

## **ИЗВЕСТНЯКИ КАМЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ—ЦЕННОЕ СЫРЬЕ ИЗВЕСТКОВОЙ И ЦЕМЕНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ГОРОДА ТОМСКА**

П. Г. УСОВ и С. С. ИЛЬЕНОК

Карбонатные породы являются ценным полезным ископаемым для развивающейся промышленности Сибири. Они представляют собой довольно редко встречающиеся породы в пределах средней полосы Западно-Сибирской низменности. Поэтому характеристика петрографического и химического составов, а также физических свойств известняков Каменского месторождения несомненно представляет большой практический интерес.

Месторождение известняков находится на левом берегу небольшой речки Щербак, у деревни Камень Александровского сельского Совета, Туганского района Томской области.

Участок месторождения находится в хорошо обжитом районе, в 46 км к востоку от г. Томска и в 27 км от железнодорожной станции Межениновка.

Выходы известняков от деревни Камень тянутся в северо-западном и северном направлениях на протяжении 20 км с перерывами в обнажениях. В северной части района они выступают по речке Тошма вблизи села Подломского, которое расположено по шоссе в 54 км от г. Томска. Таким образом, запасы месторождения являются крупными, а само месторождение расположено в благоприятных экономических условиях, что будет способствовать его быстрому освоению.

Ценность месторождения увеличивается еще и потому, что вместе с известняками на изученном участке залегают красные глины, и вместе с известняками они представляют прекрасный материал для синтеза силикатного цемента.

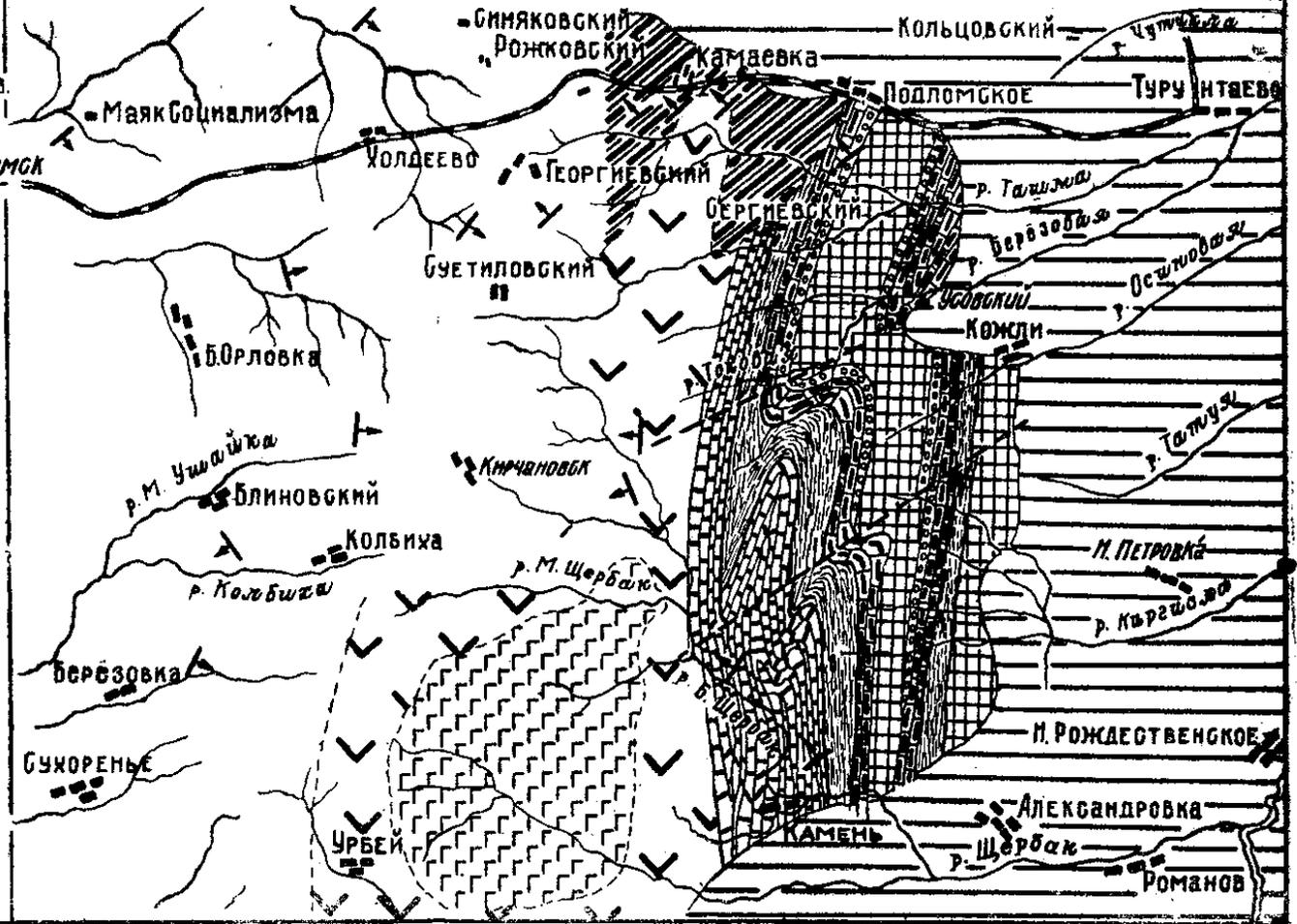
### **Краткая геологическая характеристика месторождения**

Известняки входят в состав девонской полосы пород северо-восточного, почти меридионального простирания (фиг. 1). Многочисленная фауна кораллов и мшанок в составе известняков, обработанная и изученная палеонтологическим кабинетом ЗСГУ, определяет среднедевонский возраст этих пород. Видимая мощность известняков по площади достигает 300 м, но истинная мощность—около 150 м. К западу эти породы сменяются повсеместно распространенной маломощной красноцветной толщей песчаников и конгломератов. Возраст этой толщи предположительно отнесён к низам верхнего девона. Толща венчается известняково-мергелистыми отложениями мощностью около 40—50 м, имеющими возраст  $D_3—C$ . Между залегающими выше мощными отложениями пермокарбона ( $C_3—F$ ) и известняково-мергелистыми отложениями наблюдается небольшой горизонт острогских песчаников и конгломератов, состоящих из обломков кремнистых пород.

**СХЕМАТИЧЕСКАЯ  
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**  
района  
Каменского м-ния известняков.  
По М.И.Юдину.

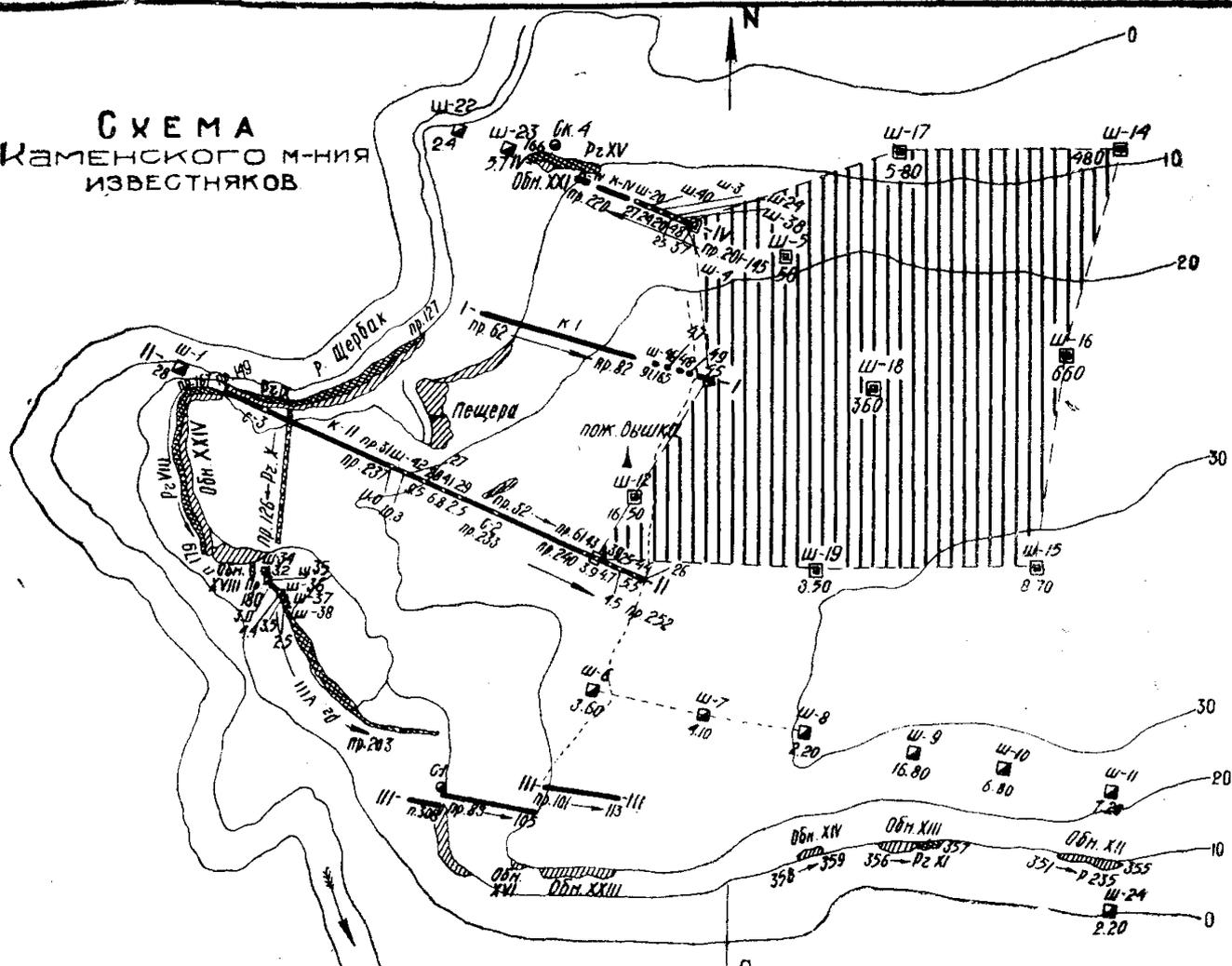
Условные обозначения:

-  Древний метаморфический комплекс Ст<sub>1</sub>-до-Ст<sub>2</sub> (?)
-  Эфузивно-туфогенная формация D<sup>4</sup>-D<sup>2</sup> (?) и разлитые базальты, малакиты и др. г. диориты и порфириты
-  Известняки D<sub>2</sub>
-  Красноцветная толща D<sub>3</sub> (?)
-  Известняково-мергельная толща D<sub>3</sub>-C<sub>1</sub>
-  Песчаники и конгломераты C<sub>1</sub> (горизонт Острогожских песчаников)
-  Пермский карбон (C<sub>3</sub>-P)
-  Мезокайнозой (Mz-Pz)
-  Элементы залегания
-  Линии тектонических нарушений



Фиг. 1

# СХЕМА Каменского м-ния известняков



## Условные обозначения:

- |                               |   |  |
|-------------------------------|---|--|
| <b>Облажение и его номер.</b> | <b>Канва и её номер. Номера взятых проб и направление порядковых подшаптовых номеров.</b> | <b>Участок разведки глин.</b>                                |
| <b>Разработка и её номер.</b> | <b>Шурф и его номер. Глубина шурфа.</b>   | <b>Места отбора проб глины на грануломет и химич. анализ</b> |

К западу каменные известняки сменяются подстилающими их эффузивно-туфовыми породами верхов нижнего девона. Девонские и пермокарбоновые породы собраны в крупные складки северо-северо-восточного простирания, опрокинутые на восток. Падения крыльев складок крупные, достигают 70—90°. Встречаются также более молодые зоны расланцовки, видимо одновозрастные „Томскому надвику“, с вертикальным или крутым падением трещин.

Одно из нарушений подобного типа выступает по речке Щербак, в 5 км выше деревни Камень. Оно имеет простирание СВ—45° и совпадает с направлением речки Осиновой. Другое нарушение в северной части района с простиранием СВ—50° совпадает с простиранием речки Березовой. Наиболее детально известняки изучались севернее деревни Камень, по левую сторону речки Щербак. Здесь проведены канавные и буровые работы (см. фиг. 2).

### Краткая петрографическая характеристика известняков

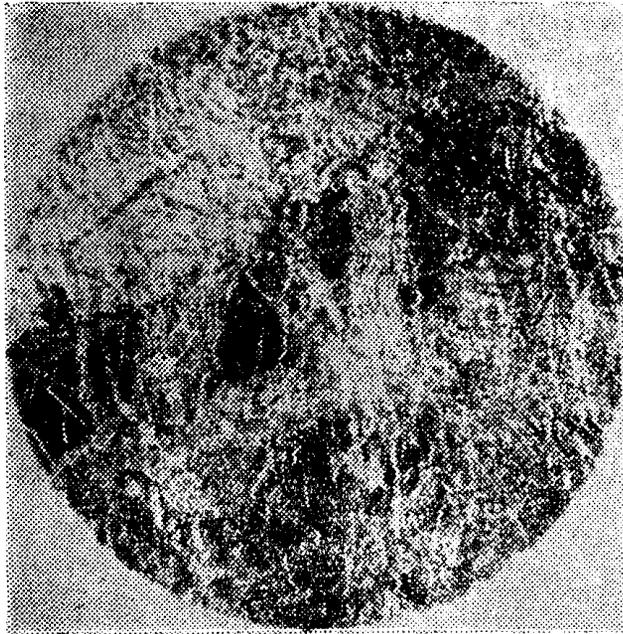
Главная масса изученных пород месторождения представлена чистыми известняками то более, то менее перекристаллизованными. Метаморфизация известняка до состояния мелкозернистой тёмносерой породы с равномерно рассеянным битуминозным веществом связана с процессами региональной складчатости. Более поздний стресс и развитие расланцовки С-В. простирания привели к раздавливанию породы и более совершенной её перекристаллизации с местной миграцией битуминозного вещества и осветлением породы. Кроме известняка, обнаружены также алевролитистые известково-глинистые сланцы. В петрографическом отношении на участке имеется несколько разновидностей известняков, которые отличаются различной степенью перекристаллизованности, первичной структурой и особенностями состава.

Образец кристаллического известняка № 298 из скважины № 4, с глубины 4,5 м—это макроскопически пятнистая, светлосерая, среднезернистая порода, состоит из чистого кальцита, окрашенного по тонким субпараллельным трещинам бурым железняком.

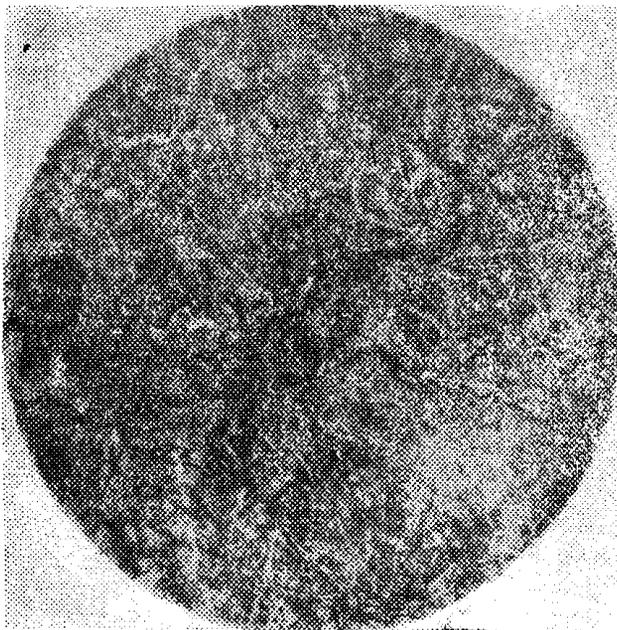
Микроскоп показывает гемеобластическую структуру. Крупные зёрна кальцита, имеющие характер порфиробластов, располагаются среди иловатой и мелкозернистой кальцитовой массы. Порода рассечена многочисленными тонкими жилочками кальцита. Встречена одна псевдоморфоза лимонита по пириту. Тонкие извилистые трещины по границам зёрен кальцита содержат лимонит, образовавшийся за счёт пирита. Характерна резко выраженная перекристаллизованность известняка, видимо, при одностороннем давлении с замещением густой системой субпараллельных жилок кальцита (фиг. 3).

Образец битуминозного кристаллического известняка № 366 из скважины № 4, с глубины 20 м—макроскопически серая среднекристаллически зернистая порода, разбита многочисленными нитяными жилками, пересекающими её в разных направлениях и содержащими чёрное обуглероженное битуминозное вещество. Перекристаллизация породы резко выражена. Микроскоп показывает неравномерную кристаллически зернистую структуру. Битуминозное вещество мигрировало, концентрируясь на границах между зёрнами кальцита. Заметное скопление углисто-битуминозного вещества проявляется в виде жилок, имеющих причудливо-извилистый характер (фиг. 4).

Порода пересечена очень густой тонкой сетью кальцитовых жилок, которые являются более ранними, чем жилки углисто-битуминозного вещества, ибо пересекаются последними. Образец брекчированного обломочного кристаллического известняка № 159 из расчистки XV. Здесь мы



Фиг. 3. Резковыраженная неекристаллизация известняка при одностороннем давлении с замещением густой системой субпараллельных жилок кальцита. Увел. 10. Ник. X.



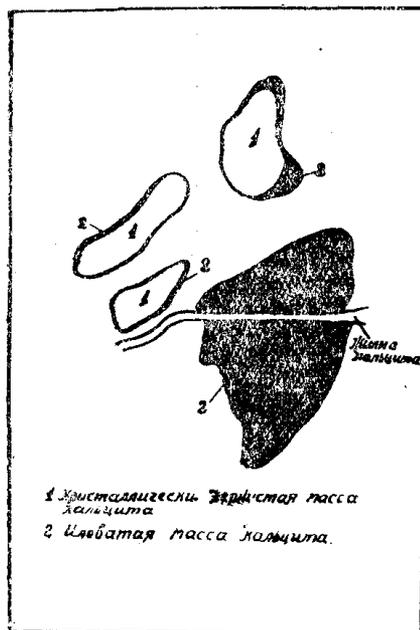
Фиг. 4. Жилки углестобитуминозного вещества (черное) пересекают густую сетку более ранних кальцитовых жилок. Увел. 10. Ник. X.

имеем желтоватосерую кристаллически-зернистую породу с размерами зёрен от 0,5 до 2 мм, редко — до 4—5 мм в диаметре. Состоит она из кальцита, агрегат зёрен которого разбит неправильными трещинами, вдоль которых кальцит пропитан бурым лимонитом. На выветрелой поверхности порода покрыта тонкой корочкой жёлтых водных окислов железа. Микроскоп выявляет обломочную структуру породы. Обломки чаще — окатаны и реже — полуугловатые (фиг. 5).

Наряду с изометричными, встречаются очень вытянутые формы обломков. Ввиду небольшой твёрдости известняка, это может указывать на образование их на месте или в условиях незначительного транспорта.



Фиг. 5. Обломки известняка и скелетов известковых организмов, окружённых каймой иловатого кальцита, деформированы и пересечены густой системой жилок. Увел. 10. Ник. X



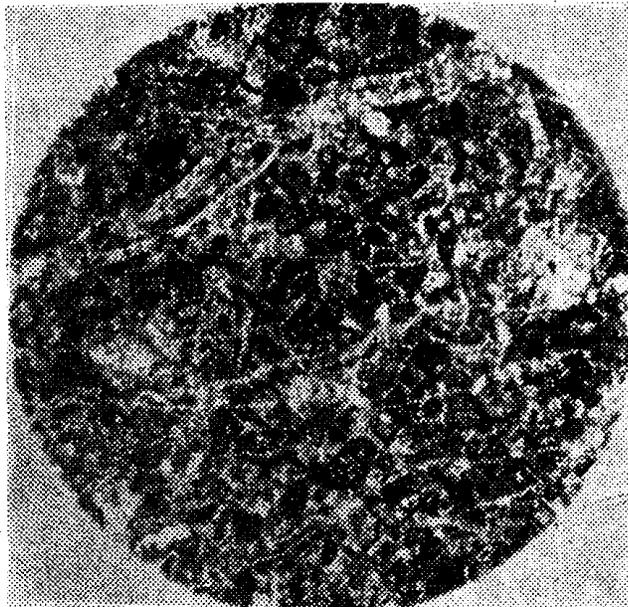
Фиг. 6. Целые кристаллы кальцита, окружённые каймой тонкого иловатого серого агрегата того же минерала

Все обломки состоят из кальцита. Чаще они сложены целыми кристаллами кальцита, окружёнными каймой тонкого иловатого серого агрегата того же минерала (фиг. 6).

Кристаллы во внутренней части обломков сильно деформированы, имеют параллельную, полисинтетически двойниковую структуру и чаще параллельную густую систему трещин спайности. Ширина каймы иловатого кальцита различная и местами обломки сложены нацело таким тонким иловатым агрегатом. Происхождение последнего, вообще нередко встречающегося в обломочных известняках, как это видно из литературных источников, не совсем ясное. Нам кажется, что приуроченность его к границам зёрен, неравномерная мощность таких каёмок указывают скорее на связь их с процессами катаклаза. Цемент между обломками беспорядочно кристаллически-зернистый. В составе цемента встречаются пятна карбоната, пропитанного бурым железняком. Наличие в этих участках идиоморфных, ромбоэдрических зёрен указывает скорее всего на наличие разложенного железистого карбоната. Как обломки, так и цемент пересекаются многочисленными жилками кальцита. Появлению этих жилок пред-

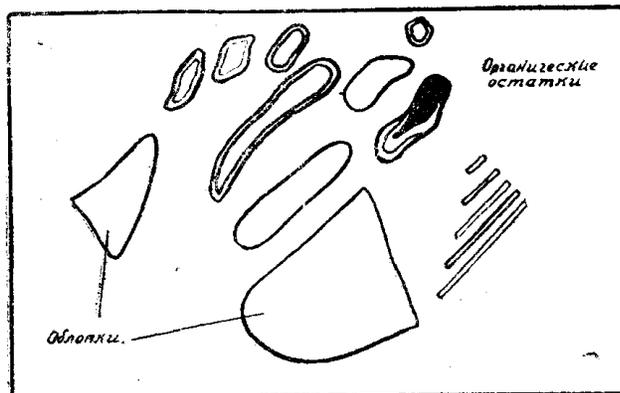
шествовало сильное раздавливание породы с изогнутием кристаллов кальцита.

Образцы органогенно-шламмового известняка: № 212 из канавы IV, № 78 из канавы 1, № 388 из скважины 2, № 172 из расчистки VIII,



Фиг. 7. Органогенно-шламмовая структура известняка. Увел. 10. Ник. X.

№ 107 из канавы III и др. Макроскопические породы обладают серой окраской, слабо битуминозные, в главной массе мелко- и тонкозернистые. В образце № 78 среди тонкозернистой массы разбросаны зёрна кальцита размером до 1—1,5 мм в диаметре, в других образцах более крупные



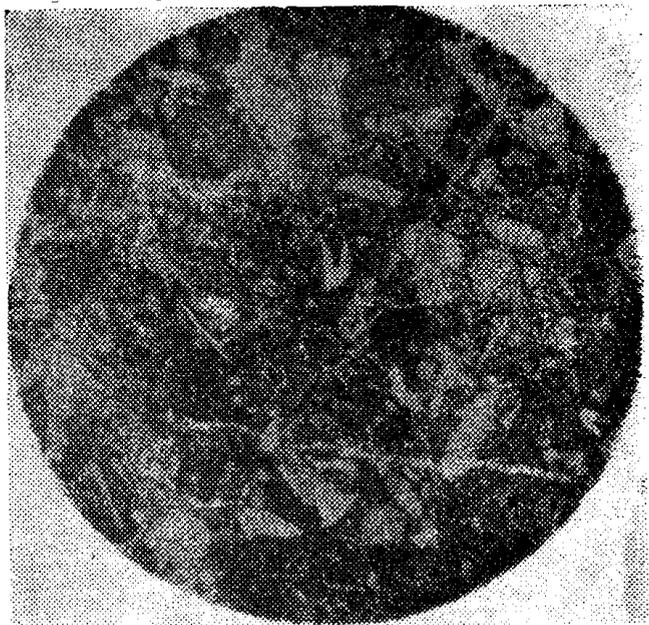
Фиг. 8. Характер известковых органических обломков в образце 212

зёрна, представляющие собой обломки органогенного известняка, достигают 2—3 мм. Наблюдается концентрация углисто-битуминозного вещества вдоль трещин. Во многих образцах породы видим одиночные мелкие пятна бурого железняка, приуроченного к разложенному железистому карбонату.

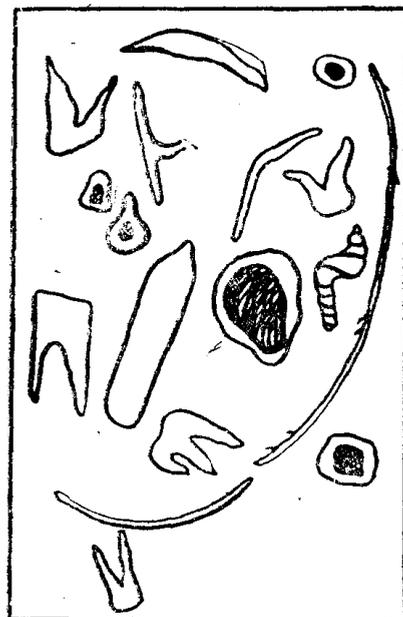
Под микроскопом наблюдается органогенно-шламмовая структура.

Обломки известковых скелетов организмов самые разнообразные. Больше всего здесь мы имеем обломки мшанок и кораллов. Интересно,

что обломки перекристаллизованы лучше, чем шламовый цементующий материал. Иногда встречаются крупные обломки с органогенной коралловой структурой, занимающие почти всё поле шлифа (фиг. 13).

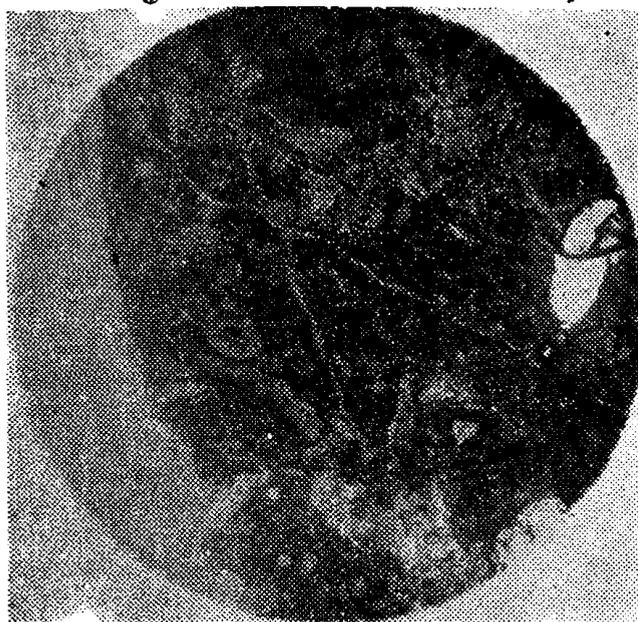


Фиг. 9. Разнообразные органические остатки, в том числе фрагменты кораллов в известняке. Увел. 10. Ник. X.

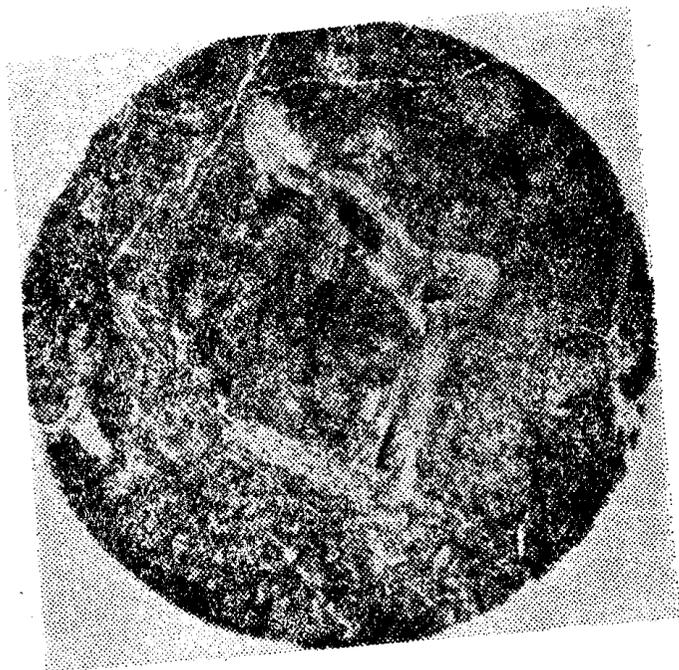


Фиг. 10. Характер органических остатков в образце 78

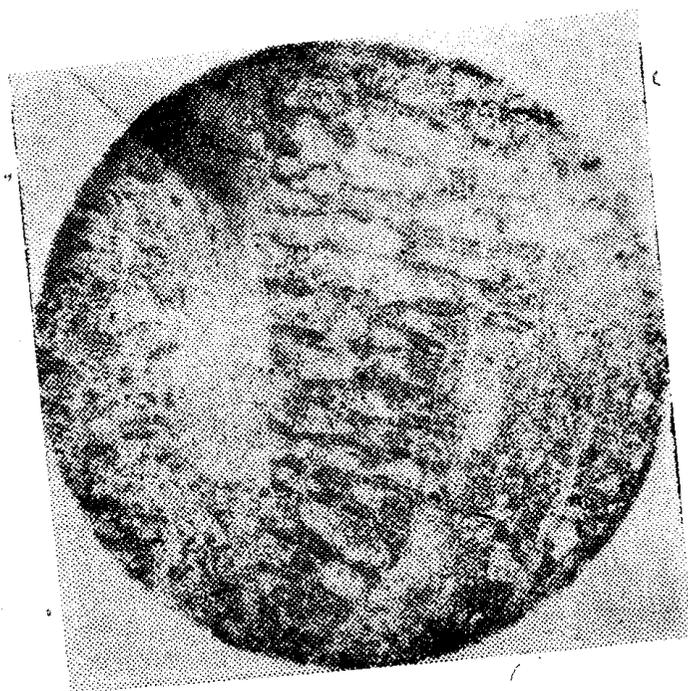
Наряду с образцами, где преобладают обломки, соприкасающиеся друг с другом, встречаются породы с базальным шламовым цементом (образец № 388 из скв. № 2 (фиг. 14).



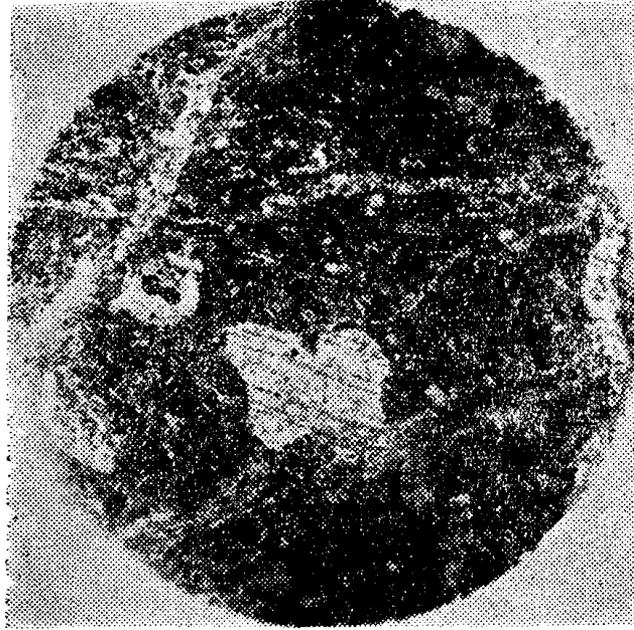
Фиг. 11. Органогенно-шламовая структура известняка. Образец № 5



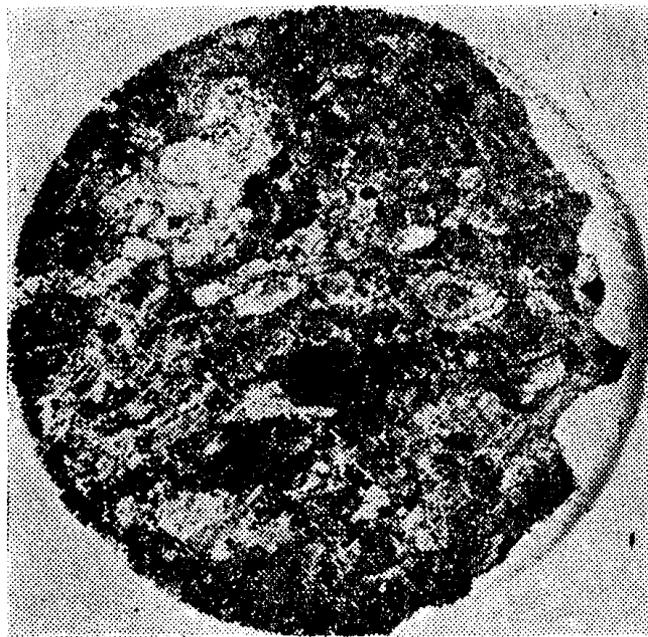
Фиг. 12. Крупные обломки известковых организмов в известковом шламме. Увел. 10. Ник. X.



Фиг. 13. Кораллово-органическая структура известняка. Увел. 12. Ник. X.



Фиг. 14. Обломочно-органогенная структура известняка. Органические остатки и обломки известняка перекристаллизованы в крупные кристаллы кальцита. Видна сетка вторичных жилок кальцита. Увел. 10. Ник. X.



Фиг. 15. Редкие зёрна кварца (чёрны) в известняке с обильными органическими остатками. Увел. 10. Ник. X.

При этом обломки с органогенной структурой или без таковой обычно перекристаллизованы в цельные крупные кристаллы кальцита.

В обр. 411 наблюдается микрослоистость, при этом отдельные слои переполнены обломками кристаллического известняка. В обр. 68, 107, 43 среди кальцитового агрегата встречается кварц в количестве менее 1% по площади. Кристаллы кварца идиоморфные, обычно наблюдаются группами по 2—3 зерна (фиг. 15).

Встречаются включения кальцита внутри скелетных зёрен кварца. Зёрна кварца не несут следов окатанности и, несомненно, появились за счёт собирательной кристаллизации кремнезёма при общей перекристаллизации породы.

Обр. 272 показывает наличие в составе обломков глинистого известняка. Содержание глинистой примеси незначительное. В участках более значительной перекристаллизации кальцита глинистое вещество концентрируется в виде комочков, предпочтительно в краях зёрен и по спайности минерала.

Все вышеописанные породы пересечены густой сетью кальцитовых жилок. В отдельных участках порода (обр. 428) как бы разлистована, иссечена параллельными трещинами, вдоль которых перекристаллизована в грубозернистый агрегат. Встречаются кальцитовые жилки двух генераций, пересекающие друг друга. В составе жилок встречается примесь разложившего бурого железистого карбоната (обр. 407 и 411). В обр. 411 линзообразные выделения последнего пересекаются жилками кальцита.

В обр. 411 тонкозернистого органогенно-шламмового известняка при слабом развитии жилок карбонатов наблюдается интенсивный катаклиз. Заметна перекристаллизованность породы вдоль обильных субпараллельных трещин. Имеются переходы к участкам известняков с наиболее совершенной перекристаллизацией. Это светлосерые среднезернистые породы. Под микроскопом наблюдается неравномерная зернистая структура (фиг. 16).

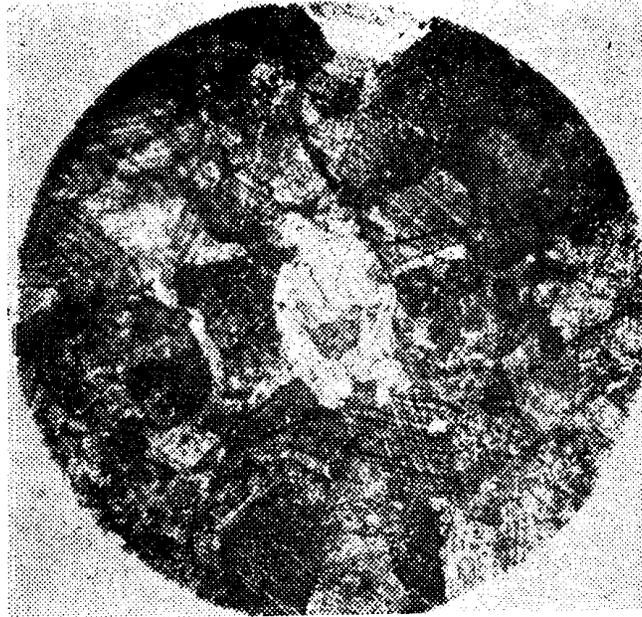
Зёрна кальцита, составляющие главную массу породы, имеют неровные границы, характеризуются наличием обильных полисинтетических двойников и местами заметным изогнутием зёрен. Порода сечётся мелкими жилками того же минерала.

На участке в одном шурфе встречены алевритистые известково-глинистые сланцы (обр. 253 из шурфа 32). Эти макроскопически-серые плотные, тонкослоистые породы пересечены обильными кальцитовыми жилками. Наблюдается редкая вкраплённость пирита. Микроскоп показывает слоистую текстуру. Среди известково-глинистой бурой массы наблюдаются мелкие угловатые и окатанные обломочки кварца и редкие чешуйки серицита (фиг. 17).

При травлении слабой, разбавленной соляной кислотой наблюдается бурное вскипание с растворением извести. После травления остаётся сплошная (без окошек) глинистая масса с более густым расположением мелких обломков кварца, которые составляют около 15% состава породы. По слоистости породы располагаются мелкие кубические кристаллики пирита, почти нацело замещённые бурым железняком.

В заключение краткого обзора петрографического состава известняковой толщи по речке Щербак, за исключением последней породы, имеющей состав алевритистого известняково-глинистого сланца, все остальные образования представляют собой обломочные, органогенно-шламмовые известняки, то более, то менее перекристаллизованные. Породы характеризуются заметной битуминозностью, но ввиду перекристаллизации становятся более светлыми за счёт миграции битуминозного вещества на границе между зёрнами кальцита и с образованием причудливых жилок. Известняки являются чистыми и содержат местами незначительную при-

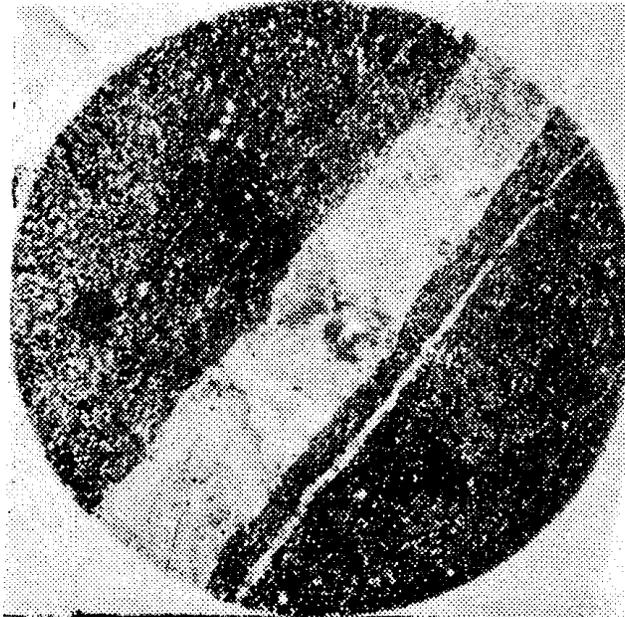
месь глинистого вещества (обр. 272), кварца (обр. 68, 107, 43), разложеного железистого карбоната и лимонита (обр. 159, 43, 338, 78, 107, 5, 298). Кроме преобладающих обломков известковых организмов, главным образом мшанок, кораллов, наблюдаются обломки „бесструктурного“ извест-



Фиг. 16. Кристаллически-зернистый известняк. Наиболее совершенная форма перекристаллизации. Увел. 10. Ник. X.

няка. Все обломки погружены в цементирующий материал из тонкого известкового шлама.

Любопытно проявляется перекристаллизация породы. Этому процессу охотнее подвергается обломочный материал, чем шлам. Многие обломки



Фиг. 17. Слоистый алевритистый известняково-глинистый сланец с жилками кальцита, образец № 253. Увел. 10. Ник. X.

известняка и органические остатки замещены крупными кристаллами кальцита. При наиболее совершенной перекристаллизации наблюдается образование равномерно и среднезернистой кристаллической породы, в которой исчезают или слабо заметны органические остатки (обр. 68).

Можно проследить постепенные переходы от слабо мегаморфизованных известняков к кристаллическим известнякам. В самом процессе перекристаллизации известняков можно выделить по крайней мере две стадии.

1. Резкое проявление одностороннего давления (стресс): раздавливание породы и перекристаллизация с образованием сети кальцитовых жилок.

2. Перекристаллизация с заметным повышением температуры. Благодаря этому—миграция битума, его обуглероживание, образование жилок углесто-битуминозного вещества, секущих сеть ранних кальцитовых жилок.

Раздавливание породы и её перекристаллизация иногда очень резко выражены. Например, в образце 298 около 50% объёма породы замещено густой системой субпараллельных жилок кальцита. Материал этих жилок появился за счёт самой породы. Это видно потому, что перекристаллизация начинается со стенок трещин. Выше отмечена примесь терригенного материала в алевритистом известково-глинистом сланце в виде окатанных и угловатых обломков кварца. Наличие только одного кварца в составе обломков и отсутствие полевых шпатов указывает, что обломочный материал претерпел длинную механическую дифференциацию, либо он связан со смывом химической коры выветривания.

Наконец, следует отметить, что органогенно-шламмовые известняки типичны для переходных горизонтов. Видимо, они здесь характеризуют горизонт, переходный от среднего к верхнему девону.

### Химический состав известняков

Высокая степень чистоты известняков подтверждается химическими анализами и термическим исследованием по Курнакову. Из общего количества химически исследованных проб, отобранных с месторождения, только в шести установлено содержание MgO, немного больше одного процента (пр. № 375—1,04%; пр. № 378—1,01%; пр. № 281—1,08%; пр. № 417—1,10%; пр. № 440—1,27% и пр. № 441—1,94%).

У 20% проб содержание MgO находится в границах 0,5—1,0% и в остальных пробах—меньше 0,5%. Они имеют невысокий процент примесей глинистых веществ (нерастворимого остатка). Содержание нерастворимого остатка в количествах до 2% установлено в пробах, составляющих 71% от общего количества исследованных проб.

В количествах от 2 до 8%—у 26% проб и в количествах выше 8%—у 3% проб.

Количество проб, содержащих нерастворимого остатка выше 3%, составляет 9% от общего числа проб, подвергавшихся химическому исследованию, в том числе 4% проб относятся к небольшой площади участка, расположенной в пограничной кромке, и 1,5% проб—с больших глубин из скважин № 1 и 4.

Химический состав известняков графически представлен на фиг. 18.

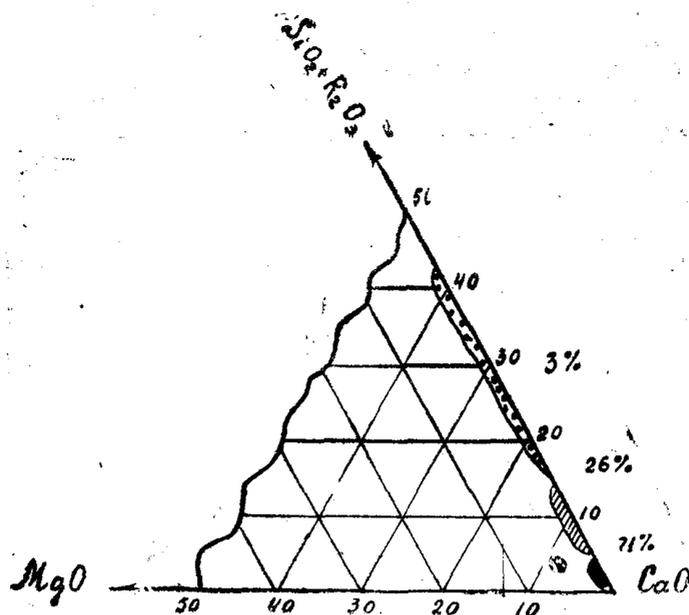
Таким образом, известняки Каменского месторождения по химическому составу, в абсолютном большинстве проб, относятся к классу „А“ (ГОСТ 5331—50) и являются вполне пригодными для получения жирной, воздушной, магнезиальной извести. Небольшая часть относится к классу „Б“—пригодная для получения обычной воздушной извести. Разновидности, содержащие примеси глинистых веществ больше 8%, сосредоточены в одной точке разведанного участка, и при производстве извести их вполне можно обойти. Относительно использования известняков для

синтеза силикатного цемента они, безусловно, пригодны и по содержанию MgO относятся к группе „А“.

Термическое исследование по Курнакову проводилось на трёх выделенных разновидностях известняков:

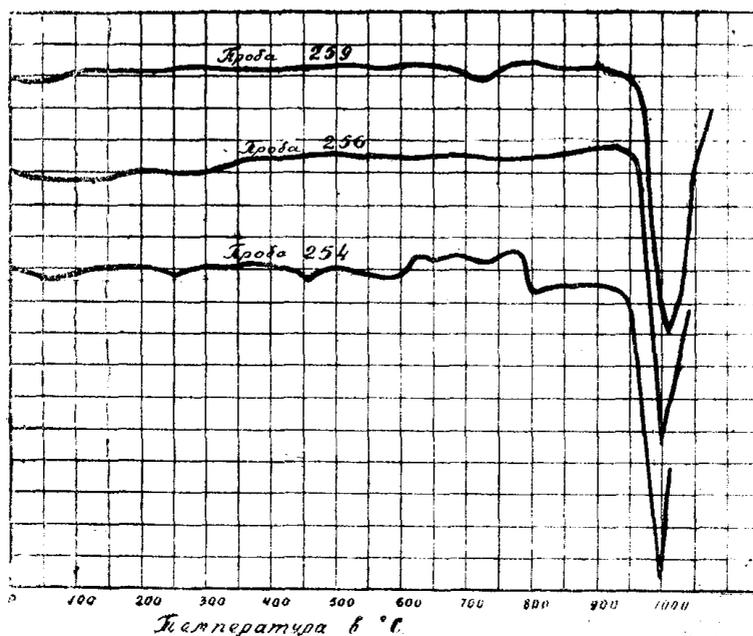
- 1) светлосерого цвета,
- 2) серого цвета и
- 3) чёрного цвета.

Термические кривые приведены на фиг. 19.



Фиг. 18

Во всех трёх разновидностях обнаруживается присутствие гумусовых веществ, но в значительно больших количествах их содержится в известняках серого и чёрного цвета (пр. 256 и 254). В известняке чёрного цвета (пр. 254) фиксируется небольшой каолиновый эффект и какой-то неизвестный эффект, связанный с разложением при температуре 250°C.



Фиг. 19

В этих же известняках эндотермическая реакция, обусловленная распадом карбонатов, начинается при более низких температурах, чем в известняках светлосерого и серого цвета. Последнее указывает на присутствие в известняках чёрного цвета небольших количеств карбоната магния и примесей глинистых веществ, которые понижают температуру распада карбоната кальция.

### Красные кирпичные глины того же месторождения

Как уже указывалось вначале, непосредственно на разведанном участке месторождения известняков залегают красные кирпичные глины. Они покрывают известняки на части участка слоем мощностью до 13,5 м. Лабораторные исследования этих глин проводились главным образом с целью установления возможности использования их как сырья для синтеза силикатного цемента.

Таблица 1

#### Гранулометрический состав глин

№ п.п.	№ шурф.	№ проб.	Количество фракций в % с величиной зерна в мм						
			1,0—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	мельче 0,001	мельче 0,005
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	2,44	14,54	16,65	52,82	5,12	8,36	13,48
2	2	2	0,21	5,45	19,25	47,99	13,76	12,25	26,01
3	4	3	1,80	5,10	21,80	55,25	0,47	14,18	18,65
4	5	4	1,55	3,21	19,34	45,92	13,09	12,49	23,58
5	6	5	0,14	2,42	22,00	52,80	8,26	11,98	20,24
6	18	260	0,14	1,76	21,80	35,50	7,41	31,39	38,80
7	14	265	0,12	0,32	20,63	48,10	11,30	19,54	30,84
8	14	266	0,15	3,15	22,12	53,63	5,91	14,04	19,95
9	17	269	0,13	0,29	20,40	47,91	10,24	19,90	30,14
10	19	270	0,70	3,40	20,84	43,70	15,84	16,26	32,10
11	45	271	0,06	2,50	22,10	40,90	15,50	18,90	34,40
12	12	152	0,25	2,24	20,60	38,70	21,76	17,04	38,80
13	15	267	0,70	12,50	16,50	50,32	1,28	18,70	19,98
14	16	268	0,14	0,97	21,52	49,03	16,61	11,76	28,37
15	16	347	0,16	28,79	5,54	42,91	8,14	12,95	21,09
16	16	263	9,85	5,45	23,65	42,07	5,88	12,25	18,23
17	47	348	0,05	1,70	26,35	40,85	12,95	16,20	29,15
18	47	446	0,75	2,91	19,12	51,86	13,94	19,85	34,15
19	47	447	0,98	16,29	10,66	18,46	10,47	42,12	52,59

Таблица 2

#### Химический состав глин

№ проб.	Химический состав в %							Модуль	
	п.п.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	щёлочи	силикатн.	глинозем.
1	13,24	57,07	13,87	5,30	6,79	1,81	—	2,98	2,62
4	10,52	61,00	14,89	7,33	2,54	1,75	—	2,74	2,04
446	5,44	73,76	17,35	0,45	0,20	0,65	—	4,15	38,4
447	9,84	65,42	23,61	0,89	следы	нет	—	2,66	26,4
260	8,84	63,02	17,55	5,15	2,82	1,48	1,71	2,77	3,4
265	8,48	62,32	17,98	3,42	4,40	1,48	—	2,90	5,25
266	7,56	64,56	17,00	5,70	2,30	1,62	—	2,84	2,98
269	7,40	64,44	17,91	4,89	1,80	1,45	—	2,82	3,66
270	7,28	63,76	17,80	5,70	1,90	1,48	—	2,70	3,12
271	8,60	62,08	17,87	6,03	2,10	1,81	—	2,60	6,00
152	8,60	62,08	18,58	4,32	8,60	1,66	—	2,70	4,30
267	8,76	61,96	16,48	6,52	2,20	1,88	—	2,70	2,52
268	7,28	63,84	16,66	5,54	2,40	1,95	—	2,88	3,00
347	7,64	63,80	17,13	4,07	2,40	1,73	—	3,00	4,25
348	7,60	63,96	16,91	4,89	1,70	1,53	—	2,92	3,48

Глины обладают сравнительно тонкой физической структурой, совершенно не содержат включений гальки и крупнозернистого песка. По зерновому составу подходят для изготовления силикатного цемента.

Химический состав всех разновидностей глин вполне соответствует требованиям на глины для синтеза силикатного цемента. Они содержат допустимые количества MgO и совсем не содержат минералов, вредно действующих на качество силикатного цемента. Белые глины проб № 446 и 447 пригодны для изготовления белого цемента. Химические составы остальных глин колеблются в небольших пределах, что очень важно при производстве цемента.

### Известняки как сырьё для воздушной извести

Решающее значение в оценке известняков для производства извести имеет содержание в них примесей глинистых веществ ( $\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3$ ). При этом в сырье для жирной воздушной извести их допускается до 2%, для обычной воздушной извести от 2 до 6% и для тощей воздушной извести от 6 до 8%. По составу наиболее пригодными для производства воздушной извести являются известняки с коэффициентом  $K =$  от 1,70 до 1,78, где

$$K = \frac{100}{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3}$$

(содержание окислов берётся в процентах из анализа известняка).

При испытании на известь были исследованы известняки всех трёх выделенных разновидностей со следующей характеристикой.

Таблица 3

Разновидность известняка	Содержание $\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3$ в %	Коэффициент $K$	Механическая прочность на сжатие в $\text{кг}/\text{см}^2$
1. Чёрного цвета . . . . .	7,56	1,70	420;400;520
2. Серого цвета . . . . .	0,86	1,78	380;400;315
3. Светлосерого цвета . . . . .	1,53	1,78	450;420;570

По механическим показателям все три разновидности известняка вполне пригодны для переработки на известь в шахтных печах. Обжиг известняков на известь при исследовании производился в печи с газовым отоплением при температуре 1000—1050°C, с четырёхчасовой выдержкой. По внешнему виду и в изломе легко обнаруживался полный распад карбоната с образованием CaO.

Химический состав полученной извести приведён в табл. 4.

Таблица 4

№ п.п.	Из известняков	п.п.п.	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO	MgO
1	Чёрного цвета . . . . .	0,10	11,00	0,90	0,80	86,50	0,63
2	Серого цвета . . . . .	0,03	1,00	0,20	0,30	98,00	0,55
3	Светлосерого цвета . . . . .	0,08	1,38	0,36	0,40	97,00	0,57

По химическому составу известь из всех трёх известняков является кальциевой (или немагнезиальной) воздушной известью с высокой скоростью гашения (быстрогасящаяся), приведённой в табл. 5.

Таблица 5

Известь из известняков	Изменение температуры в °С при гашении за время в секундах							
	0,0	30	60	90	120	150	180	210
1. Чёрного цвета . . . . .	20	40	51	58	71	71	69	68
2. Серого цвета . . . . .	20	55	74	76	73	72	71	—
3. Светлосерого цвета . . . . .	20	65	77	73	72	71	—	—

Известняки всех трёх разновидностей при обжиге образуют известь с хорошим выходом известкового теста и полным отсутствием непогасившегося остатка у серых и светлосерых известняков. По выходу известкового теста известь из светлосерого известняка относится к первому сорту, а из серого и чёрного—ко второму. По количеству непогасившегося остатка известь всех трёх проб является первым сортом.

Содержание активных  $\text{CaO} + \text{MgO}$  в извести из известняков чёрного цвета составляет 82,12%. В извести из известняков серого и светлосерого цвета—90,16% и 92,96%. Таким образом, по содержанию активных  $\text{CaO} + \text{MgO}$  известь из светлосерых и серых известняков является первым сортом, и известь из чёрных—вторым.

В результате анализа приходим к выводу: по всем главнейшим показателям известняки серой и светлосерой разновидности при обжиге образуют известь первого сорта, а известняки чёрной разновидности—второго сорта.

#### Известняки и глины как сырьё для силикатного цемента

Вредными примесями в известняке для производства силикатного цемента являются:  $\text{MgO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SO}_3$  и щёлочи, поэтому содержание этих окислов в исходном сырье лимитируется. Содержание  $\text{MgO}$  в известняке допускается до 2,5%, и вместе с глинистым компонентом они должны слагать такую смесь, в которой  $\text{MgO}$  не превышал бы 4,5%.

„Содержание  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в известняке и в глинистом компоненте должно обеспечивать необходимые значения коэффициентов насыщения (0,80—0,95), силикатного (1,7—3,5) и глинозёмного (1,0—2,5) модулей клинкера.“ С. С. Виноградов, „Известняки“, изд. 1951 г., стр. 51.

Содержание  $\text{R}_2\text{O}_3$  и  $\text{SO}_3$  рекомендуется допускать не больше одного процента каждого.

Химический состав проб известняков и глины Каменского месторождения, с которыми проводились технологические исследования в лаборатории, приведены в табл. 6.

Таблица 6

Разновидность известняков	п.п.п.	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	Щёлочи
1. Чёрные . . . . .	40,12	6,56	0,53	0,47	50,66	0,40	—
2. Серые . . . . .	43,28	0,56	0,13	0,17	55,09	0,31	—
3. Светлосерые . . . . .	43,24	0,78	0,48	0,27	54,50	0,32	—
4. Глина . . . . .	8,84	63,02	17,55	5,15	2,82	1,48	1,71

При синтезе опытных составов силикатного цемента с коэффициентом насыщения  $KH=0,9$  слагается клинкер следующего химического и минералогического состава (табл. 7).

Таблица 7

Состав	Клинкер из чёрных известняков	Клинкер из серых известняков	Клинкер из светлосерых известняков
н.п.п. . . . .	0,0	0,0	0,0
SiO <sub>2</sub> . . . . .	24,0	22,6	22,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	4,93	6,3	6,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,86	2,0	2,06
CaO . . . . .	68,50	68,20	68,00
MgO . . . . .	0,90	0,89	0,90
Sm . . . . .	3,5	2,72	2,60
Am . . . . .	2,62	3,15	3,14
3 CaO.SiO <sub>2</sub> . . . . .	64,0	60,2	59,0
2 CaO.SiO <sub>2</sub> . . . . .	20,6	19,5	19,1
3 CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	5,65	6,08	6,27
4 CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	9,90	13,3	13,7

Примечание: Sm—силикатный модуль и Am—глинозёмистый модуль.

Как видно из табл. 7, полученные составы цементов из всех трёх известняков находятся в полном соответствии с обычными составами силикатных цементов. Клинкер в лаборатории готовился из брикетированных шихт. Предварительно размолотые известняки весовой дозировкой смешивались с глиной и шихты размалывались в шаровой мельнице до полного прохождения через сито в 900 отв/см<sup>2</sup>.

Размолотые шихты пластическим формованием брикетировались и после сушки обжигались на клинкер.

Связывание извести с температурой обжига приведено в табл. 8.

Таблица 8

Температура обжига в °С	Наличие свободной извести в %		
	клинкер из чёрных известняков	клинкер из серых известняков	клинкер из светлосерых известняков
1400	1,80	0,91	0,85
1450	0,27	0,18	0,11
1500	0,00	0,00	0,00

Клинкер всех трёх шихт после обжига на 1500°C с 30-минутной выдержкой при высокой температуре получился совершенно устойчивым, после четырёхдневного вылеживания в нём не было обнаружено признаков распада.

Клинкеры размалывались в шаровой мельнице до полного прохождения через сито с 4900 отв/см<sup>2</sup>. Характеристика полученных цементов приведена в табл. 9.

Нами так же были изучены физико-механические свойства известняков месторождения. Имелось в виду использовать их как строительный материал (бутовый и дорожный камень и др.). Мы считаем, что применять данные известняки на бутовый и дорожный камень нецелесообразно. Такие химически-чистые известняки в природе встречаются не часто и использовать их нужно наиболее рационально.

Таблица 9

Свойство	Цемент из чёрных известняков	Цемент из серых известняков	Цемент из светлых известняков
1. Тонкость помола (остаток на сите 4900 отв./см <sup>2</sup> ) в %	0,0	0,0	0,0
2. Нормальная вода затвор. чист. цем. в %	26,0	26,0	26,0
3. Вода затворения раствора с песком 1:3 в %	7,5	7,5	7,5
4. Сроки схватывания в мин.			
а) начало	80	78	96
б) конец	370	384	407
5. Испытания на постоянство объёма	выдержал	выдержал	выдержал
6. Механ. проч. в 7-дневном возрасте в кг/см <sup>2</sup>			
а) на разрыв	19,8	25,5	23,7
б) на сжатие	244,6	290,0	290,0
7. Механ. проч. в 28-дневном возрасте в кг/см <sup>2</sup>			
а) на разрыв	28,6	35,9	31,1
б) на сжатие	353	430	425

### Выводы

Все разновидности известняков Каменского месторождения являются прекрасным сырьём для производства воздушной извести. И вместе с глинами того же месторождения они пригодны для производства силикатного цемента.

### ЛИТЕРАТУРА

1. В и н о г р а д о в С. С. Известняки, изд. Госгеолиздат, 1951.
2. Ю н г В. Н. Основы технологии вяжущих веществ, изд. Промстройиздат, 1951.
3. Г р и г о р ь е в П. Н. и К у з н е ц о в А. М. Известь, её производство и применение, Стройиздат, 1944.

