всего	до 1200° С	от 1200 до 1300° С	от 1300 до 1400° С	выше 1400° С	
Б-3 (46' + 8 + 16)	5 ^h 10'	2 ^h 10'	0 ^h 30'	0 ^h 45'	1 ^h 45'	1440

Сопоставление заданного (расчетного) и действительного химического состава и модулей характеризуемого клинкера произведено в таблице 93.

Таблица 93

Индекс клинкера	Содержание в %							Со ₂ свобод. в %	Модули		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С		КН	п	р
Б-3 (46' + 8 + 16) ¹	21,28	5,24	3,28	63,28	4,74	2,20	—	100,00	—	0,90	2,83
Б-3 (46' + 8 + 16) ²	22,62	5,42	3,73	64,55	2,86	0,56	0,26	100,00	0,09	0,86	2,47

Из данных, приведенных в таблице 93, можно видеть, что расчетные и действительные модули клинкера "Б-3 (46' + 8 + 16)" близки друг к другу. Это означает, что составление шихты было произведено правильно.

По внешнему виду клинкер "Б-3" имеет много общего с ранее описанными клинкерами, для получения которых в состав сырьевой

¹ Расчетный (заданный) состав и модули клинкера.
² Действительный состав и модули.

смеси вводились ширитовые огарки. Под микроскопом он характеризуется ясной окристаллизованностью клинкерных минералов, крупно- и среднезернистой структурой и неравномернозернистой текстурой. Ведущими компонентами клинкера являются алит, белит и браунмиллерит.

Алит представлен обычно продолговатыми и таблитчатыми зернами размером от 0,02–0,03 до 0,08–0,09 мм. В некоторых из них наблюдается тонкая штриховатость и неясная спайность по граням призмы. В клинкере алит распределен довольно равномерно.

Белит встречается в двух формах: а) в виде изометрических зерен размером 0,03–0,04 мм и б) в виде мелких (менее 0,01 мм) округлых включений в кристаллах алита. Белит первой формы нередко образует кольцевые группы зерен вокруг пор.

Браунмиллерит представлен коричневыми и темнокоричневыми выделениями, имеющими лапчатую, "амебовидную" форму и отчетливый плеохроизм в тех же тонах. Размер отдельных индивидуумов браунмиллерита колеблется от 0,04–0,05 до 0,09–0,14 мм. В клинкере он образует своеобразную сеть, к узлам которой присоединены выделения других минералов.

Сопоставление расчетного (заданного) и действительного минералогического состава клинкера "Б-3 (46' + 8 + 16)" произведено в таблице 94.

Таблица 94

Наименование минералов	Заданный минералогический состав в %	Действительный минералогический состав в %	
		по расчету	по подсчету
Алит	56,60	50,63	56,3
Белит	18,30	26,65	20,3
Браунмиллерит	9,97	11,34	23,4
Трехкальциевый алюминат	8,32	8,04	—
Периклаз	4,74	2,86	—
Сумма	97,93	99,52	100,0

Анализируя данные, приведенные в таблице 94, можно видеть, что действительный минералогический состав, полученный расчетным путем и количественным минералогическим анализом, несколько отличен суммой минералов-силикатов. Это связано, по-видимому, с некоторой неточностью химического анализа клинкера и с тем обстоятельством, что белит встречается также в виде очень мелких включений в зернах алита.

В результате петрографического изучения клинкера "Б-3 (46' + 8 + 16)" следует сделать ряд выводов о ходе технологического процесса.

1. Крупно- и среднезернистая структура клинкера при ничтожном содержании в нем свободной извести свидетельствует о достаточно полном завершении высокотемпературных реакций.

2. Близость расчетного (заданного) и действительного минералогического состава указывает на правильность дозировки сырьевых компонентов.

3. Беспорядочная текстура клинкера при равномерном распределении слагающих его минералов является доказательством, что при составлении шихты сырьевые компоненты были перемешаны достаточно тщательно.

Опыт IV. Для получения четвертого цемента были использованы известняк с Бакировского участка № 5 (VII) из шурфа № 46 (без

Таблица 98

доломитизированного прослой) и глина с Ново-Иштеряковского участка № XI из шурфа № 8. Исходные химические анализы сырьевых компонентов, принятые для расчета состава шихты (индекс „Б-4 (46 + 8)“), приведены в таблице 95.

Таблица 95

№ номера вало- вых проб	Наименование компонентов	Содержание в %							Сумма
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105° С	
46	Известняк P ₂ kz ₁ ⁶ верх. с Бакировского участка № 5 (VII) . . .	5,89	1,07	0,65	51,02	0,72	0,47	40,18	100,0
8	Глина P ₂ kz ₁ ⁷ + P ₂ kz ₂ A с Ново-Иштеряковского участка № XI .	48,53	14,22	5,48	12,45	3,30	3,10	12,92	100,0

Задаваясь КН = 0,9, получаем, что в шихту необходимо взять 79,82% оолитового известняка из шурфа № 46 и 20,18% известковистой глины из шурфа № 8.

Данные для проверки правильности расчета и определения химического состава сырьевой смеси и клинкера приведены в таблице 96.

Таблица 96

Наименование компонентов	Содержание в %							Сумма
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105° С	
79,82% известняка P ₂ kz ₁ ⁶ верх. с Бакировского участка № 5 (VII) . . .	4,70	0,85	0,52	40,72	0,58	0,38	32,07	79,82
20,18% глины P ₂ kz ₁ ⁷ + P ₂ kz ₂ A с Ново-Иштеряковского участка № XI . . .	9,79	2,87	1,11	2,51	0,66	0,63	2,61	20,18
100 частей шихты . . .	14,49	3,72	1,63	42,23	1,24	1,01	34,68	100,00
В пересчете на 100 частей клинкера	22,18	5,70	2,50	66,18	1,90	1,54	—	100,00

Определив по данным таблицы 96 коэффициент насыщения, получаем, что он равен заданному. Это свидетельствует о том, что расчет произведен верно.

Данные по температурному режиму обжига клинкера „Б-4 (46+8)“ приведены в таблицу 97.

Таблица 97

Индекс клинкера	Продолжительность обжига в часах (h) и минутах (m)					Максимальная t° (в град. С.)
	всего	до 1200° С	от 1200 до 1300° С	от 1300 до 1400° С	выше 1400° С	
Б-4 (46 + 8)	5 ^h 00'	2 ^h 00'	0 ^h 30'	0 ^h 30'	2 ^h 00'	1400

Сопоставление заданного (ожидаемого по составу сырьевой смеси) и действительного химического состава и модулей клинкера дано в таблице 98.

Индекс клинкера	Содержание в %						Сумма	СаO своб. в %	Модули			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	про- чее			КН	п	р	
Б-4 (46 + 8) ¹	22,18	5,70	2,50	66,18	1,90	1,54	—	100,00	—	0,90	2,70	2,28
Б-4 (46 + 8) ²	22,59	5,94	2,30	67,06	0,57	0,23	1,31	100,00	0,36	0,89	2,74	2,58

Как показывают результаты сопоставления, расчетный и действительный состав и модули клинкера довольно близки друг к другу. Это означает, что дозировка сырьевых компонентов произведена правильно.

Макроскопически клинкер „Б-4 (46 + 8)“ ничем не отличается от ранее охарактеризованного клинкера „Б-2 (46 + 61)“. Под микроскопом для него отмечается среднезернистая структура и беспорядочная текстура. Главными минеральными компонентами клинкера являются алит, белит и промежуточное вещество.

Алит представлен таблитчато-призматическими зернами размером 0,025–0,05 мм. Для некоторых из них характерна неясная спайность по граням призмы. Распределен алит в массе клинкера довольно равномерно.

Белит встречается в виде изометрических зерен размером от 0,03–0,04 до 0,08–0,09 мм. Он нередко образует кольцевые группы зерен вокруг пор и беспорядочные скопления размером до 0,3–0,4 мм.

Промежуточное вещество представлено алюмоферритами и алюминатами кальция. Оно имеет менее интенсивную, чем в ранее описанных клинкерах, коричневатую окраску и встречается в виде амебовидных скоплений среди других минералов. Размер этих выделений колеблется от 0,03 до 0,04–0,05 мм.

Фенолятным методом в клинкере обнаружено до 3–4 гнезд свободной извести в поле зрения микроскопа.

Сопоставление заданного (расчетного) и действительного минералогического состава клинкера „Б-4“ произведено в таблице 99.

Таблица 99

Наименование минералов	Заданный минералоги- ческий состав в % по расчету	Действительный минерало- гический состав в % по подсчету	
		Сумма	Сумма
Алит	59,00	57,51	59,8
Белит	19,05	21,37	21,5
Браунмиллерит	7,60	6,99	{ 18,7
Трехкальциевый алюминат	10,87	11,84	—
Периклаз	1,90	0,57	—
	98,42	98,28	100,0

¹ Заданный (расчетный) состав и модули клинкера.

² Действительный состав и модули.

Таблица 101

№№ валовых проб	Наименование компонентов	Содержание в %								Сумма
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	прочее	
46	Известняк Р ₂ кz ₁ ⁰ верх. с Бакировского участка № 5 (VII)	5,95	1,08	0,97	50,60	1,21	0,31	—	—	40,00 100,12
61	Глина Р ₂ кz ₁ ¹ с Баки- ровского участка № 5 (VII)	48,50	13,50	7,10	9,61	4,63	1,03	3,04	0,86	11,73 100,00
8	Глина Р ₂ кz ₁ ⁷ +Р ₂ кz ₂ A с Ново-Иштеряков- ского участка № XI	44,25	14,01	5,24	14,82	3,83	0,26	2,95	0,08	14,56 100,00
166	Пиритные огарки . .	19,72	5,90	56,70	4,10	0,85	4,94	—	0,29	7,50 100,00

из шурфа № 61 и 1,25% пиритных огарков. Данные для проверки правильности расчета приведены в таблице 102.

Таблица 102

Наименование компонентов	Содержание в %								Сумма
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С		
79,97% известняка Р ₂ кz ₁ ⁰ верх. с Бакировского участка № 5 (VII) . . .	4,75	0,86	0,77	40,42	0,97	0,25	31,95	—	79,97
18,78% глины Р ₂ кz ₁ ¹ с Баки- ровского участка № 5 (VII)	9,11	2,54	1,33	1,80	0,87	0,93	2,20	—	18,78
1,25% пиритных огарков	0,25	0,07	0,72	0,05	—	0,06	0,09	—	1,25
100 частей шихты	14,11	3,47	2,82	42,28	1,84	1,24	34,24	—	100,00
В пересчете на 100 частей клинкера	21,46	5,28	4,29	64,29	2,80	1,88	—	—	100,00

Сопоставление заданного (расчетного) и действительного химического состава и модулей шихты (индекс „I(46+61+166)“) произведено в таблице 103.

Таблица 103

Индекс шихты	Содержание в %								Модули		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С	Сумма	KН	п	р
I(46+61+166) ¹	14,11	3,47	2,82	42,28	1,84	1,24	34,24	100,00	0,90	2,24	1,23
I(46+16+166) ²	14,10	3,28	2,52	42,73	2,12	0,63	34,62	100,00	0,92	2,43	1,30

¹ Заданный (расчетный) состав и модули шихты.

² Действительный состав и модули.

На основании данных изучения структурно-текстурных и минералогических особенностей клинкера „Б-4(46+8)“ следует отметить ряд положений о ходе технологического процесса.

1. Среднезернистая структура клинкера при малом содержании в нем свободной извести указывает на довольно полное завершение хода высокотемпературных реакций.

2. Соответствие заданного (расчетного) и действительного минералогического состава клинкера свидетельствует о правильности дозировки сырьевых компонентов.

3. Равномерное распределение клинкерных минералов является следствием хорошей гомогенизации сырьевой смеси.

Для проведения физико-механических испытаний охарактеризованные клинкеры были размолоты в лабораторной шаровой мельнице. К полученным цементам было добавлено 3–4,5% двуводного гипса. После того, как цементы показали равномерность изменения объема при кипячении и пропаривании приготовленных из них лепешек, они были испытаны по всей программе, предусмотренной ГОСТ 970-41 (табл. 100).

Таблица 100

Индексы цементов	Тонкость помола (остаток на сите № 90) в %	Добавка гипса в %	Нормальная густота теста в %	Сроки схватывания в часах (h) и минутах ('')		Механическая прочность при растяжении в кг/см ²		Механическая прочность при сжатии в кг/см ²		Сумма
				начало	конец	R ₇	R ₂₈	R ₇	R ₂₈	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Б-1	1,5	3,0	25,5	1 ^h 10'	5 ^h 15'	28,95	30,05	410,0	514,0	
Б-2	5,0	4,5	26,5	0 ^h 50'	2 ^h 40'	15,5	21,5	202,8	305,7	
Б-3	3,4	3,0	24,0	3 ^h 35'	6 ^h 25'	29,25	31,17	420,0	433,0	
Б-4	5,2	4,0	29,5	1 ^h 05'	3 ^h 25'	21,1	24,1	281,9	408,0	

По результатам физико-механических испытаний цемент „Б-2 (44+61)“ относится к марке „300“, цементы „Б-3 (46'+8+16)“ и „Б-4 (46+8)“ — к марке „400“ и цемент „Б-1 (46'+61+16)“ — к марке „500“.

Полузаводские технологические испытания проводились на Польском опытном заводе „НИИЦемента“ на основе тех же основных вариантов использования сырья, которые описаны выше. Особенностью полузаводских опытов является применение известняков из шурфа № 46 без доломитизированного прослоя и в качестве третьего компонента — пиритных огарков.

Исходные химические анализы сырьевых компонентов, принятые для расчета состава шихт во всех четырех опытах, проведенных заводом, представлены в таблице 101.

Опыт I. Первая сырьевая смесь была составлена из известняков и глин Бакировского участка № 5 (VII) (шурфы №№ 46 и 61) и пиритных огарков. Расчет состава этой смеси был произведен на заданные KН = 0,90 и р = 1,23. Согласно расчета, в шихту было взято 79,97% доломитового известняка из шурфа № 46, 18,78% известковистой глины

Из данных, приведенных в таблице 103, можно заключить, что как расчет, так и составление шихты были произведены правильно. При обжиге шлам имел титр в 76,25% при влажности в 35,04%, весе литра в 1699 г и растекаемости в 51,6 мм. Сырье было тонко размолото: средний остаток на сите № 021 был равен 0,31 и на сите № 0085 — 3,5%. Обжиг продолжался в течение 4 часов. Температура факела колебалась от 1580 до 1600° С, материала — от 1300 до 1420° С и отходящих газов — от 400 до 540° С при напоре вентилятора в 239/260 мм водяного столба. Средний вес литра клинкера составлял 993 г. Несмотря на это, в нем наблюдалось более 4 гнезд фенолятов кальция.

Сопоставление заданного (ожидаемого по составу сырьевой смеси) и действительного химического состава и модулей клинкера „I (46 + 61 + 166)“ произведено в таблице 104.

Индекс клинкера,	Содержание в %							Модули				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С	Сумма	CaO свобод. в %	KН	п	р
I (46 + 61 + 166) ¹	21,57	5,02	3,85	65,36	3,24	0,96	—	100,00	—	0,92	2,43	1,30
I (46 + 61 + 166) ²	22,30	5,16	3,99	64,35	3,22	0,46	0,54	100,00	1,00	0,86	2,43	1,29

Из данных, приведенных в таблице 104, можно видеть, что, несмотря на избирательный вынос извести при обжиге, силикатный и глиноземистый модули клинкера не изменились.

По данным О. М. Астreeвой, клинкер „I (46 + 61 + 166)“ характеризуется равномернозернистой структурой, пористой текстурой и отсутствием четкой окристаллизованности слагающих его минералов.

Алит представлен светло-серыми таблитчатыми зернами размером 0,015—0,03 мм.

Белит встречается в виде изометричных зерен размером от 0,01 до 0,03 мм. В клинкере он распределен неравномерно, часто образуя кольцеобразные скопления вокруг пор и реже отдельные участки неправильной формы.

Промежуточная масса представлена тонкозернистым бурым веществом и алюмоферритами кальция.

Микрохимической реакцией в клинкере было обнаружено значительное количество свободной извести.

Сопоставление заданного (ожидаемого по составу шихты) и действительного минералогического состава характеризуемого клинкера произведено в таблице 105.

Наименование минералов	Заданный минералогический состав в %	Действительный минералогический состав в %		Модули
		по расчету	по подсчету	
Алит	62,29	47,43	45,0	
Белит	14,84	27,54	30,0	
Браунитлерит	11,70	12,13		
Трехкальциевый алюминат	6,77	6,81	25,0	
Периклаз	3,24	3,22	—	
Сумма	98,84	97,13	100,0	

¹ Заданный (ожидаемый) состав и модули клинкера.
² Действительный состав и модули.

Из данных, приведенных в таблице 105, можно видеть, что в результате избирательного уноса извести при обжиге в клинкере снизилось содержание алита и увеличилось — белита и промежуточной массы. Анализ минерало-петрографических особенностей клинкера позволяет, кроме того, сделать также вывод о том, что при обжиге температурный режим был недостаточно интенсивным. На это указывает, в частности, повышенное количество свободной извести и пониженное содержание алита в клинкере, полученное подсчетом (45,0%), относительно расчетных данных (47,43%).

Опыт II. Во втором опыте смесь составлялась из известняков Бакировского участка № 5 (VII) (шурф № 46), глин Ново-Иштеряковского участка № XI (шурф № 8) и пиритных огарков. Исходные химические анализы сырьевых компонентов, принятые для расчета состава второй сырьевой смеси, приведены в таблице 101. Расчет производился на заданный КН = 0,91 и р = 1,50. В соответствии с ним в шихту было взято 78,20% известняка из шурфа № 46, 20,58% глины из шурфа № 8 и 1,22% пиритных огарков.

Данные для проверки правильности расчета и определения химического состава шихты и клинкера (индекс „II (46 + 8 + 166)“) представлены в таблице 106.

Наименование компонентов	Содержание в %							Сумма
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С	
78,20% известняка P ₂ kz ₆ верх. с Бакировского участка № 5 (VII)	4,65	0,84	0,76	39,52	0,95	0,24	31,24	78,20
20,58% глины P ₂ kz ₁ ⁷ + P ₂ kz ₂ A с Ново-Иштеряковского участка № IX	9,11	2,88	1,08	3,05	0,78	0,68	3,00	20,58
1,22% пиритных огарков	0,24	0,07	0,69	0,05	0,01	0,07	0,09	1,22
100 частей шихты	14,00	3,79	2,53	42,62	0,74	0,99	34,33	100,00
После пересчета на 100 частей клинкера	21,32	5,77	3,85	64,90	2,65	1,51	—	100,00

Сопоставление расчетного и действительного химического состава и модулей шихты произведено в таблице 107.

Индекс шихты	Содержание в %							Модули
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п. выше 105° С	
II (46 + 8 + 166) ¹	14,00	3,79	2,53	42,62	1,74	0,99	34,33	100,00 0,905 2,22 1,50
II (46 + 8 + 166) ²	13,15	3,72	2,13	43,53	1,81	0,54	35,12	100,00 0,99 2,24 1,74

Из данных, приведенных в таблице 107, можно видеть, что расчет произведен верно, но при составлении сырьевой смеси было взято избыточное количество известкового компонента.

При обжиге использовался шлам с титром в 77,75%, имеющий влажность в 36,77% и растекаемость в 62 мм при весе 1 литра

¹ Заданный (расчетный) состав и модули шихты.
² Действительный состав и модули.

в 1677 г. Тонкость помола сырья характеризуется остатками: на сите № 0021 в 0,12 и на сите № 0085 — в 2,69%. Обжиг проводился в течение 4 часов 40 минут. Температура факела колебалась от 1620 до 1700° С, материала — от 1460 до 1620° С и отходящих газов — от 440 до 500° С. Напор вентилятора составлял 239/260 мм водяного столба. При обжиге получался клинкер с весом литра от 1227 до 1317 г. В нем микрохимической реакцией было обнаружено на различных стадиях обжига от 6—8 до 13—15 гнезд фенолятов кальция. Сопоставление заданного (ожидаемого по составу шихты) и действительного химического состава и модулей клинкера „II (46 + 8 + 16 б)“ произведено в таблице 108.

Таблица 108

Индекс клинкера	Содержание в %							Сумма	CaO свобод. в %	Модули		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105° С			KН	п	р
II (46 + 8 + 16 б) ¹	20,27	5,73	3,28	67,09	2,79	0,83		100,00		0,99	2,24	1,74
II (46 + 8 + 16 б) ²	21,65	5,64	3,46	65,70	2,62		1,07	100,14	1,03	0,90	2,37	1,63

Из данных, приведенных в таблице 108, видно, что при обжиге имел место значительный унос извести. Это привело к заметному уменьшению величины коэффициента насыщения.

По данным О. М. Астreeвой, для характеризуемого клинкера отмечается неравномернозернистая структура и отсутствие четкой окристаллизованности его минералов.

Алит представлен бесцветными зернами таблитчатой формы размером от 0,01 до 0,045—0,06 мм.

Белит встречается в виде изометрических желтоватых зерен, обособляющихся в большие кольцеобразные группы вокруг пор.

Промежуточная масса слагается алюмоферритами и тонкозернистым бурым веществом. В его составе петрографами завода отмечается наличие 7—8% трехкальциевого алюмината.

Сопоставление заданного (ожидаемого по составу шихты) и действительного минералогического состава клинкера „II (46 + 8 + 16 б)“ произведено в таблице 109.

Таблица 109

Наименование минералов	Заданный минералогический состав в %	Действительный минералогический состав в %		по расчету	по подсчету
		по расчету	по подсчету		
Алит	74,72	56,79	65—70		
Белит	1,74	18,36	5—10		
Браунмиллерит	10,52	10,52	17—18		
Трехкальциевый алюминат	9,08	9,09	7—8		
Периклаз	2,79	2,62			
Сумма	98,85	97,38	100		

¹ Заданный (расчетный) состав и модули клинкера.

² Действительный состав и модули.

В результате рассмотрения структурно-текстурных и минералогических особенностей охарактеризованного клинкера следует отметить ряд положений о технологическом процессе его получения.

1. Несоответствие заданного (расчетного) и действительного минералогического состава клинкера вызвано избирательным выносом извести в процессе обжига.

2. Неясная окристаллизованность клинкерных минералов и наличие заметных количеств свободной извести указывает на недостаточно интенсивный температурный режим обжига сырьевой смеси.

3. Более или менее равномерное распределение минералов в массе клинкера свидетельствует о достаточной гомогенизации шлама.

Опыт III. В третьем опыте сырьевая смесь была составлена из тех же компонентов и в тех же соотношениях, что и ранее охарактеризованная смесь „I (46 + 61 + 166)“. Необходимость повторения обжига была вызвана тем, что в первом опыте из-за недожога был получен клинкер с недостаточно высоким объемным весом (весом 1 литра).

Сопоставление заданного (расчетного) и действительного химического состава и модулей шихты „III (46 + 61 + 166)“ произведено в таблице 110.

Таблица 110

Индекс шихты	Содержание в %							Сумма	Модули		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105° С		KН	п	р
III (46 + 61 + 166) ¹	14,11	3,47	2,82	42,28	1,84	1,24	34,24	100,00	0,90	2,24	1,23
III (46 + 61 + 166) ²	13,70	3,67	2,43	42,87	1,91	0,55	34,82	100,00	0,94	2,23	1,48

Из данных, приведенных в таблице 110, можно видеть, что при составлении сырьевой смеси был взят известняк с более высоким титром, чем в первом опыте. Вследствие этого действительный коэффициент насыщения шихты получился гораздо выше расчетного.

При обжиге использовался шлам с титром в 76,38%, имеющий влажность в 34,93% и растекаемость в 54 мм при среднем весе одного литра в 1670 г. Сыре было довольно тонко размолото: остаток на сите № 021 составлял всего 0,12, а на сите № 0085 — 4,93%. Обжиг продолжался в течение 4 часов 50 минут при температуре факела от 1610 до 1640° С, материала — от 1490 до 1520° С и отходящих газов — от 440 до 570° С. Средний напор вентилятора был равен 235/255 мм водяного столба. Вес литра клинкера колебался от 1047 до 1203 г. Наличия свободной извести микрохимической реакцией отмечено не было.

Следует отметить, что при обжиге материал сильно намазывал футеровку в холодной части печи, а в зоне спекания наблюдалось образование „кольца“.

Сопоставление заданного (ожидаемого по составу шихты) и действительного химического состава и модулей клинкера „III (46 + 61 + 166)“ произведено в таблице 111.

¹ Заданный (расчетный) состав и модули шихты.

² Действительный состав и модули.

Таблица 111

Индекс клинкера	Содержание в %							Модули				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105° С	Сумма	СаO свобод. в %	КН	п	р
III (46 + 61 + 166) ¹	21,02	5,63	3,81	65,77	2,93	0,84		100,00		0,94	2,23	1,48
III (46 + 61 + 166) ²	22,55	5,55	3,90	63,95	2,82	0,23	1,00	100,00	0,25	0,85	2,38	1,42

Из данных, приведенных в таблице 111, видно, что при обжиге имел место значительный унос извести. Это привело к существенному снижению величины коэффициента насыщения и, как следствие, к повышению значения силикатного модуля.

По данным О. М. Астreeвой, клинкер "III (46 + 61 + 166)" характеризуется отчетливой окристаллизованностью минералов, крупнозернистой структурой и беспорядочной текстурой.

Алит представлен светло-серыми зернами вытянутой формы. Размер их составляет в среднем 0,03—0,10 мм. Реже встречаются зерна, достигающие в поперечнике 0,18 мм.

Белит наблюдается в виде округлых зерен, имеющих желтоватую окраску и размер от 0,01 до 0,03 мм. Эти зерна обычно располагаются в виде кольцеобразных групп вокруг пор. Кроме того, белит встречается в виде мелких округлых включений в крупных кристаллах альта.

Промежуточная масса слагается тонкозернистым бурым веществом, в составе которого петрографами завода обнаружено около 9% трехкальциевого алюмината.

Фенолятным методом в иммерсионном препарате клинкера обнаружено 2 гнезда свободной извести.

Сопоставление заданного (ожидаемого) и действительного минералогического состава характеризуемого клинкера произведено в таблице 112.

Таблица 112

Наименование минералов	Заданный минералогический состав в %	Действительный минералогический состав в %		по расчету	по подсчету
		по расчету	по подсчету		
Алит	65,50	46,61	50,0		
Белит	10,85	28,77	25,0		
Браумиллерит	11,58	11,85	16,0		
Трехкальциевый алюминат	8,46	8,11	9,0		
Периклаз	2,93	2,82	—		
Сумма	99,32	98,16	100,0		

Из данных, приведенных в таблице 112, можно видеть, что вынос извести в процессе обжига привел к значительному сокращению процентного содержания альта и увеличению — белита, но не отразился на составе минералов-плавней.

В результате изучения структурно-текстурных и минералогических особенностей клинкера "III (46 + 61 + 166)" следует отметить, кроме того, еще два положения о ходе технологического процесса.

¹ Заданный (ожидаемый) состав и модули клинкера.
² Действительный состав и модули.

1. Беспорядочная текстура клинкера указывает на тщательность смешения сырьевых компонентов.

2. Крупнозернистая структура клинкера и малое содержание в нем свободной извести свидетельствуют о нормальном (достаточно интенсивном) температурном режиме обжига сырьевой смеси.

Опыт IV. В четвертом опыте для получения цемента использовалась сырьевая смесь, по характеру компонентов аналогичная шихте "II (46 + 8 + 166)". Обжиг был повторен в связи с тем, что во втором опыте клинкер содержал свободную известь в количестве 1,0%.

Исходные химические анализы сырьевых компонентов, принятые для расчета четвертой сырьевой смеси (индекс "IV (46 + 8 + 166)"), приведены в таблице 101. Расчет производился на заданные КН = = 0,904 и р = 1,16. Согласно ему, в состав шихты было взято 77,78% известняка из шурфа № 46 на Бакировском участке № 5 (VII), 19,69% глины из шурфа № 8 на Ново-Иштеряковском участке № XI и 2,53% пиритных огарков. Данные для проверки правильности расчета и определения химического состава шихты и клинкера "IV (46 + 8 + 166)" представлены в таблице 113.

Таблица 113

Наименование компонентов	Содержание в %							Сумма
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105° С	
77,78% известняка P ₂ Kz ₁ ⁶ верх. с Бакировского участка № 5 (VII)	4,62	0,84	0,75	39,32	0,94	0,24	31,07	77,78
19,69% глины P ₂ Kz ₁ ⁷ + P ₂ Kz ₂ A с Ново-Иштеряковского участка № XI	8,71	2,76	1,03	2,92	0,75	0,65	2,87	19,69
2,53% пиритных огарков	0,50	0,15	1,44	0,10	0,02	0,13	0,19	2,53
100 частей шихты	13,83	3,75	3,22	42,34	1,71	1,02	34,13	100,00
После пересчета на 100 частей клинкера	21,00	5,69	4,89	64,28	2,50	1,55	—	100,00

Сопоставление расчетного и действительного химического состава и модулей шихты произведено в таблице 114.

Таблица 114

Индекс шихты	Содержание в %							Модули
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105° С	
IV (46 + 8 + 166) ¹	13,83	3,75	3,22	42,34	1,71	1,02	34,13	100,00 0,904 1,98 1,16
IV (46 + 8 + 166) ²	13,50	3,84	2,66	43,00	1,81	0,66	34,53	100,00 0,94 2,08 1,44

Из данных, приведенных в таблице 114, можно заключить, что при составлении сырьевой смеси было взято избыточное количество известкового компонента и, по-видимому, недостаточное — пиритных огарков.

При обжиге использовался шлам с титром в 76,62%, средней влажностью в 40,6% и растекаемостью в 55 мм. Сыре было довольно тонко размолото: остаток на сите № 021 составлял всего

¹ Заданный (расчетный) состав и модули шихты.

² Действительный состав и модули.

0,06% и на сите № 0085 — 0,2%. В течение обжига средняя температура факела была равна 1622°C и материала — 1545°C. Средний вес литра клинкера был несколько выше, чем во II опыте — 1162 г. Свободной извести микрохимической реакцией в нем не обнаруживалось. Л. А. Астанский отмечает, что "при обжиге наблюдалась обмазка футеровки в холодной части печи".

Сопоставление заданного (расчетного) и действительного химического состава и модулей клинкера „IV(46+8+166)" произведено в таблице 115.

Таблица 115

Индекс клинкера	Содержание в %							Сумма	CaO свобод. в %	Модули		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	прочее	п.п.п. выше 105° С			KH	п	р
IV (46+8+166) ¹	20,62	5,87	4,06	65,68	2,76	1,01	—	100,00	—	0,94	2,08	1,44
IV (46+8+166) ²	23,10	5,88	4,17	63,00	2,72	0,51	0,52	100,00	0,00	0,82	2,24	1,41

Из данных таблицы 115 можно заключить, что при обжиге, как и в ранее описанных опытах, имел место значительный унос извести, который привел к существенному уменьшению величины коэффициента насыщения клинкера.

По данным О. М. Астreeвой, клинкер „IV(46+8+166)" имеет неотчетливую кристаллизацию, неравномерно- и среднезернистую структуру и беспорядочную текстуру.

Алит представлен светло-серыми и бесцветными зернами размером от 0,005 до 0,045 мм.

Белит встречается в виде округленно-изометричных зерен, группирующихся на отдельных участках вокруг и вблизи пор. Размер зерен белита варьирует в тех же пределах — от 0,01 до 0,045 мм.

Промежуточная масса сложена тонкозернистым бурым веществом, в составе которого петрографами Подольского завода обнаружено около 9% трехкальциевого алюмината.

Как уже отмечалось выше, свободной извести в клинкере микрохимической реакцией не обнаружено.

Сопоставление заданного (ожидаемого по составу сырьевой смеси) и действительного минералогического состава клинкера произведено в таблице 116.

Таблица 116

Наименование минералов	Заданный минералогический состав в %	Действительный минералогический состав в %	
		по расчету	по подсчету
Алит	64,25	39,42	45,0
Белит	10,64	34,90	30,0
Брауемиллерит	12,34	12,67	{ 25,0
Трехкальциевый алюминат	8,67	8,53	
Периклаз	2,76	2,72	
Сумма	98,66	98,94	100,00

Из данных, приведенных в таблице 116, можно видеть, что унос извести при обжиге привел к уменьшению содержания в клинкере

¹ Заданный (расчетный) состав и модули клинкера.

² Действительный состав и модули.

алита и увеличению белита, но не отразился на количественных взаимоотношениях минералов-плавней. Данные петрографического изучения клинкера позволяют также заключить, что температурный режим обжига шихты был вполне нормальным для образования клинкера удовлетворительного качества (среднезернистая структура клинкера, отсутствие свободной извести).

Клинкеры, полученные при полузаводских испытаниях цементного сырья Бакировского (№ 5) и Ново-Иштеряковского (№ XI) участков, были размолоты с 3, 4%, а один из них и с 5% двуводного гипса. Все цементы показали равномерность изменения объема (при кипячении и пропаривании изготовленных из них лепешек) и затем были подвергнуты всему комплексу физико-механических испытаний по методике ГОСТ 970-41. Результаты этих испытаний сведены в таблицу 117.

По величине прочности на разрыв и сжатие цементы „I(46+61+166)" с 3, 4 и 5% гипса относятся к марке „400", а остальные („II(46+8+166)" с 3% гипса, „III(46+61+166)" с 3 и 4% гипса, „IV(46+8+166)" с 4% гипса) — к марке „500". Следует отметить, что все цементы по пределу прочности на сжатие могли бы быть отнесены к еще более высоким маркам — „600"— „700", но этого не позволяет сделать несоответствие указанным маркам предела прочности на разрыв.

Как правильно отмечает Л. А. Астанский, оптимальной дозировкой гипса следует считать 3,0%, так как при добавке гипса в количестве 4—5% у цементов нередко снижается предел прочности на разрыв в первые сроки твердения.

Подводя итог рассмотрению результатов лабораторных и полузаводских технологических испытаний сырья Шугуровской группы месторождений, проведенных с целью выяснения его пригодности для получения обычного (строительного) портланд-цемента, необходимо отметить ряд положений.

1. Валовые пробы сырья, отобранные для проведения лабораторных и полузаводских испытаний на участках Шугуровский № 1 (II) и Ново-Иштеряковский № 2 (IX), по своему химическому составу являются характерными для качества известняков и глин на названных месторождениях.

2. По химическому составу и физическим свойствам (размываемость известняков и размучиваемость глин) сырье Шугуровской группы месторождений является вполне пригодным для производства цемента как по сухому, так и по мокрому способам.

3. Легкая размываемость известняков и удовлетворительная размучиваемость глин позволяют значительно снизить издержки производства цемента по мокрому способу за счет экономии электроэнергии, затрачиваемой для этих целей.

4. Технологическими испытаниями доказана возможность получения из сырья Шугуровской группы месторождений портланд-цемента средних и высоких марок на основе сочетания:

а) оолитовых и глинистых известняков шестой с глинами седьмой серии нижнеказанского подъяруса на Шугуровском участке № 1 (II) (марки „300", „400", „500");

б) оолитовых, оолитовых и глинистых известняков шестой с глинами седьмой серии нижнеказанских отложений на Ново-Иштеряковском участке № 2 (IX) (марки „300"— „400");

в) оолитовых известняков шестой серии нижнеказанского подъяруса на Ново-Иштеряковском участке № X с плиоценовыми глинами Ямашинского месторождения, пиритными огарками и речным песком (марки „500"— „600");

Индексы цементов	Сроки схватывания в часах (h) и минутах (')	Механическая прочность при растяжении в кг/см ²						Механическая прочность при сжатии в кг/см ²			
		R ₁	R ₃	R ₇	R ₂₈	R ₁	R ₃	R ₇	R ₂₈	R ₁	R ₃
I (46 + 61 + 166)	3124	0,01	1,21	3	23,25	2 ^h 50'	3 ^h 50'	17,0	23,8	23,9	24,8
		0,02	1,22	4	23,75	3 ^h 10'	4 ^h 05'	14,9	22,4	28,8	27,5
	3232	0,02	1,22	5	23,75	3 ^h 05'	4 ^h 15'	14,0	19,8	20,2	26,9
II (46 + 8 + 166)	3098	0,04	2,00	3	22,87	2 ^h 50'	3 ^h 45'	21,6	27,0	28,8	29,8
	2998	0,08	0,68	3	22,37	3 ^h 30'	5 ^h 05'	13,3	25,1	25,6	30,5
III (46 + 61 + 166)	3170	0,08	0,60	4	23,60	3 ^h 40'	5 ^h 05'	21,0	25,8	23,4	31,7
IV (46 + 8 + 166)	2161	0,02	4,02	4	24,55	4 ^h 25'	5 ^h 15'	16,3	23,5	28,1	29,4
	3000	0,08		4	24,25	5 ^h 35'	5 ^h 05'	—	29,4	30,8	28,4
									—	385	565
										—	698

т) оолитовых, оолитовых и глинистых известняков шестой с глинами первой серии нижнеказанских отложений на Бакировском участке № 5 (VII) и тех же известняков с глинами переходной толщи P₂Kz₁⁷ — P₂Kz₂^{bb} на Ново-Иштеряковском участке № XI (марки "400" — "500").

5. Применение небольших количеств (1,2—2,5%) пиритных огарков для корректирования состава сырьевых смесей позволяет снизить температуру обжига и в ряде случаев получать цементы более высоких марок и притом при более низких коэффициентах насыщения, чем при обычной технологии производства (цементы "Б-1(46' + 61' + 16)", "Б-3(46' + 8 + 16)", "I(46 + 61 + 166)", "III(46 + 61 + 166)", "IV(46 + 8 + 166)" и др.).

6. Ценной особенностью многих цементов, полученных при лабораторных и полузаводских технологических испытаниях сырья, является быстрое нарастание механической прочности в первые сроки твердения (в возрасте 3—7 дней), что позволит широко использовать их для производства железобетонных конструкций и возведения таких сооружений, которые в короткие сроки должны быть введены в строй (цементы "№ 1", "№ 2", "№ 7", "№ Зп", "Т-4", "Б-1(46' + 61' + 16)", "Б-3(46' + 8 + 16)", "I(46 + 61 + 166)", "II(46 + 8 + 166)", "III(46 + 61 + 166)", "IV(46 + 8 + 166)").

6. Особенности технологии производства тампонажных цементов

Тампонаж нефтяных и газовых скважин имеет чрезвычайно важное значение. Качество его в значительной мере определяется качеством цемента, который должен надежно изолировать друг от друга различные пласты. Именно поэтому к тампонажным цементам предъявляются чрезвычайно жесткие требования как в отношении сроков схватывания, так и в отношении нарастания их прочности и равномерности изменения объема.

Как известно, для обычных строительных цементов техническими условиями допускаются довольно широкие пределы сроков схватывания и разная скорость нарастания прочности, что определяет марку соответствующих цементов. Уже только потому, что некоторые строительные цементы являются быстро схватывающимися, они не могут быть использованы в качестве тампонажных. Это объясняется тем, что для проведения работ, связанных с тампонажем скважины, требуется более или менее значительное время от момента затворения цементного раствора до начала схватывания. С другой стороны, конец схватывания должен наступить возможно быстрее, чтобы пластовые воды не могли размыть незатвердевший цементный раствор. Поэтому же в первые сроки твердения цемента нарастание его прочности должно происходить наиболее интенсивно. Вместе с тем, чтобы выполнить свое назначение, цементный раствор, используемый для тампонажа скважины, не должен в процессе схватывания и твердения давать усадку и трескаться вследствие неравномерности изменения объема.

Техническими условиями ГОСТ 1581-42 предусматривается, что все лабораторные испытания тампонажных цементов проводятся на растворах, состоящих из цемента и 50% воды по отношению к его весу. Сроки схватывания цементов для "холодных" скважин должны быть: начало не ранее 3 часов и не позднее 7 часов 30 минут после затворения, а конец — не позднее 3 часов после начала схватывания. Временное сопротивление изгибу балочек, приготовленных из цементного раствора, после 2 суток твердения должно быть не менее 27 кг/см².

ГОСТ 1581-42, кроме того, предусматривает, что тампонажные цементы должны обладать тонкостью помола не менее 85% (остаток на сите № 90 не более 15%), равномерно изменять объем при испытании лепешек кипячением и пропариванием и не содержать серный ангидрид в количестве более 3,5%. Как известно, последние требования относятся и к строительным цементам и могут быть легко обеспечены при правильной технологии их производства.

Впервые принципиальная возможность использования местного сырья (в том числе и Шугуровской группы месторождений) для производства тампонажных цементов была установлена нами еще в 1954 г. (В. Н. Незимов, 1955). К настоящему времени в результате лабораторных и полузаводских технологических испытаний сырья Шугуровской группы месторождений накоплен большой фактический материал, позволяющий ставить вопрос об организации производства на их базе не только строительного, но и тампонажного цементов.

В качестве тампонажных в Геологическом институте Казанского филиала АН СССР были испытаны цементы: № 1, "Т-4", "И-1", "Б-2(46 + 61 + 16)" и "Б-4(46 + 8 + 16)", а на Подольском опытном заводе "НИИЦемента" — "I(19 + 21)", "II(19 + 21)", "III(19 + 21)", "I(46 + 61 + 166)", "II(46 + 8 + 166)", "III(46 + 61 + 166)" и "IV(46 + 8 + 166)". Результаты этих испытаний представлены в таблице 118.

Как по срокам схватывания, так и по пределу прочности на изгиб балочек в двухдневном возрасте не выдержали испытания в качестве тампонажных цементы "I(46 + 61 + 166)" и "II(46 + 8 + 166)" с 3,0% и "IV(46 + 8 + 166)" — с 4,0% гипса. Кроме того, по срокам схватывания не вполне удовлетворяют требованиям ГОСТ 1581-42 цементы: "И-1(80 + 19)" — с 3,0% и "I(46 + 61 + 166)", "III(46 + 61 + 166)" и "II(19 + 21)" — с 4,0% гипса. Однако последние имеют все же достаточно высокое сопротивление изгибу.

Таблица 118

Индексы цементов	Удельная поверхность	Тонкость помола в %		Добавка в %	Сроки схватывания в часах (") и минутах (')		Предел прочности на изгиб в 2-дневном возрасте в кг/см ²			
		остаток на сите № 021	остаток на сите № 0085		нормальная густота теста в %	CaSO ₄ ·2H ₂ O	NaCl			
№ 1	—	—	—	1,00	24,50	3,5	2,0	7 ^h 00'	2 ^h 05'	64,00
T-4	—	—	—	2,00	23,00	3,0	—	6 ^h 20'	1 ^h 10'	45,00
И-1 (30 + 19)	—	—	—	5,00	29,30	—	—	3 ^h 10'	3 ^h 20'	31,10
Б-2 (46 + 61)	—	—	—	5,00	26,50	3,0	—	3 ^h 07'	2 ^h 33'	27,20
Б-4 (46 + 8)	—	—	—	5,00	29,50	4,0	—	3 ^h 30'	2 ^h 20'	48,80
I (46 + 61 + 166)	2881	0,01	1,21	23,25	3,0	—	—	7 ^h 30'	1 ^h 05'	23,90
	2881	0,02	1,22	23,75	4,0	—	—	7 ^h 15'	1 ^h 00'	32,45
II (46 + 8 + 166)	2881	0,02	1,22	23,75	5,0	—	—	7 ^h 00'	0 ^h 50'	39,20
	3096	0,04	2,00	22,87	3,0	—	—	7 ^h 05'	1 ^h 20'	22,70
III (46 + 61 + 166)	3096	0,76	2,92	23,00	4,0	—	—	7 ^h 00'	1 ^h 00'	37,90
	2998	0,08	0,68	22,37	3,0	—	—	9 ^h 10'	1 ^h 10'	20,50
IV (46 + 8 + 166)	3170	0,08	0,60	23,60	4,0	—	—	7 ^h 30'	1 ^h 10'	28,50
	2161	0,02	4,02	24,50	4,0	—	—	10 ^h 00'	2 ^h 45'	23,40
	3000	0,08	2,80	24,25	4,0	—	—	10 ^h 05'	3 ^h 10'	23,40
I (19 + 21)	—	0,20	2,40	27,00	4,0	—	—	6 ^h 50'	3 ^h 00'	33,70
II (19 + 21)	—	0,20	2,60	30,50	4,0	—	—	7 ^h 30'	3 ^h 00'	33,60
III (19 + 21)	—	0,20	2,80	28,00	4,0	—	—	6 ^h 55'	1 ^h 05'	33,80

Для выяснения зависимостей между механической прочностью, минералогическим составом и модулями цементов нами составлена

таблица, в которой они разбиты на три группы: а) цементы с временным сопротивлением балочек изгибу в двухдневном возрасте менее 27 кг/см², б) цементы с сопротивлением от 27 до 34 кг/см² и в) цементы с временными сопротивлениями выше 34 кг/см². В пределах каждой из названных групп выделены цементы с растянутыми сроками схватывания (см. таблицу 119).

Таблица 119

Индексы группы	Прочность на изгиб балочек в 2-дневном возрасте в кг/см ²	Индексы цементов	Минералогический состав и соотношения						Модули		
			C ₃ S	C ₂ S	C ₃ S / C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	C ₃ A / C ₄ AF	KН	n	p
A	23,40	IV (46 + 8 + 166)	39,42	34,90	1,13	8,53	12,67	0,67	0,82	2,24	1,41
	31,10	И-1 (30 + 19)	37,46	38,19	0,98	13,27	8,09	1,64	0,81	2,48	2,52
	27,20	Б-2 (46 + 61)	42,22	35,20	1,20	11,21	8,27	1,36	0,83	2,69	2,19
	28,50	III (46 + 61 + 166)	46,61	28,77	1,62	8,11	11,85	0,58	0,85	2,38	1,42
	32,45— 39,20	I (46 + 61 + 166)	47,43	27,54	1,73	6,81	12,13	0,56	0,86	2,43	1,29
B	33,70	I (19 + 21)	49,81	27,21	1,83	11,92	8,08	1,48	0,86	2,36	1,41
	33,80	III (19 + 21)	47,97	29,61	1,62	10,28	9,21	1,12	0,85	2,59	1,92
	33,60	II (19 + 21)	70,35	7,24	9,42	8,77	10,70	0,82	0,96	2,31	1,58
	37,90	II (46 + 8 + 166)	56,79	18,36	3,1	9,09	10,52	0,86	0,90	2,37	1,63
B	48,80	Б-4 (46 + 8)	57,51	2,69	21,37	11,84	6,99	1,69	0,89	2,74	2,58
	45,00	Т-4	75,36	2,50	30,14	4,61	14,11	0,33	0,99	2,21	1,02
	64,00	№ 1	72,07	6,18	11,66	10,28	9,21	1,12	0,97	2,33	2,07

Анализируя данные таблиц 118 и 119, необходимо отметить ряд положений.

1. Тампонажные цементы должны иметь высокую тонкость помола (остатки на ситах № 021 — не более 0,7—0,8 и на № 0085 — не более 2,8—2,9%) и удельную поверхность (не менее 2880—3000), алюминия менее 10—12%, при соотношениях между минералами-силикатами и минералами-плавнями, равными или меньшими 1, характеризуются растянутыми сроками схватывания и низкой механической прочностью (цемент "IV (46 + 8 + 166)").

2. Цементы с содержанием алита от 40 до 50% и трехкальциевого алюмината от 7—8 до 11—12%, при соотношениях между минералами-силикатами ($C_3S : C_2S$) от 1,2 до 1,8 и между минералами-плавнями ($C_3A : C_4AF$) от 0,6 до 1,5, имеют нормальные сроки схватывания и среднюю механическую прочность, равную или несколько превышающую требования стандарта (27 кг/см²). Сопротивление балочек изгибу при этом пропорционально увеличивается соответственно росту величины соотношений $C_3S : C_2S$ и $C_3A : C_4AF$ (цементы "Б-2 (46 + 61)", "III (46 + 61 + 166)", "I (46 + 61 + 166)", "I (19 + 21)" и "III (19 + 21)").

3. Цементы с содержанием алита от 7—8 до 11—12%, при соотношениях между минералами-силикатами ($C_3S : C_2S$) от 1,2 до 1,8 и между минералами-плавнями ($C_3A : C_4AF$) от 0,6 до 1,5, имеют нормальные сроки схватывания и среднюю механическую прочность, равную или несколько превышающую требования стандарта (27 кг/см²). Сопротивление балочек изгибу при этом пропорционально увеличивается соответственно росту величины соотношений $C_3S : C_2S$ и $C_3A : C_4AF$ (цементы "Б-2 (46 + 61)", "III (46 + 61 + 166)", "I (46 + 61 + 166)", "I (19 + 21)" и "III (19 + 21)").

4. Наиболее высокую механическую прочность имеют тампонажные цементы с содержанием алита более 55—56%, то есть те, у ко-

торых коэффициент насыщения не ниже 0,89—0,90% (цементы „II (46 + 8 + 166)“, „Б-4 (46 + 8)“, „Т-4“ и „№ 1“). Однако прочность цементов существенно снижается, если при высоком коэффициенте насыщения не будет достигнуто более или менее полного завершения хода высокотемпературных реакций и в клинкере остается значительное количество свободной извести (цемент „II (19+21)“).

5. Критическим пределом, ниже которого цементы перестают удовлетворять требованиям стандарта ГОСТ 1581-42 как по срокам схватывания, так и по величине временного сопротивления изгибу, следует считать суммарное содержание в них активных минералов (алита и трехкальциевого алюмината) в 50—51%.

Проведенные технологические опыты доказывают, что на базе тех же сырьевых смесей, которые использовались для получения обычных, строительных, возможно получение и специальных, тампонажных цементов. Для этого лишь требуется добиться производства клинкера соответствующего минералогического состава и высокой тонкости помола цемента, что легко осуществимо при правильной технологии и хорошем качестве сырья разведанной группы месторождений.

7. Заключение

На основании данных опробования сырья, произведенного геологопоисковой конторой треста „Татнефтегазразведка“ при разведочных работах, и технологических исследований, проведенных Геологическим институтом Казанского филиала Академии наук СССР и Поздольским опытным заводом „НИИЦемента“, можно считать, что сырье Шугуровской группы месторождений в технологическом отношении изучено вполне достаточно. В общей сложности этими организациями в течение 1952—56 гг. было проведено около 35 технологических опытов, давших успешные результаты, в том числе 3 по получению силикатных, 20 — строительных и 12 — тампонажных портланд-цементов.

Подводя итог обобщению накопленного фактического материала, следует прежде всего отметить наличие определенных закономерностей в пространственном изменении качественной характеристики сырья продуктивных горизонтов. Химический состав и модули известняков шестой и глин седьмой серий нижнеказанского подъяруса в первую очередь зависят: а) от положения отдельных участков на территории определенных фациально-литологических зон спириферового бассейна и б) от направления привноса обломочного материала морскими течениями. Например, содержание окиси магния возрастает в известняках верхней и средней пачки шестой серии нижнеказанских отложений к востоку и северо-востоку, к западу и юго-западу, то есть в сторону от центральной полосы развития зоны мелководно-морских осадков. Силикатный модуль известняков увеличивается по направлению основного привноса обломочного материала — к северо-востоку и востоку и уменьшается к югу и юго-востоку. В отношении изменения глиноземистого модуля известняков и глин наблюдается, обычно, обратная картина: его значения возрастают не только к востоку, но и к югу и юго-западу от центральных участков Шугуровской группы месторождений.

На основании анализа химического состава и физических свойств известняков и глин, а также многочисленных технологических испытаний следует считать установленным целесообразность:

а) использования оолитовых и глинистых известняков шестой серии нижнеказанского подъяруса на южной площади Шугуровского

участка № 1 (II) для производства силикатного портланд-цемента типа велоцемента, шведского и брянского силикатных цементов;

б) применение оолитовых, смеси оолитовых и глинистых известняков на других участках для получения обычного строительного и тампонажного цементов в сочетании с глинами первой, седьмой серии нижнеказанских отложений и нижней части белебеевской свиты (Бакировский участок № 5 (VII) и Ново-Иштеряковский участок № XI) и с глинами седьмой серии (Шугуровский участок № 1 (II) и Ново-Иштеряковский № 2 (IX));

в) введение в состав сырьевых смесей небольших (1,2—2,5%) количеств пиритных огарков для снижения температуры обжига и улучшения физико-механических свойств цементов;

г) соблюдение двух основных правил при производстве тампонажного цемента — получение клинкера с содержанием активных минералов (алита и трехкальциевого алюмината) не менее 50—51% и тонкий помол цемента (удельная поверхность не менее 2880—3000).

Данные технологического изучения сырья показывают, что себестоимость производства цемента на базе Шугуровской группы месторождений может быть значительно ниже, чем на многих других предприятиях цементной промышленности Советского Союза. Снижение себестоимости достигается невысоким сопротивлением размываемости известняков, удовлетворительной размучиваемостью глин, возможностью использования дешевой электроэнергии от линии электропередачи Куйбышевская ГЭС — нефтяные районы Татарии и в качестве топлива — горючих газов. Сейчас, когда в Шугуровском районе по существу закончены разведочные работы на цементное сырье и дана его детальная технологическая характеристика, на повестку дня с особой остротой поставлен вопрос о строительстве здесь цементного завода для удовлетворения все возрастающих нужд нефтяной промышленности республики в строительном и тампонажном цементах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А. М. Тампонажные цементы для нефтяных и газовых скважин. Азербайджанская государственная изд. нефтяной и научно-технической литературы, 1955.
2. Белянкин Д. С., Иванов Б. В., Лапин В. В. Петрография технического камня. Изд. АН СССР, 1952.
3. Вольфсон С. Л. Сборник научных работ по вяжущим материалам. Госстройиздат, 1949.
4. Кирсанов Н. В., Сементовский Ю. В., Максютова К. М., Полянина В. А., Дистанов У. Г., Незимов В. Н., Крежечковская Е. А., Кузнецова Т. А. Закономерности размещения и пути использования строительного минерального сырья на востоке Татарии (для нужд нефтяных районов и сооружения Нижне-Камской ГЭС). Труды КФАН СССР, сер. геол. наук, № 4. Изд. КФАН СССР, 1957.
5. Контроль производства цемента, т. II. Химический и петрографический контроль цемента. Промстройиздат, 1952.
6. Миропольская Г. Л. Некоторые данные к литологии уфимских отложений Татарской АССР. Известия Казанского филиала Академии наук, сер. геол. наук, № 5. Таткнигоиздат, 1956.
7. Незимов В. Н. Новые месторождения цементного сырья. Журн. „Природа“, № 9, 1955.
8. Незимов В. Н. О возможности получения тампонажных цементов из сырья Татарской АССР. Известия Казанского филиала Академии наук, сер. геол. наук, № 5. Таткнигоиздат, 1956.
9. Незимов В. Н. Местный цемент. Таткнигоиздат, 1957.
10. Окороков С. Д. Взаимодействие минералов портланд-цементного клинкера в процессе твердения цемента. Госстройиздат, 1945.
11. Сементовский Ю. В., Незимов В. Н. Минерально-сырьевые ресурсы для организации цементного производства в Татарской АССР. Известия Казанского филиала Академии наук, сер. геол. наук, № 3. Издательство Академии наук СССР, 1955.

12. Сидоров А. К. Технологические испытания нерудного минерального сырья. Госгеолиздат, 1949.
13. Соколов Г. Д. Неотложные задачи строительных организаций нефтяных районов Татарии. "Советская Татария", 14 сентября 1955.
14. Торопов Н. А., Луганина И. Г. О влиянии резкого нагрева на формирование цементного клинкера. "Цемент", № 1, 1953.
15. Торопов Н. А., Астремова О. М. Петрографический контроль гортланд-цементного клинкера и доменного шлака. Промстройиздат, 1948.
16. Хакимов Ф. М., Камышев Е. Ф. Исследование физико-механических свойств гидравлических вяжущих веществ, полученных на базе местного сырья Тат. АССР Геологическим институтом Казанского филиала АН СССР. Изв. КФАН СССР, сер. геол., в. 3, 1956.
17. Юрг В. Н. (ред.). Технология вяжущих веществ. Стройиздат, 1947.

M. С. Кавеев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ РН ОСАДКООБРАЗОВАНИЯ
В ЗОНЕ ХИМИЧЕСКОЙ ОСАДОЧНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ

(В порядке обсуждения)

Ход осадконакопления в зоне химических осадков, как это установлено многочисленными исследованиями, определяется, наряду с другими факторами, в частности и влиянием величины pH водных растворов.

А. Е. Ферсман (1937 г.) дает следующую зависимость выпадения гидроокисей от величины pH (табл. 1).

Таблица 1

Элемент	Fe ⁺³	Al ⁺³	Be ⁺²	Zn ⁺²	Te ⁺²	Mn ⁺²	Mg ⁺²
pH	3—5	4—6	6	6—7	5,5—7,5	8,5—10	10,5—11

Для некоторых осадочных пород пределы pH осаждения установлены непосредственными наблюдениями в природной обстановке. Результаты этих наблюдений приведены в работах И. И. Бушинского, И. И. Гинзбург, А. В. Казакова, М. В. Кленовой, Л. В. Пустовалова, Н. М. Страхова, Г. И. Теодоровича, М. С. Швецова и других. В настоящей работе мы не будем останавливаться на характеристике результатов изучения величины pH осадкообразования в природной обстановке. Приведем лишь для сравнительной оценки пределы pH осаждения некоторых минералов и пород по данным указанных выше авторов (табл. 2) или по лабораторным данным (табл. 3).

Величина pH осаждения, как известно, зависит от концентрации ионно- и коллоидно-дисперсного вещества, от температуры среды, наличия газов и других особенностей режима водоема.

В насыщенном водном растворе, согласно закону действующих масс, произведение концентраций реагирующих ионов электролита характеризует его способность к растворению и осаждению. Осадок выпадает, когда произведение концентрации реагирующих ионов превышает произведение растворимости.

В водном растворе электролита, находящемся в равновесии с твердой фазой, молярная концентрация (*C*) электролита *AK* равна:

$$C = \sqrt{P_{AK}} = \sqrt{[A'][K']}$$

где: *[A']* и *[K']* — концентрация реагирующих ионов,
P_{AK} — произведение растворимости.

Таблица 2

	Химический состав										рН осаждения	Примечание			
	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	MnO	FeO	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	CO ₂	SO ₃	Cl	
Пересчетные коэффициенты в молях															
Dolomit (минерал)	—	—	30,41	21,86	—	—	—	—	—	—	47,73	—	—	7,2—7,8	8,2
Доломит (порода Тат. АССР)	—	—	29,42	19,79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,2—7,8	8,0
Кальцит (минерал)	—	—	56,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,8—9	7,8
Известник (Куйбышевской обл.)	—	—	52,10	1,15	—	62,01	—	—	—	—	—	—	—	7,8—9	7,5
Сидерит (минерал)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	по Г. И. Теодоровичу	по Г. И. Теодоровичу
Сидерит (порода)	—	—	3,08	0,45	1,54	54,93	—	—	—	—	—	—	—	—	по Г. И. Теодоровичу
Мергель (Тат. АССР)	—	—	31,1	1,82	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	по Г. И. Теодоровичу
Гипс (минерал)	—	—	32,57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	по Г. И. Теодоровичу
Гипс (порода Тат. АССР)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	по Г. И. Теодоровичу
Монтмориллонит	—	—	0,14	32,33	0,05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	по Г. И. Теодоровичу
Глауконит (соврем. глаук. осадок)	—	—	1,72	5,24	0,16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	по Г. И. Теодоровичу
Глауконит из окр.	—	—	3,49	0,42	1,39	2,87	—	1,58	—	9,56	21,46	53,61	—	—	по Г. И. Теодоровичу
Сарата (теор. со-став)	—	—	9,35	0,97	0,56	2,96	—	1,31	—	7,65	23,42	48,95	—	—	по Г. И. Теодоровичу
Фосфорит (теор. со-став)	—	—	0,31	0,34	—	54,24	—	—	—	—	—	—	—	—	по Г. И. Теодоровичу
Фосфорит (УССР)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	по Г. И. Теодоровичу
Галлуазит (теор. со-став)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	по Г. И. Теодоровичу
Аллофан (теор. со-став)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	по Г. И. Теодоровичу
Боксит (саланский)	—	—	0,12	0,14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	по Г. И. Теодоровичу
Боксит (тихвинский)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	по Г. И. Теодоровичу

Как известно, pH водных растворов зависит от концентрации и степени диссоциации солей. Такая зависимость существует между pH раствора и составом осадка (породой или минералом, выпавшим из раствора). Она может быть выражена следующим образом

$$\text{pH} = 7 \lg V \Sigma A' \cdot \Sigma K + \lg V 100 - C_s \quad (1)$$

где: $[A'] [K]$ — состав породы, выраженный в молярных количествах. C_s — степень диссоциации солей, выраженная в %.

Значения A и K в молярных количествах вычисляются из данных химического состава пород или минералов, отнесенных к твердой составной части, согласно формуле:

$$\frac{10 N}{\text{молекулярный вес компонентов}} \quad (2)$$

где: N — процентное содержание минеральной составной части породы, выраженной в виде иона или окисла.

Водные растворы солей сильных кислот и сильных оснований почти полностью диссоциированы на ионы. Поэтому разность $(100 - C_s)$ можно принять равной 0. Исходя из этого, для вычисления величины pH осаждения солей сильных кислот и оснований величина степени диссоциации не принимается во внимание. Кислоты средней силы имеют степень диссоциации около 10—50%, а соли слабых кислот в водном растворе почти не диссоциированы, т. е. величина $\lg V 100 - C_s$ для слабых кислот может быть при грубых расчетах принята равной 1.

Предложенная нами формула (1) расчета pH осаждения, в упрощенном виде, в тех случаях, когда состав породы выражен в виде окислов, принимая $A' = K$, может быть выражена в следующем виде:

$$\text{pH} = 7 \lg \left(\frac{M}{2} \right) + x, \quad (3)$$

где: M — сумма окислов, выраженных в молярных количествах согласно формулы (2),

x — величина $\lg V 100 - C_s$, для солей слабых кислот равная 1, для сильных кислот — минус 1.

Подсчеты по данным химических анализов слабо растворимых осадочных пород или минералов дают довольно близкие результаты сравнительно с величиной pH осаждения, установленной в природной обстановке (табл. 2).

Нами произведены расчеты по формуле (3) величины pH супензии некоторых минералов по данным В. И. Каюкиной [4], считая эти величины за pH осаждения. Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Название минералов	Формула	Приближенное значение $\lg V 100 - S$ супензии по В. И. Каюкиной	pH расчетный
Кальцит	CaCO ₃	1	7,8—9,5
Доломит	CaMg(CO ₃) ₂	1	7,8
Магнезит	MgCO ₃	1	8,2
Сидерит	FeCO ₃	1	8,5
Родохрозит	MnCO ₃	1	7,6—7,4
Апатит	3Ca(PO ₄) ₂ · CaCl ₂	1	7,5
Монтмориллонит	Mg ₂ (Al, Fe) ₂ Si ₄ O ₁₀ · (OH) ₂ · 4H ₂ O	1	7,3
Нонтронит	Fe ₂ (Si ₄ O ₁₀) · (OH) ₂ · nH ₂ O	1	6,3

Название минералов	Формула	Приближенное значение $\lg V_{100-S}$	рН	
			сuspензии по В. И. Каюкиной	расчетный
Бейделлит	$\text{Al}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$	1	6,6–6,8	6,0
Керолит	$\text{Mg}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1	7,8	7,9
Тюлюмунит	$\text{CaU}_2(\text{VO}_4)_2 \text{O}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	1	7,2	3,4
Карнотит	$\text{K}_2\text{U}_2(\text{VO}_4)_2 \text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	1	7,8	3,4
Бирюза	$\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4 (\text{OH})_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	1	6,6–7,0	6,6
Каолинит	$\text{Al}_2\text{O}_5 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1	6,6–6,8	6,4
Аллофан	$n\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot p\text{H}_2\text{O}$	1	6,3–6,8	5,4
Галлуазит	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1	6,3–6,8	6,0
Сильвин	KCl	—1	6,6–6,8	6,8
Галит	NaCl	—1	6,6–6,8	7,6
Флюорит	CaF_2	—1	6,6–6,4	7,9
Ангидрит	CaSO_4	1	6,6–7,0	7,0
Гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1	6,4–6,6	6,3
Барит	BaSO_4	1	6,2–6,6	5,4
Англезит	PbSO_4	1	4,6–4,8	4,5
Алунит	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}(\text{SO}_4)_3$	—1	4,4–4,8	3,1
Алюминит	$\text{Al}_2\text{SO}_4 \cdot (\text{OH})_7 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1,0	4,4–4,6	4,6
Ярозит	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Te}_2(\text{SO}_4)_3$	—1	4,4–4,8	4,9

Несомненно, при определении величины рН осадкообразования следует учесть процессы, приводившие к изменению осадка в диагенезе и катагенезе (кристаллизация геля, дегидратация, гидратация, вторичное минералообразование, температура среды и т. п.). Поэтому для восстановления палеогидрологической обстановки осадконакопления необходимо учесть, наряду с применением физико-химических методов расчета, историко-геологические условия развития осадка.

Предлагаемая нами формула дает возможность определить величину рН начала осадкообразования. Поэтому полученные цифры не следует считать за точку перехода солей из раствора в осадок. Осаджение солей может продолжаться и при дальнейшем повышении рН, но процесс будет протекать уже значительно быстрее и осаждение будет более полным.

Теоретический расчет величины рН осадкообразования с учетом историко-геологических условий развития осадка, дает возможность уточнить и восстановить фациальную обстановку древних водоемов. Кроме того, подобные расчеты величины рН осаждения могут быть применимы для выяснения агрессивного действия природных вод на горные породы, а также условий их выветривания и некоторых других гидрохимических процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ферсман А. Е. Геохимия, т. III, 1937.
2. Страхов Н. М. Доломитовые осадки озера Балхаш. „Советская геология“. Сб. 4, 1945.
3. Тодорович Г. И. Осадочные геохимические фации. Бюллетень Московского Об-ва испытателей природы, т. 22 (1), 1947.
4. Бушинский Н. И. Геохимия осадочного процесса. „Спутник полевого геолога-нефтяника“, т. 1, 1954.

Ю. В. Сементовский

ТЕРМОГРАФИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА

Вопросам техники термографических исследований в нашей литературе за последние 15 лет посвящено немало работ. Руководства Л. Г. Берга, А. И. Цветкова [1, 2, 8], во многом способствовали организации термографических лабораторий. В последние годы описаны новые установки по комплексному анализу (дилатометрические), для динамического взвешивания (термогравиметрические). Много интересных конструкций было продемонстрировано на первом совещании по термографии [7]. Определенный интерес представляет установка, смонтированная И. А. Кравцовым из стандартных деталей [3]. Все это не исключает, однако, необходимости дальнейшего совершенствования техники и методики термографического анализа и целесообразности обмена опытом, накопившимся в многочисленных лабораториях. Это тем более необходимо, что и в настоящее время еще появляются работы, основывающиеся на устаревших данных. Так, в большой и обстоятельной работе И. Д. Седлецкого, вышедшей в 1955 г. [4], даются схемы пирометров, где барабан приводится в движение часовым механизмом, а нагрев печи регулируется ламповым реостатом. С другой стороны, не разрешает вопроса полностью и последняя модель термоустановки ПК-52 [9], поскольку она не включает в себя программного регулятора нагрева печи и других устройств, облегчающих работу.

В настоящем сообщении мы даем описание термографической установки Геологического института Казанского филиала Академии наук СССР, смонтированной в 1950 г. Эта установка предназначена для проведения качественных и количественных термографических анализов пород и минералов. В основной, регистрирующей части, она ничем не отличается от обычной схемы пирометра Н. С. Курнакова, в управляющей же части имеет некоторые особенности.

При монтаже описываемой установки автор имел в виду добиться максимальной автоматизации процессов, устойчивости в работе, простоты управления, компактности. Мы использовали части пирометра Н. С. Курнакова, поставляемые экспериментальными механическими мастерскими Института нефти Академии наук СССР (барабан-кассета с приводом и редуктором, щелевая ширма, гальванометры, осветители, печи). Конструкция кассеты барабана и наличие щелевой ширмы предназначены для вертикального монтажа установки в незатемненном помещении. Это позволило придать установке большую компактность, поместив ее на площади лишь около 0,5 м² в общем помещении.

Схема вертикального монтажа ясна из рис. 1. Регистрирующая часть пирометра (барабан и гальванометры) располагается на двух полках, укрепленных на массивных металлических кронштейнах. Верхняя полка имеет демпфирующее устройство в виде резиновых

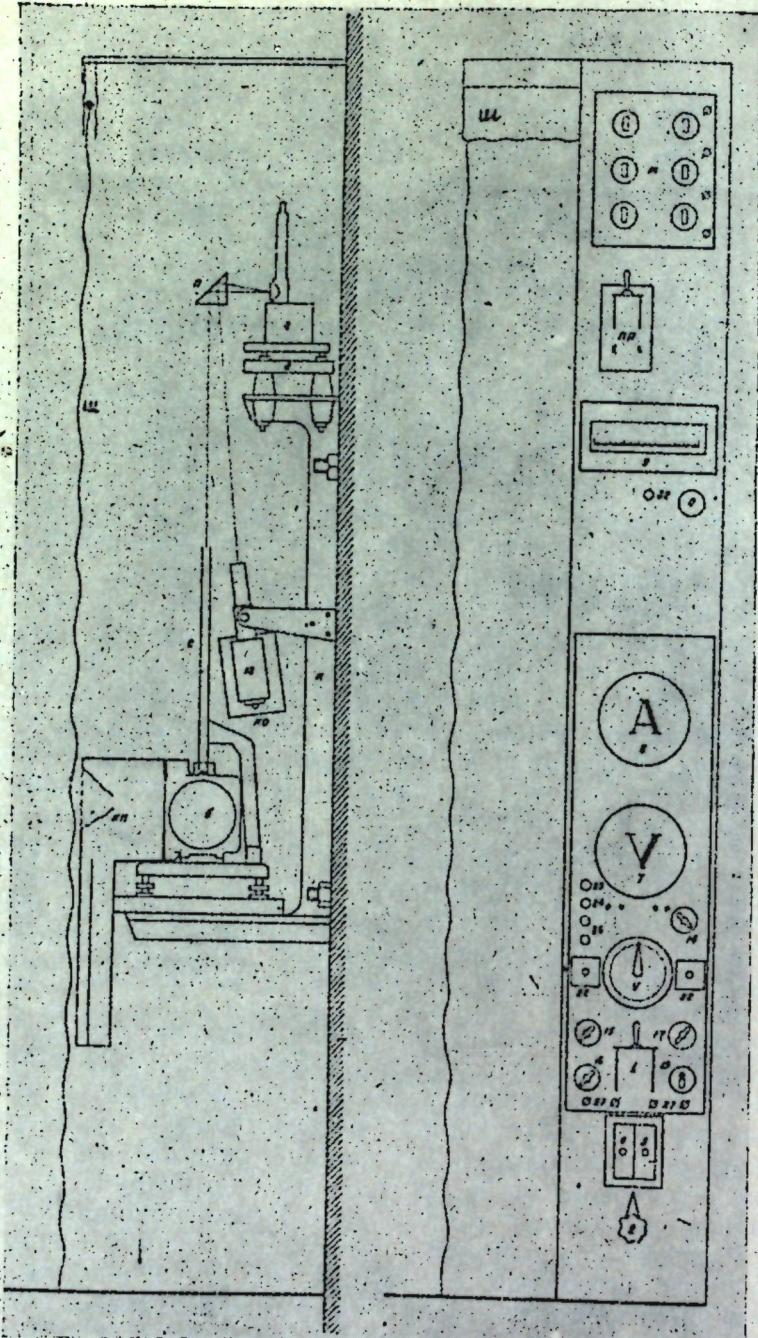


Рис. 1. Схема вертикального монтажа и пульта управления.
 к — кронштейн; д — демпфирующая полка; г — гальванометры;
 н — призмы; с — светозащитная щелевая ширма; б — барабан;
 кп — камера для перезарядки термограмм; ш — штора светозащитная;
 м — магазин сопротивлений дифференциального гальванометра;
 пр — перекидной рубильник цепи термопар; о — окно для
 наблюдения за термометром терmostата; ко — кожух осветителей;
 у — указатель регулятора. Цифровые обозначения применительно
 к рис. 2.

амортизаторов и утяжелителя. С боков и сверху установка прикрыта деревянными боковинками и крышей, а спереди закрывается светозащитной шторой. В нижней части располагаются регулирующие устройства, а на одной из боковинок монтируется управление и сигнализация. Для устранения нагрева воздуха внутри установки от осветителей, они помещаются в общий кожух с выводом его наружу. Помещенный в этом кожухе вентилятор обеспечивает достаточную вытяжку воздуха из установки и охлаждение осветителей. Печи располагаются несколько в стороне, на стенных кронштейнах. Термопары соединяются с установкой "компенсирующими" проводами. Терmostатирующий сосуд Дьюара для холодных сплавов помещен внутри установки.

Перезарядка барабана производится непосредственно на установке. Для этого к кассете барабана присоединена небольшая камера с отверстиями для введения рук и контейнерами для фотобумаги и заснятых термограмм. Только лишь проявление термограмм ведется в общей фотолаборатории.

Регулирующие устройства обеспечивают автоматически:

- одновременное включение всех механизмов, необходимых при работе установки (печь, барабан, осветители, регулятор, вентилятор);
- нагрев печи с постоянной скоростью;
- включение той печи, в которую установлены термопары;
- выключение печи по времени;
- выключение всей установки после приведения регулирующих устройств к нулю;
- показ работы осветителей и состояния установки ("нулевое", "в работе", "приведение к нулю", "выключено");
- показ температуры печи или охлаждающегося блока — по желанию.

Для обеспечения автоматической работы в установке применены: электронный стабилизатор напряжения (СН-2 завода "Кинап" — установлен отдельно), электромеханический регулятор напряжения, автоматические электромагнитные выключатели с электрическими датчиками-замыкателями, цветные световые сигналы, электроизмерительные приборы. Принципиальная схема монтажа всего управления показана на рис. 2, а расположение основных устройств — на рис. 3 и 4.

На установку подается от стабилизатора ток напряжением 135 в, входным автотрансформатором ЛАТР-1 (2 на рис. 2) напряжение повышается до 220—240 в, а затем изменяется регулятором напряжения (3). В последнем использован второй автотрансформатор ЛАТР-1 (с роликовым контактом). Положение ползуна этого трансформатора регулируется таким образом, чтобы изменение напряжения на выходе трансформатора, а следовательно и на зажимах печи, обеспечило прямолинейный ее нагрев. Регулировка осуществляется с помощью фигурного диска, который вращается с постоянной скоростью посредством синхронного моторчика (11) через систему передач. Один оборот этот диск совершает за 72, 144 или 288 минут. На фигурный диск опирается ролик рычага, связанного тросиком (с грузом) с ползуном трансформатора. Сменные фигурные диски обеспечивают ступенчатую регулировку скорости нагрева. Нами приняты скорости: 5—7,1—10—14,1—20 градусов в минуту (соотношение скоростей нагрева = $\sqrt{2}$).

Графики изменения напряжения, обеспечивающие прямолинейный нагрев, подбираются заранее по кривым нагрева печи при различных напряжениях. Для более быстрого преодоления тепловой инерции печи вначале задается несколько повышенное напряжение, затем оно

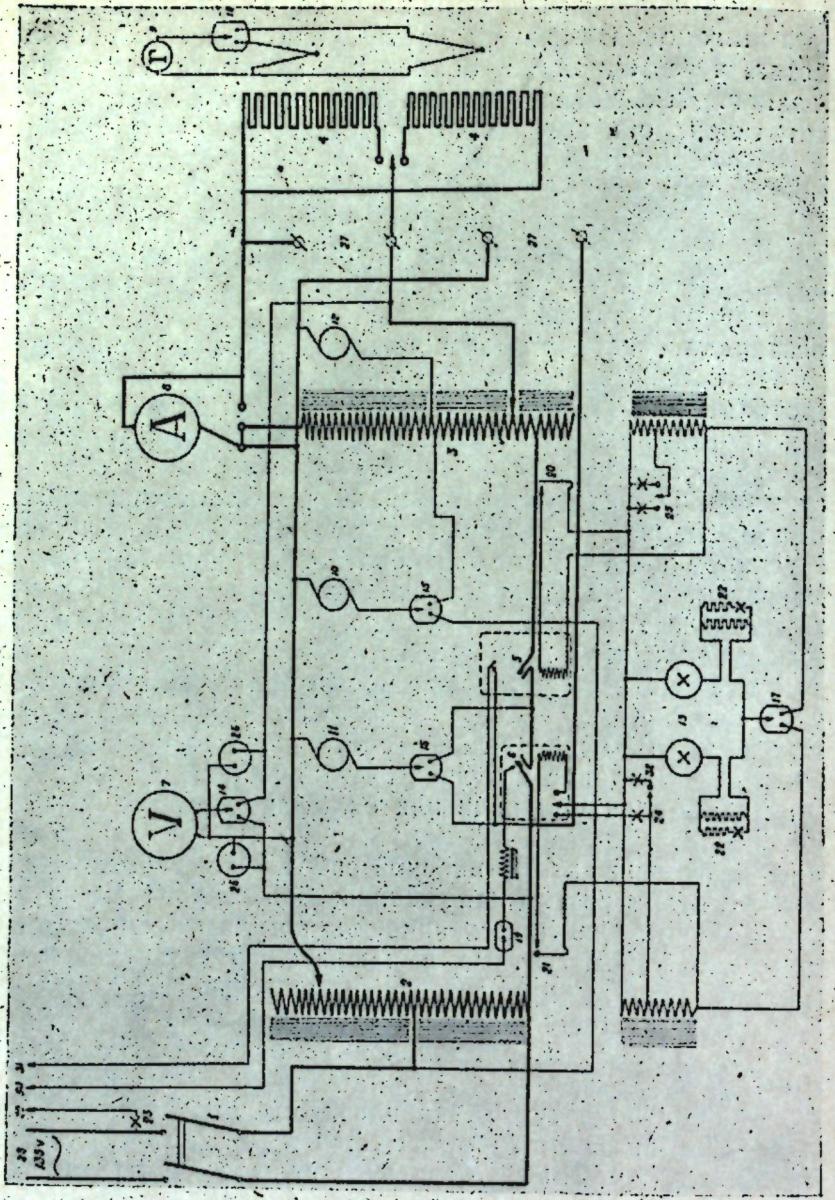


Рис. 2. Схема регулирующих устройств.
 1 — главный рубильник; 2 — входной автоматический трансформатор; 3 — автотрансформатор регулятора; 4 — печь; 5 — "автостоп" (первый); 6 — "автостоп" (второй); 7 — вольтметр; 8 — амперметр; 9 — стрелочный гальванометр; 10 — мотор барабана; 11 — мотор регулятора; 12 — мотор вентилятора; 13 — осветители; 14 — переключатель вольтметра; 15 — переключатель барабана; 16 — переключатель регулятора; 17 — переключатель осветителей; 18 — переключатель гальванометра; 19 — выключатель "автостоп" (общего); 20 — замыкатель простой; 21 — замыкатель инерционный; 22 — сигнал осветителей; 23 — сигнал зеленый (стабилизатора); 24 — сигнал красный; 25 — сигнала белые; 26 — гнезда выносного вольтметра; 27 — клеммы; 28 — силовая линия от стабилизатора; 29 — к сигнальной обмотке силового трансформатора стабилизатора; 30 — к выключателю "автостоп" (общий); 31 — к силовому трансформатору стабилизатора; 32 — лампочка и замыкатель подсветки термометра терmostата.

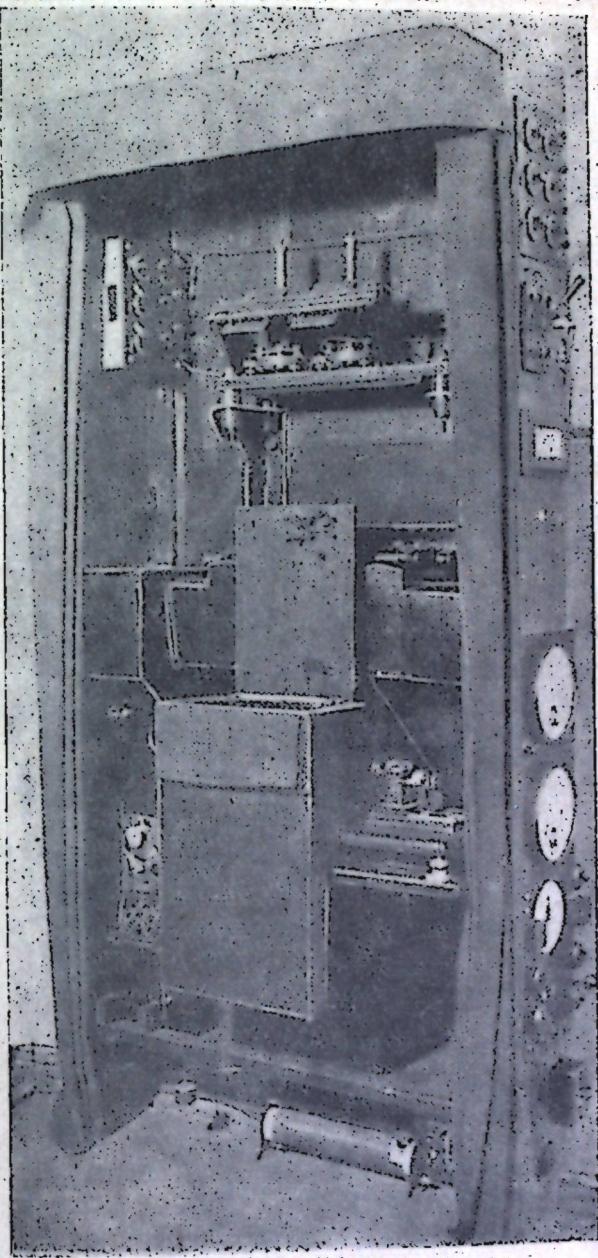


Рис. 3. Общий вид термоустановки.
 Фото М. Л. Блатт.

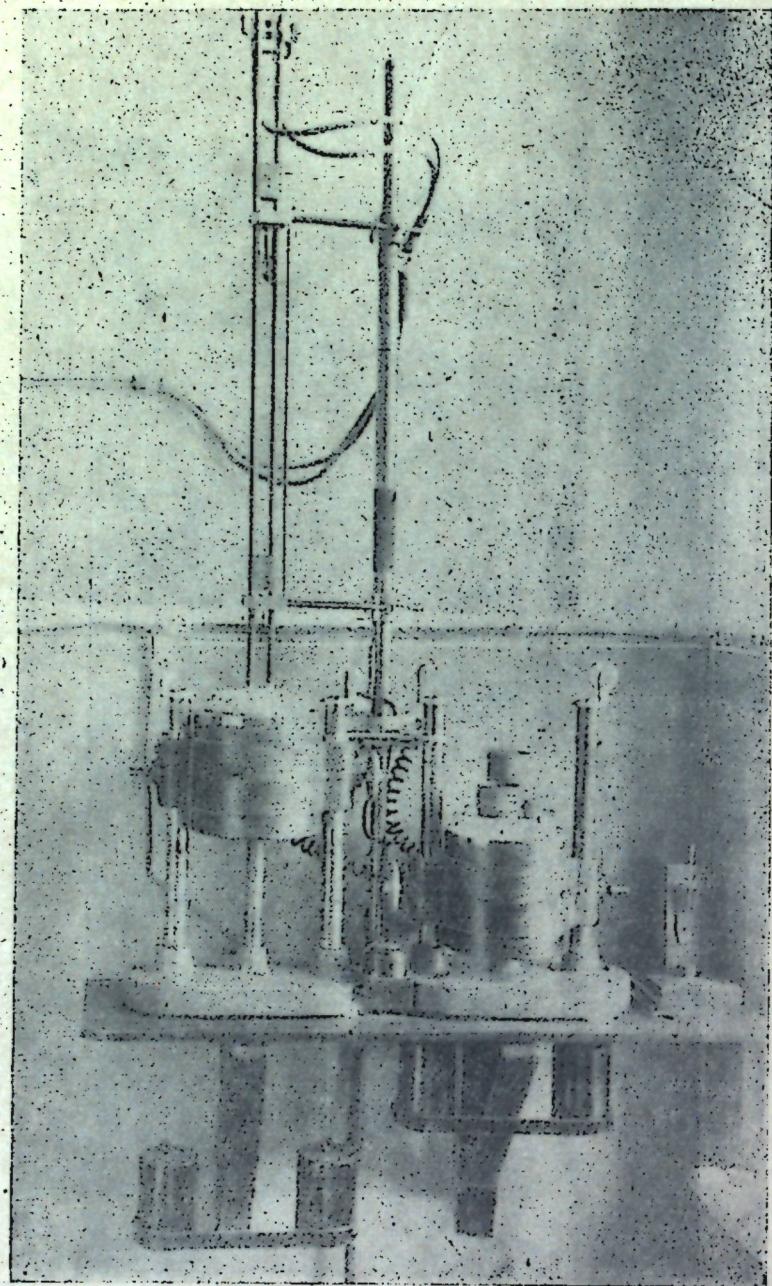


Рис. 4. Блок печей.

Фото М. Л. Блатт.

снижается до необходимого минимума, а далее постепенно повышается. Эти графики корректируются окончательно путем проведения пробных нагревов при ручной регулировке. По выверенным графикам и вырезаются фигурные диски (рис. 5).

На каждом сменном фигурном диске установлено по два поводка, которые служат для приведения в действие соответствующих замыкателей — датчиков автоматических выключателей. Один из них (20) установлен так, чтобы производить выключение печи через определенное время после начала нагрева, когда температура печи достигает установленного предельного значения (1050°C). Этот замыкатель приводит в действие „автостоп“ — автоматический электромагнитный выключатель (5), который выключает все механизмы установки (печь, барабан, осветители, стабилизатор, вентилятор), кроме самого регулятора. При подходе фигурного диска регулятора напряжения к исходному, нулевому положению, срабатывает второй замыкатель (21) и соответствующий ему „автостоп“ (6), останавливающий вращение регулятора. Этот второй замыкатель — инерционного типа, он замыкает контакты только в момент выключения, не препятствуя последующему включению установки для нового нагрева.

Если необходимо по окончании нагрева отключить всю установку от сети, это выполняет третий „автостоп“, установленный на щитке. Он срабатывает одновременно со вторым „автостопом“, если предварительно был замкнут специальный выключатель (19).

Контроль за работой установки осуществляется по световым сигналам и показывающим приборам. Световые сигналы фиксируют следующие положения установки: „включена“ (красный сигнал — 24), „стабилизатор включен“ (зеленый — 23), „идет нагрев“ (белый — 25). Одновременно с этим работа осветителей контролируется соответствующими световыми сигналами (22), лампочка каждого из них включена последовательно с лампой осветителя.

Режим работы печи контролируется с помощью вольтметра (7)

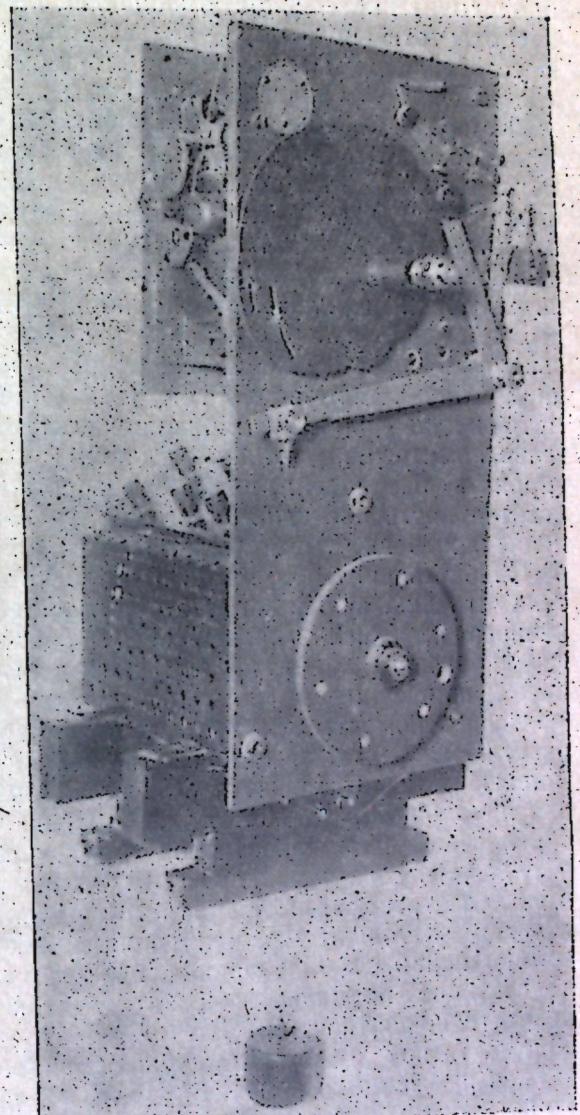


Рис. 5. Регулятор напряжения.

Фото М. Л. Блатт.

и амперметра (18). При этом вольтметр может переключаться или на вход трансформатора-регулятора, или на его выход, показывая в последнем случае напряжение на зажимах печи. Аналогично этому может переключаться и амперметр. При длительной работе печи происходит постепенное уменьшение сечения проволоки ее спиралей и соответственно этому — возрастание сопротивления нагревателя. Восстановление потребляемой мощности до нормы производится повышением напряжения с помощью входного трансформатора.

Температура печи может определяться как по шкале барабана, так и по стрелочному гальванометру (9), установленному снаружи. Этот гальванометр подключен к термопаре, которая подведена к блоку через стойку последнего, снизу. Переключатель (18) дает возможность включать гальванометр на термопару любого блока, что позволяет контролировать как нагрев, так и охлаждение соответствующей печи. Наличие подобного гальванометра и дополнительных термопар весьма удобно, так как это дает возможность не связывать определение температуры любой печи (блока) с положением рабочих термопар. К тому же включение контрольного гальванометра в цепь рабочих термопар нежелательно потому, что стрелочный гальванометр (обладающий небольшим сопротивлением) будет шунтировать дифференциальный гальванометр. Вследствие этого чувствительность последнего заметно снизится и будет нарушена равноплечность дифференциальной термопары.

Сопоставление показаний приборов облегчается наличием указателя (стрелки) на оси фигурного диска регулятора напряжения, выведенного на панель управления (у — рис. 1). Шкала этого указателя градуирована в минутах, что дает возможность постоянно знать время, прошедшее с начала нагрева.

Цепи вспомогательных механизмов: барабана, регулятора, а также осветителей включены через трехполюсные переключатели. С помощью их осуществляется раздельное включение любого механизма, что необходимо, например, для барабана и осветителей при нанесении нулевых сигналов. Второе положение каждого такого выключателя не означает полного выключения цепи — она лишь переключается на трансформатор регулятора напряжения. Так как последний включается только в рабочем положении установки, то тем самым одновременно с печью приходят в действие и все механизмы, обеспечивающие нормальную работу установки: барабан, регулятор, осветители, вентилятор. Это избавляет экспериментатора от необходимости при пуске установки оперировать несколькими выключателями — все это заменяется нажатие одной кнопки „автостопа“. Точно так же, при выключении печи одновременно останавливаются и все механизмы (кроме регулятора).

Осветители, сигнальные лампочки и соленоиды автостопов питают ся от добавочных обмоток, намотанных на оба трансформатора ЛАТР. Включение электронного стабилизатора (его силового трансформатора) производится также с пульта управления с помощью одного из „автостолов“. При повороте термопар с одной печи на другую, одновременно и силовая линия переключается на эту печь.

Как можно видеть из вышеизложенного, все усовершенствования установки касаются только обслуживающих устройств. Автоматизация вспомогательных операций в весьма большой степени разгружает экспериментатора от многих механических манипуляций, уменьшает вероятность ошибок. Все это дает возможность экспериментатору все внимание уделять основному содержанию эксперимента, экономит его время.

Операции по приведению установки в действие совершаются в следующем порядке:

1. После установки образца и термопар наносят на фотобумагу нулевые точки путем временного включения осветителей и барабана. Эти точки наносятся в двух местах термограммы: сначала при положении барабана на $\frac{3}{4}$ оборота от исходного положения, а затем при начальном положении его. Таким образом, после нанесения второй пары нулевых точек барабан находится уже в исходном, нулевом положении и готов к работе.

2. Включают перекидной рубильник вверх (термопары переключаются на гальванометры), устанавливают необходимое сопротивление в цепи дифференциального гальванометра, записывают условия опыта.

3. Включают первый „автостоп“ (правый); тем самым включается стабилизатор напряжения, дополнительно к красному при этом зажигается зеленый сигнал.

4. После вхождения стабилизатора в режим стабилизации включают второй „автостоп“ (левый). При этом вместо красного сигнала зажигается белый — включенной печи, зажигаются белые сигналы осветителей, амперметр показывает соответствующую силу тока, начинают работать барабан, регулятор, вентилятор — опыт начался.

Дальнейшая работа установки не требует вмешательства экспериментатора: нагрев печи идет по прямой, по окончании нагрева печь и все механизмы будут выключены, регулятор сам придет к нулю и выключится, одновременно с этим и вся установка отключится от сети, если при пуске установки было сделано подключение общего „автостопа“.

Описанное здесь устройство не может, разумеется, считаться весьма совершенным. Известны, например, программы иного типа, более сложные, с датчиками от термопар, специальных термоизмерительных элементов, с электронными схемами, дающие возможность более широко и просто манипулировать условиями эксперимента, что особенно важно для специальных лабораторий. Устройство же предлагающего типа, по нашему мнению, наиболее пригодно для лабораторий, в первую очередь, геологических организаций, где обычно необходимо проведение массовых анализов в стандартных условиях.

В заключение остановимся еще на характеристике некоторых условий опыта, принимаемых нами за стандартные, описаний приемов работы и отдельных усовершенствований, облегчающих и уточняющих работу.

1. Форма тигля принята цилиндрической, с диаметром полости для образца в 10 мм. При высоте засыпки образца также в 10 мм получаем так называемый „изометрический цилиндрический образец“, т. е. образец цилиндрической формы, у которого высота равна диаметру. Такой тигель обычно вмещает навеску большинства веществ в 1 г (при несколько различной степени уплотнения). При малом количестве вещества допускается применение тиглей геометрически подобной формы, меньшего размера: диаметром 7,9 мм (вмещает 0,50 г); 6,3 мм (0,25 г); 5,0 мм (0,125 г); 4,0 мм (0,062 г); 3,1 мм (0,031 г).

При засыпке вещества в тигель производится его уплотнение с помощью штока, плотно входящего в тигель. На боковой поверхности штока имеется риска, которая позволяет уплотнить вещество в тигле всегда до определенной, постоянной высоты.

2. Для помещения снаряженной термопары точно в центр образца, в последнем выдавливается канал с помощью специального прибора — центризатора (виден на рис. 4). Он состоит из пuhanсона — стальной спицы с плоской головкой наверху, а снизу слегка сточенной в виде усеченного конуса, и направляющей обоймы с центральным отверстием

по диаметру пуансона. Пуансон имеет вертикальное (осевое) перемещение в кронштейнах подставки. Направляющая обойма накладывается на тигель с образцом, при этом ее нижняя поверхность ложится поверх образца, тигель подводится под пуансон и последний опускают вниз через отверстие направляющей обоймы.

В образовавшийся при этом канал, после установки тигля в блок, опускают сверху термопару. Миллиметровые деления на керамике термопары, заранее выверенные по высоте, позволяют установить спай термопары точно в центре образца или на любой желаемой высоте.

3. В качестве стандартной нами принята скорость нагрева 20° в минуту. Эта скорость является максимальной из тех, какие применяются в обычном нескоростном термическом анализе. Тём не менее мы считаем, что такая скорость обеспечивает достаточную четкость и воспроизводимость результатов и позволяет вести запись при меньшей чувствительности дифференциального гальванометра, у которого, следовательно, остается больший резерв чувствительности. Одновременно с этим, при такой скорости нагрева наиболее полно используется мощность печи при сохранении прямолинейности нагрева, анализ проводится в минимальные сроки (57—58 минут).

4. Чувствительность дифференциального гальванометра должна подбираться, как известно, в каждом опыте применительно к характеру образца, чтобы получить наиболее четкую запись. Величина сопротивления в цепи дифференциального гальванометра при этом может изменяться в широких пределах: от нескольких сотен или тысяч ом до 50—60 тысяч ом. Чтобы иметь возможность получать при этом сравнимые результаты, что совершенно необходимо в случае количественных определений, нами условно избрано эталонное сопротивление ($R_{g_0} = 10000$ ом), к которому и приводятся результаты опытов, проведенных при иных сопротивлениях (R_{gn}). Пересчетные коэффициенты рассчитываются по формуле:

$$K_R = \frac{R_g + R_n + R_{gn}}{R_g + R_n + R_{g_0}}$$

где R_g и R_n — сопротивление гальванометра и проводов [4].

При принятой нами величине эталонного сопротивления в 10000 ом, чувствительность дифференциального гальванометра определяется в 0,023 милливольт на 10 мм шкалы или в отклонении на 30,2 мм при разности температур в 10° С и абсолютной температуре в 100° С.

5. При измерении площадей на термограммах мы отказались от применения планиметра, а вместо этого пользуемся параллельной палеткой. Последняя представляет собою лист кальки, с проведенными на ней параллельными линиями. При наложении такой палетки на термограмму, мы получим ряд отрезков линий, покрывающих площадь пика, подлежащую определению. Эти отрезки измеряются и суммируются циркулем-измерителем. При расстоянии между линиями в 0,5 см, половина полученной суммарной длины отрезков и даст искомую площадь в см². Проводя линии палетки не на равных расстояниях, а с учетом неравномерности шкалы барабана, мы получаем возможность при измерении площади автоматически вводить поправку за неравномерность шкалы. Наряду с этим преимуществом палетка более удобна в работе, менее утомляет, чем планиметр, и дает не меньшую точность [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Берг Л. Г., Цуринов Г. Г. Пирометр Н. С. Куриакова (практическое руководство). Изд. АН СССР, 1942.
2. Берг Л. Г. Аппаратура для термографических исследований и ее монтаж. В кн.: Термография, М.—Л., изд. АН СССР, 1944.

3. Кравцов И. А. Автоматизированная установка для комплексного термического анализа глин. Киев, изд. Акад. архитектуры УССР, 1955.
4. Седлецкий И. Д. Методы определения коллоидно-дисперсных минералов. Киев, изд. Киевск. гос. унив., 1955.
5. Сементовский Ю. В. К практике количественной термографии. Записки всесоюзн. минер. общ., т. 84, в. 4, 1955.
6. Сементовский Ю. В. Об измерении площадей на термограммах. „Заводская лаборатория“, № 1, 1956.
7. Труды Первого совещания по термографии. М.—Л., изд. АН СССР, 1955.
8. Цветков А. И. Введение в методику термоаналитических исследований. Тр. ИГН АН СССР, в. 120, петрогр. серия (№ 35), 1949.
9. Ярембаш Е. Н. Фоторегистрирующий пирометр ПК-52. Труды Первого совещания по термографии, М.—Л., изд. АН СССР, 1955.

Ю. В. Сементовский

О ЗАВИСИМОСТИ ПЛОЩАДИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ
ТЕРМОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАПИСИ ОТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБРАЗЦЕ
ТЕРМОАКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА

В числе экспериментальных факторов, имеющих влияние на площадь дифференциальной термографической записи, мы не рассматривали ранее (1955) вопрос о распределении термоактивного вещества в массе навески. Между тем имеющиеся здесь зависимости представляют значительный интерес и не всегда они могут быть однозначно расшифрованы.

Будет ли, например, и как изменяться площадь записи, если термоактивное вещество расположить непосредственно вблизи термопары или, наоборот, распределить его по периферии тигля, заполнив остальное пространство последнего инертным веществом? В каком отношении будет возрастать площадь записи при увеличении навески термоактивного вещества?

Для любого образца термоактивного вещества, обладающего определенными линейными размерами, площадь дифференциальной термической записи представляет собою, очевидно, интегральный результат влияния каждой точки вещества, находящейся в пространстве на различном удалении от спая термопары.

Равноценно ли значение каждой из этих точек в образовании интегрального результата или же центральные точки имеют большее значение, чем периферические?

Чтобы в какой-то мере подойти к разрешению хотя бы некоторых из этих вопросов, мы поставили несколько серий опытов.

Наилучший результат мог быть получен при записи реакции одинаковой навески термоактивного вещества, но распределенной относительно спая термопары концентрическими слоями. С твердым веществом выполнить такой опыт технически очень трудно, но при использовании, в качестве термоактивного вещества, жидкости, ряд трудностей отпадает. Для локализации жидкости в определенном месте образца нами был изготовлен так называемый концентрический тигель. Он состоял из пяти цилиндрических гильз разного размера, изготовленных из металлической фольги. Эти гильзы помещались центрированно в массе инертного вещества (кварц, фракция менее 0,01 мм). Тем самым все пространство образца было разделено на кольцевые зоны, находящиеся в разном удалении от спая термопары. Жидкость (вода) в количестве 0,02–0,10 мл вводилась с помощью микропипетки в любую из кольцевых зон и под влиянием капиллярных сил распределялась в ней среди массы инертного заполнителя. Положение такого концентрического тигля и спая термопары в нем оставалось неизменным во всех опытах, благодаря чему было уменьшено влияние случайных факторов эксперимента. Результаты этой серии опытов показаны в таблице 1.

Таблица 1

Положение термоактивной зоны	1	2	3	4	5
Среднее расстояние (R) от спая до термоактивной зоны, в см	0,09	0,19	0,33	0,45	0,65
Площадь (S) эффекта испарения воды в пересчете на 1 мл, в см^2	407	245	138	98	64
Постоянная реакции ($R \cdot S$)	36,6	46,5	45,5	44,1	41,6

Полученные данные показывают, прежде всего, что изменения температурного режима не ограничиваются пределами самого термоактивного вещества, а распространяются на значительное расстояние в окружающей его среде. Термоактивное вещество в момент термической реакции может рассматриваться в качестве источника энергии, независимо от знака процесса. Естественно предположить, что интенсивность проявления реакции (эффективная интенсивность) в любой точке пространства (в том числе и на спае термопары) будет обратно пропорциональна расстоянию до этой точки.

Именно такую зависимость и показывают результаты наших опытов. В них обращают на себя внимание близкие значения произведений эффективной интенсивности (S) на удаление (R) термоактивной зоны для ряда положений последней. Принимая это произведение за константу выражения термической активности воды в данных условиях (a), можем записать:

$$S = \frac{a \cdot m_a}{R}. \quad (1)$$

Это выражение и показывает зависимость площади записи от навески (m_a) термоактивного вещества и удаления его от спая термопары. Кривая, рассчитанная по этой формуле, и полученные эмпирические данные нанесены на рис. 1 (а). Хорошее совпадение опытных данных с расчетной кривой подтверждает правильность выводов.

Некоторое отклонение крайних точек вполне объяснимо влиянием проволоки термопары, с одной стороны, и металлического выравнивающего блока — с другой.

Постоянная реакции (a), получаемая в описанных опытах, зависит не только от активности исследуемого вещества, но также и от термических свойств инертного заполнителя. Так, если в кварце величина a для воды равна 45,4, то в шамоте она возрастает до 48,5. На интенсивность термической реакции безусловно будут оказывать влияние и такие, внешние по отношению к образцу, факторы, как материал тигля, толщина его стенок, масса тигля и другие условия эксперимента, определяющие распределение теплоты в реакционной зоне.

Большой интерес представляет выявление зависимости между площадью записи и размером образца. В качестве термоактивного вещества в этой серии опытов использовался гипс. При этом особое внимание было обращено на достижение однородности среды, окружающей образец. Из вышеизложенного мы видели уже, насколько значительной является сфера термического влияния термоактивного образца на окружающую среду. Поэтому всякие изменения последней, прежде всего материала тигля, будут влиять на площадь записи. При замене, например, керамического тигля на металлический, эффективная интенсивность (площадь) термических реакций уменьшается на 25%. Если тигель изготовлен из тонкого молотого шамота,

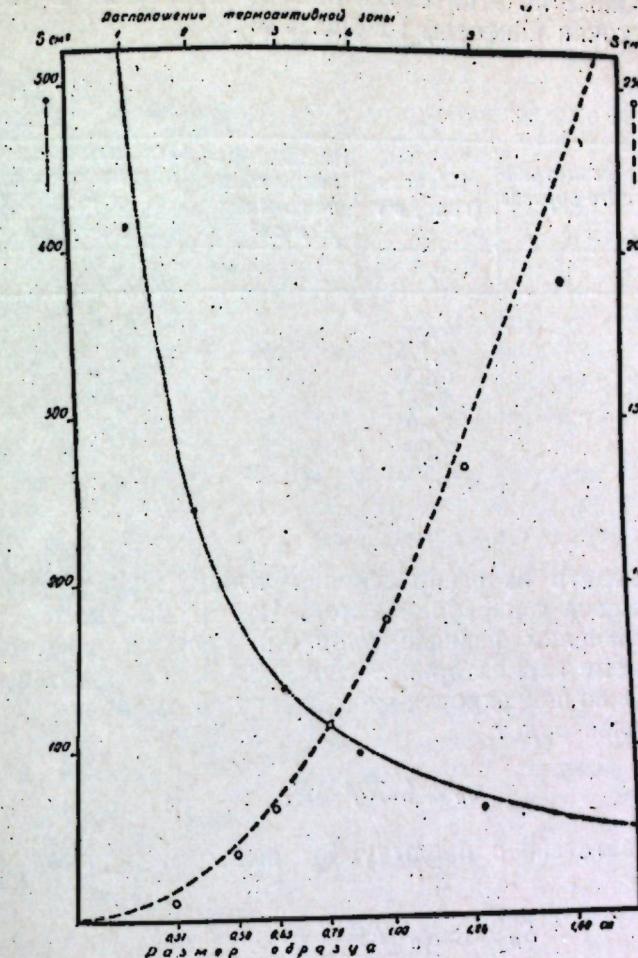


Рис. 1. Зависимости между: а) площадью записи и удалением равновеликого образца (черные точки); б) площадью записи и размером образца (белые точки).

то в нем площади реакций получаются на 7–8% меньше, чем в таком же тигле, но изготовленном из мелкозернистого шамота.

Для того, чтобы обеспечить однородность внешней среды при различном размере образцов, была разработана следующая техника эксперимента. Большой тонкостенный цилиндрический тигель, изготовленный из фарфоровой трубы, первоначально заполнялся с равномерным уплотнением инертным веществом (окись магния). Путем осторожного удаления последнего (но отнюдь не путем выдавливания или переуплотнения), без уплотнения остающейся массы, в центральной части заполнения делалось углубление нужного диаметра. Полученная таким образом цилиндрическая полость калибровалась специально подобранным штоком и в нее помещался исследуемый материал. После проведения нескольких опытов при минимальном диаметре образца, цилиндрическая полость расширялась до нового размера и т. д.

Серия опытов проводилась с образцами в форме изометричного цилиндра диаметром в 3,1–5,0–6,3–7,9–10,0–12,6–16,0 мм. Соотношение диаметров в этом ряде близко к $\sqrt[3]{2}$ (за исключением первой пары образцов), что дает отношение навесок, близкое к двум. Спай термопары помещался в геометрическом центре образца.

Сводные данные по этой серии опытов показаны в таблице 2, а полученные точки нанесены на рис. 1(б).

Таблица 2

Диаметр (высота) изометрического цилиндрического образца в см	Навеска (гипс) в г	Площадь реакции безвоздживания в см ²	Отношение площадей сравнительно со стандартным образцом (1,0 г)	
			фактическое	расчетное
1	2	3	4	5
0,31	0,030	5,31	0,06	0,10
0,50	0,125	18,53	0,21	0,25
0,63	0,250	33,47	0,38	0,40
0,79	0,500	57,16	0,64	0,63
1,00	1,000	88,60	1,00	1,00
1,26	2,000	134,20	1,51	1,58
1,60	4,100	191,40	2,16	2,56

Как можно видеть из распределения точек, исследуемая зависимость весьма близка к параболической. Чтобы показать справедливость этого, определим вначале площадь реакции термоактивного вещества в объеме элементарного слоя, т. е. слоя толщиной ΔR , распределенного по поверхности изометрического цилиндра радиуса R_n . Объем такого слоя будет:

$$v_n = 6\pi R_n^2 \cdot \Delta R. \quad (2)$$

Отсюда, в соответствии с предыдущим выводом (1), получаем площадь реакции:

$$S_n = 6\pi R_n^2 \cdot \Delta R \frac{a}{R_n} q, \quad (3)$$

где q — объемный вес засыпки термоактивного вещества в тигле. Введя коэффициент K для обозначения постоянных членов этого выражения ($K = 3\pi qa$), получим:

$$S_n = 2KR_n \cdot \Delta R. \quad (4)$$

Вполне очевидно, что площадь реакции для образца радиуса R_n будет определяться суммой площадей реакций всех элементарных слоев, составляющих этот образец:

$$S = S_1 + S_2 + \dots + S_{n-1} + S_n = 2K \cdot \Delta R (R_1 + R_2 + \dots + R_{n-1} + R_n). \quad (5)$$

Используя выражение для суммы членов арифметической прогрессии¹, получаем:

$$S = 2K \cdot \Delta R \frac{R_n \cdot n}{2} = K \cdot R^2, \quad (6)$$

т. е. уравнение параболы с директриссой, параллельной оси R (рис. 1).

Как и в первой серии опытов, имеем хорошее совпадение теоретической кривой с эмпирическими данными, что показывает справедливость изложенных рассуждений. Некоторое расхождение

¹ $S = \frac{(a+l)n}{2}$, где a и l — крайние члены прогрессии. У нас: $a = 0$, $l = R_n$.

этих данных при малых и больших образцах объясняется в основном возрастанием теплопотерь.

При малых навесках возрастает относительное значение теплопотерь через проволоку термопары. Имеет влияние здесь также и отсутствие термоактивного вещества в центральной части, которая занята спаем термопары (и каналом для ее введения). При диаметре образца минимального размера в 3 мм, а канала для термопары и спая — в 1—1,5 мм это обстоятельство, бесспорно, существенно. При больших навесках теплопотери возрастают в абсолютном размере вследствие нарушения однородности внешней среды, близости к образцу металлического блока.

Минимальное влияние все эти факторы имеют для образцов диаметром 7,9—10,0 см или, соответственно, навесок 0,5—1,0 г. Именно эти точки наиболее близко совпадают с расчетной кривой. Указанные навески и следует считать оптимальными в количественной термографии.

Поскольку площадь записи изменяется пропорционально квадрату радиуса (диаметра, высоты) образца, а его масса пропорциональна кубу той же величины, мы имеем возможность установить зависимость площади записи от навески:

$$S = K' \sqrt[3]{m^2}. \quad (7)$$

Например, при увеличении размеров образца вдвое, навеска возрастает в 8 раз, а эффективная интенсивность (площадь) реакции только в 4 раза. При увеличении навески, положим, в два раза и соответствующем возрастании размеров образца (в 1,26 раза), площадь реакции увеличится в 1,58 раза. Площадь записи в 0,5 первоначальной дает навеска, составляющая только 0,35 первоначальной и т. п. На практике эти соотношения не будут, разумеется, выдерживаться с абсолютной точностью, прежде всего, вследствие неизбежной разнородности материала тиглей. Это последнее обстоятельство в количественном отношении должно быть еще изучено дополнительно.

В иностранной литературе вопросы, подобные рассмотренным нами, в какой-то мере затрагиваются в статье И. Баршад (1952). Он указывает, в частности, что площадь пика и амплитуда реакции для данного количества вещества обратно пропорциональны расстоянию вещества от спая термопары. Более точно характер этой связи он, однако, не рассматривает. Цифры его таблицы 1 дают распределение точек, на координатах расстояние — площадь, приближающееся к прямой. Однако, нужно заметить, что цифры, показывающие положение образца, в этой таблице являются неточными. Они указывают расстояние от спая термопары лишь по высоте. Термоактивное же вещество располагалось в реакционной полости блока тонкими горизонтальными слоями. Поэтому при нулевом расстоянии, соответствующем положению такого слоя на уровне спая термопары, расстояние по горизонтали до наиболее удаленной точки образца будет 3,5 мм. Отсюда среднее расстояние, при диаметре спая в 1 мм, получим 1,5 мм. Если подобным образом исправить остальные величины, то распределение точек будет уже существенно иным, приближающимся, в какой-то мере, к зависимостям, выявленным в первом разделе настоящей статьи.

И. Баршад приводит также данные, характеризующие соотношение площадей (эндотермической реакции) для постоянной навески каолинита, распределенной в возрастающем объеме инертного вещества (табл. 3).

Таблица 3

Объем образца в см ³ (по И. Баршад)	Пересчет			Площадь пика в см ² (по И. Баршад)
	$\frac{V}{v}$	$\frac{R_1}{R_2}$	S_2 расч.	
0,040	0,34	1,77	4,51	4,06
0,130	0,51	1,18	3,01	3,02
0,220	0,60	1,00	$S_1 = 2,55$	2,55
0,310	0,68	0,88	2,24	2,23
0,400	0,74	0,81	2,07	1,94
0,490	0,79	0,76	1,94	1,62

Мы не рассматривали выше зависимости подобного рода, но она может быть легко получена путем расчета. В самом деле, площадь записи для исходного образца радиуса R_1 будет: $S_1 = KR_1^2$ (см. 6).

Образец иного радиуса имеет объем, пропорциональный отношению кубов радиусов: $v_2 = v_1 \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^3$, поскольку же в этом объеме распределено прежнее количество термоактивного вещества, площадь реакции будет (в первом приближении) соответственно обратно пропорциональна отношению объемов. Отсюда получим:

$$S_2 = KR_2^2 \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^3 = KR_1^2 \frac{R_1}{R_2} = S_1 \frac{R_1}{R_2}. \quad (7)$$

Это же вытекает и из выражения (1).

Производим далее пересчет данных И. Баршад (табл. 3). По объему образца определяем его линейные размеры (в относительных цифрах), а по последним — отношение $\frac{R_1}{R_2}$, принимая один из образцов среднего размера за исходный. При сопоставлении расчетных значений площади (S_2) с фактическими видим их полное совпадение для средних значений.

Для образцов крайнего размера наблюдаем заниженные величины площади против расчетных, что объясняется теми же причинами, которые мы указывали и раньше: возрастание теплопотерь через проволоку термопар и блок.

Подобное совпадение является лишним доказательством справедливости изложенных выше суждений.

ЛИТЕРАТУРА

Сементовский Ю. В. К методике количественных определений при термографическом анализе. Тр. Первого совещ. по термографии. М., изд. АН СССР, 1955.

Barshad I. Temperature and heat of reaction calibration of the differential thermal analysis apparatus. The American Mineralogist, v. 37, № 7—8, 1952.

№ 6

Ю. В. Сементовский

СТРОБОСКОПИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРИБОРОВ *

В практике лабораторных минералогических, петрографических, палеокарнологических и других работ довольно широкое применение имеют разного рода центрифуги (центрифуга Мошева, сверхцентрифуга и др.). Большинство из этих центрифуг, как и других подобных приборов, не имеют указателей скорости вращения. Некоторые из них (сверхцентрифуга) имеют жидкостный указатель, который однако не обладает высокой точностью, легко выходит из строя вследствие утечек жидкости и с трудом может быть восстановлен. Приходится пользоваться периодическими проверками с помощью переносного тахометра, а в период между проверками основываться на показаниях регулирующего прибора (реостат, трансформатор), что не может обеспечить необходимой точности. В то же время нет необходимости, а часто и возможности, применять для указанной цели сложные механические, электрические и другие тахометры. Точность, даваемая ими, будет избыточной для наших целей, не оправдывая применения сложных и дорогих приборов.

В настоящей заметке мы описываем упрощенный стробоскопический указатель скорости вращения лабораторных приборов, основанный на использовании стробоскопического эффекта. Такой указатель был применен нами для разных центрифуг при скорости вращения их волчка («электроцентрифуга», центрифуга Мошева) или мотора (сверхцентрифуга) до 6000 оборотов в минуту.

Стробоскопическим эффектом называются, как известно, явления, кажущегося изменения вида и состояния движущегося предмета, освещаемого периодическими вспышками света или открываемого периодическими раскрытиями смотровой щели. Если на поверхность вращающегося предмета нанести белую метку, то в момент совпадения числа оборотов с числом вспышек света (открытой щели) эта метка будет казаться неподвижной. Зная число вспышек света, мы тем самым легко определим и скорость вращения. Так, при 100 вспышках в секунду скорость вращения, в случае появления одной неподвижной метки, будет равна 6000 оборотов в минуту. При постепенном уменьшении скорости вращения в определенные моменты мы будем видеть 2, 3, 4 и более меток. Эти моменты будут соответствовать кратному уменьшению максимального числа оборотов, т. е. 3000, 2000, 1500 и т. д. оборотов в минуту. Если первоначально была нанесена не одна, а несколько симметрично расположенных меток, то можем наблюдать иные фигуры, определять иные скорости, но принцип остается тот же.

* Сокращенный вариант статьи опубликован в журнале «Заводская лаборатория», № 7, 1957 г.

В качестве осветителя в точных стробоскопических тахометрах применяется безынерционная неоновая лампа с камертонным или кварцевым генератором частоты. Признавая, что неоновая лампа дает бесспорно наилучшие результаты, мы однако не можем во всех случаях рекомендовать ее для упрощенного указателя, так как при этом необходимо прикрыть установку от постороннего света, а собственного света неоновой лампы недостаточно для нормальной и безопасной работы на установке. Вполне пригодными для названной цели оказались газосветные лампы дневного света. Правда, благодаря наличию послесвещения у люминофоров этих ламп, они обладают некоторой световой инерцией, которая сглаживает стробоскопический эффект, но тем не менее этот эффект остается вполне отчетливым в тех пределах, в каких это необходимо для практического его использования.

Лампа дневного света, включенная в городскую сеть переменного тока, в соответствии с частотой последнего (50 гц) дает в секунду 100 вспышек (точнее, возрастаний яркости). Эта величина и является отправным моментом для расчета скорости по получаемым стробоскопическим фигурам.

Предлагаемый нами "прибор" состоит, следовательно, из лампы дневного света, освещющей одновременно всю установку (или неоновой лампы — там, где это целесообразно) и диска-указателя, закрепляемого на волчке (моторе) центрифуги. На черной поверхности диска-указателя (диаметром порядка 8—10 см) наносятся: в периферийской части один белый сектор шириной около 45° , в центральной — три сектора (по 15°). При скорости вращения 6000 оборотов в минуту на периферийской части диска появляется один неподвижный темный сектор с размытыми радиальными краями. Если скорость не точно совпадает с указанной, то этот сектор будет вращаться вперед или назад. Эта кажущаяся скорость вращения соответствует разности скоростей: действительной и той, при которой сектор становится неподвижным (в данном случае 6000 обор. в минуту).

Появление 2, 3, 4 и более секторов будет соответствовать, как показано выше, кратному уменьшению числа оборотов. Секторы центральной части диска-указателя дают наиболее четкие стробоскопические фигуры при малых скоростях вращения (рис. 1). Расположение ламп относительно диска-указателя не имеет большого значения. При наличии одной лампы дневного света ее лучше помещать непосредственно над диском, что обеспечивает большую яркость освещения, а стало быть и четкость фигур. Постороннее освещение (дневное или ламп накаливания) должно быть несколько затенено. В случае применения ламп дневного света для общего освещения данного помещения, установки специальной лампы не требуется, если диск освещен достаточно ярко. Нужно лишь проверить, чтобы все лампы дневного света были включены в одну фазу, а не в разные, что практикуется иногда для сглаживания "дрожания" света. Уменьшение контрастности рисунка диска (запыление черных поверхностей, загрязнение белых фигур) заметно уменьшает и четкость наблюдаемых стробоскопических фигур.

В Геологическом институте Казанского филиала Академии наук СССР описанный указатель работает бесперебойно с 1950 года. Однако эта схема не является единственной. В каждом конкретном случае она может быть видоизменена в той или иной части, применительно к поставленным задачам. Если, например, необходимо фиксировать скорость вращения 600 оборотов в минуту, то для этого изготавливают диск-указатель с пятью секторами. При скорости вращения 600 оборотов в минуту мы будем видеть десять секторов, а при 1200 об./мин. — пять. Если допустимо применение неоновой лампы, то пять секторов

можно наблюдать при скорости вращения 600 об./мин. в том случае, если эту лампу включить через выпрямитель (селеновый столбик). Выпрямитель срезает полупериоды тока одного направления и частота вспышек уменьшается вдвое (50 в секунду). Впрочем, если применена неоновая лампа с плоскими электродами, то подобный же эффект достигается более просто. Дело в том, что каждый электрод неоновой лампы светится попеременно при токе только одного направления. Поэтому, поместив такую лампу плоскостью электрода над диском-указателем, будем наблюдать такую же картину, как и с выпрямителем.

Стробоскопические тахометры вообще относятся к категории приборов высшего класса точности. Точность нашего прибора будет определяться исключительно лишь постоянством частоты переменного тока. Скорость вращения генераторов на электростанциях, оборудованных автоматическими регуляторами, особенно при параллельной работе нескольких генераторов, является весьма стабильной, что и обеспечивает вполне достаточную точность показаний прибора. При работе на сетях переменного тока, где не обеспечено надлежащей стабильности частоты, целесообразно включение частотомера для контроля последней.

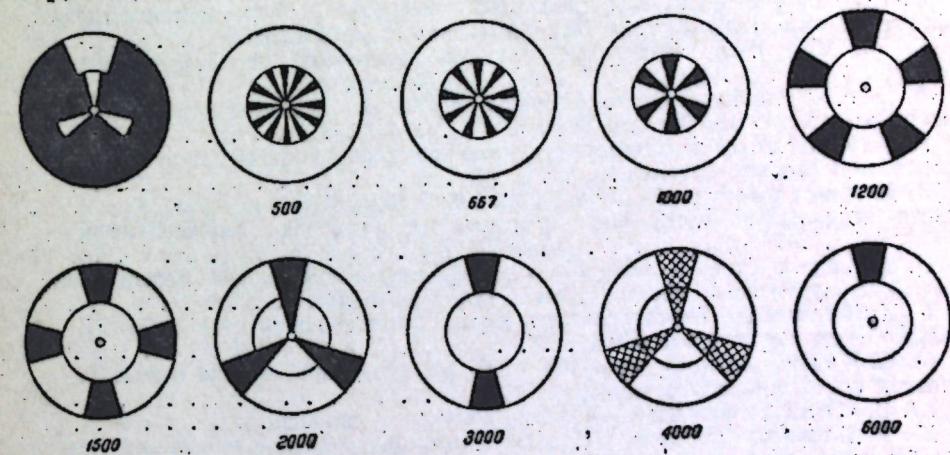


Рис. 1. Диск-указатель и стробоскопические фигуры, наблюдаемые при различных скоростях вращения (оборотов в минуту при частоте переменного тока 50 гц).

СОДЕРЖАНИЕ

Н. В. Кирсанов и Ю. В. Сементовский. Леонид Михайлович Миропольский (к 60-летию со дня рождения)	5
Л. М. Миропольский. О некоторых фундаментальных вопросах минералогии. Сообщение I. К теории понятий вида и разновидности в минералогии	17
Л. М. Миропольский. О проявлениях магматизма в Камско-Волжском крае	27
Г. Л. Миропольская. О прерывистости осадконакопления в терригенной толще девона на востоке Татарии	33
В. Н. Логинова. Литология саргаевских отложений востока Татарской АССР	61
Е. Т. Герасимова. К фациально-литологической характеристике среднефранских отложений востока Татарии и прилегающих областей	81
Б. М. Юсупов. Некоторые вопросы тектоники и нефтеносности Татарии	99
В. И. Аверьянов. О перспективах нефтеносности девонских отложений северо-востока закамской части Татарии	121
И. А. Шпильман. Некоторые данные по нефтеносности девонских отложений в Закамской Татарии	129
У. Г. Дистанов и Н. В. Кирсанов. О характере и минералогическом составе терригенной части нижнеакчагыльских отложений Вятско-Камского края	141
Н. В. Кирсанов. К вопросу о минералогическом составе бокситовых залежей Шенуринского месторождения Тульской области	151
В. Н. Незимов. Технологическая характеристика цементного сырья Шутуровской группы месторождений	161
М. С. Кавеев. Определение величины pH осадкообразования в зоне химической осадочной дифференциации	243
Ю. В. Сементовский. Термографическая установка	247
Ю. В. Сементовский. О зависимости площади дифференциальной термографической записи от распределения в образце термоактивного вещества	259
Ю. В. Сементовский. Стробоскопический указатель для лабораторных приборов	265

ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
11	4 сверху	1. Кристаллическое перекристаллизации захватившего	1. Кристаллографическое перекристаллизации, захватившей
37	22 сверху	из верхней пачки	из верхней части пачки
47	2 снизу	средней пачки	верхней пачки
48	25 сверху	до 1-2,3 мм)	до 1-2 мм, 3)
122	25 сверху	пункто,	пунктов
143	19 снизу	10,0 см	10,0 мм
263	13 сверху		

Зак. № 0101