

Издание Геологического Комитета.

# КАМЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.

Краткое руководство для технической оцѣнки горныхъ породъ,  
какъ строительныхъ матеріаловъ.

---

**К. И. Богдановича,**

горн. инженера, профессора Горнаго Института Императрицы Екатерины II.

---

Съ XIII таблицами микрофотографій и 17 рисунками въ текстѣ.

---

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія М. М. Стасюлевича. Вас. остр., 5 л., 28.

1913.



## ОГЛАВЛЕНІЕ.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | стр.   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Предисловіе . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1— 4   |
| ГЛАВА I. Горныя породы вообще . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 5— 21  |
| I. Осадочныя горныя породы 9.—II. Изверженныя горныя породы 13.—<br>III. Кристаллическіе сланцы 20.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |        |
| ГЛАВА II. Обзоръ нѣкоторыхъ осадочныхъ породъ . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 22— 33 |
| Глина 22.—Песчаникъ 24.—Глинистый сланецъ 25.—Гипсъ, ангидритъ и каменная соль 25.—Известнякъ 27.—Доломитъ 28.—Мергель 28.—Кварцитъ и кремнистый сланецъ 28.—Ископаемые угли 29.—Битумы, нефть 32.                                                                                                                                                                                                                            |        |
| ГЛАВА III. О нарушеніяхъ залеганія горныхъ породъ. .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 34— 46 |
| Складки 36.—Сбросы 40.—Составленіе профилей и картъ 43.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |        |
| ГЛАВА IV. Горныя породы, какъ строительные матеріалы .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 47— 66 |
| Исслѣдованіе каменоломень 48.—Формы отдѣльности 49.—Трещины 51.—Вывѣтриваніе и его вліяніе на каменные строительные матеріалы 52.—Факторы химическаго вывѣтриванія 53.—Размягченіе породъ водой и вліяніе этой причины на вывѣтриваніе 55.—Вліяніе мороза на вывѣтриваніе горныхъ породъ 58.—Вліяніе солнечной инсоляціи 62.—Вліяніе твердости породъ на ихъ сопротивленіе вывѣтриванію 63.—Вліяніе организмовъ на породы 63. |        |
| ГЛАВА V. Изверженныя горныя породы, какъ строительные матеріалы . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 67— 87 |
| Граниты 67.—Другія зернисто-кристаллическія породы и кристаллическіе сланцы 74.—Примѣры гранитовъ 75.—Кварцевые порфиры 80.—Примѣры 82.—Андезиты и базальты 83.—Примѣры 85.                                                                                                                                                                                                                                                   |        |
| ГЛАВА VI. Осадочныя горныя породы, какъ строительные матеріалы. . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 88—100 |
| Песчаники 88.—Примѣры песчаниковъ 91.—Известняки 92.—Примѣры ихъ 94.—Глинистые сланцы 96.—Примѣры 98.—Заключеніе 99.                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |

## ПРЕДИСЛОВІЕ.

Настоящая книга не можетъ удовлетворить техникувъ и инженеровъ, которые стали бы искать въ ней отвѣты на вопросы, какая горная порода является наилучшимъ строительнымъ матеріаломъ для той или иной цѣли. Инженерамъ лучше, чѣмъ кому либо другому, извѣстно, насколько различными оказываются техническія свойства горныхъ породъ, которыя имъ предлагаютъ подъ однимъ и тѣмъ же названіемъ, т. е. петрографически однородныхъ. Если обратить вниманіе только на одно изъ свойствъ горныхъ породъ, напр., сопротивленіе раздробленію, то значительные предѣлы цифръ для коэффициента временнаго сопротивления раздробленію, напр., гранитовъ (для гранитовъ только въ районѣ Средне-Сибирской жел. дороги отъ 2326 клг. до 641 клг.) или песчаниковъ (для той же линіи отъ 2285 клг. до 221 клг.), служатъ достаточною иллюстраціей крайняго технического разнообразія петрографическихъ типовъ. Очевидно, что техникамъ необходимо умѣть разбираться въ сравнительной оцѣнкѣ горныхъ породъ, какъ естественныхъ строительныхъ камней; съ другой стороны и геологи, если они соприкасаются съ строительнымъ дѣломъ, должны видѣть въ горныхъ породахъ не только части земной коры, но также и полезныя ископаемыя. Пригодность горныхъ породъ на строительные матеріалы зависитъ отъ очень различныхъ условій, для оцѣнки которыхъ недостаточно только результатовъ механическаго испытанія пробъ; необходимо еще умѣть комбинировать эти результаты съ тѣми показаніями, которыя можно извлечь изъ наблюдений надъ породами въ ихъ естественномъ видѣ и изъ нѣкоторыхъ простыхъ испытаній. Каждая особенность горной породы, обнаруживаемая ею въ сооруженіи, должна быть объяснена, и обратно по различнымъ признакамъ, замѣчаемымъ въ породѣ, нужно предвидѣть ея качества, какъ строительнаго камня. Это очень широкая тема, и въ краткой бро-

шюрѣ нельзя ее исчерпать; задачей настоящей книги является только дать основныя представленія о факторахъ и условіяхъ, опредѣляющихъ техническую пригодность горной породы. Появленіе этой книги вызвано случайнымъ обстоятельствомъ, именно сравнительной опѣлкой нѣкоторыхъ, переданныхъ мнѣ для изслѣдованія, естественныхъ строительныхъ камней изъ района Амурской желѣзной дороги. Можно было бы и слѣдовало бы иллюстрировать различныя положенія, приводимыя въ настоящемъ очеркѣ, на разнообразныхъ строительныхъ матеріалахъ Россіи, но такая работа потребовала бы много времени, а мнѣ хотѣлось только обратить вниманіе инженеровъ, подрядчиковъ и геологовъ на интересъ, представляемый сравнительнымъ изученіемъ породъ, какъ строительныхъ камней.

Объясненіе нѣкоторыхъ особенностей естественныхъ каменныхъ матеріаловъ необходимо искать въ способахъ образованія горныхъ породъ и ихъ послѣдующихъ измѣненіяхъ въ самой природѣ. Инженеръ и подрядчикъ должны имѣть правильное представленіе о сущности горныхъ породъ, вотъ почему я нахожу необходимымъ начать свой очеркъ страницами о горныхъ породахъ вообще. Для геолога эти страницы, конечно, лишни, но зато для него не бесполезны различныя сопоставленія о горныхъ породахъ, какъ строительныхъ камняхъ.

Въ русской технической литературѣ имѣются книги, разбирающія свойства естественныхъ строительныхъ камней и дающія указанія на распространеніе этихъ матеріаловъ на пространствѣ Россіи <sup>1)</sup>; тѣмъ не менѣе я думаю, что настоящая книга вполне своевременна, такъ какъ она касается вопроса съ иныхъ точекъ зрѣнія. Къ сожалѣнію, и въ этомъ отношеніи намъ приходится слѣдовать западно-европейскимъ

<sup>1)</sup> Н. Бѣлелюбскій, Механическая лабораторія 1875—1886. Вып. VII Сборника Инст. Инж. Путей Сообщенія. Спб. 1886.

Радивановскій, Строительные матеріалы. Вып. 1, Естественные камни, 1890.

С. Глинка, Каменные строительные матеріалы. Спб. 1891.

И. Малиуга, Естественные строительные камни. Спб. 1892.

Ю. Азанчеевъ, Каменоломни и разработка простыхъ полезныхъ ископаемыхъ въ Россіи, Спб. 1894.

И. Мушкетовъ, Краткій курсъ петрографіи для студентовъ Инст. Инж. Пут. Сообщенія. Спб. 1895.

Изслѣдованіе каменныхъ матеріаловъ, употребл. для ремонта шоссе и мостовыхъ въ Варшавскомъ округѣ Пут. Сообщенія. Изд. Упр. Внутр. Водн. Путей и Шоссейныхъ Дорогъ. Варшава 1905.

Kupffer, Aug., Ueber die chemische Constitution der baltisch-silurischen Schichten. Arch. für die Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands, 1 ser., B. V, 1874. (Анализы многихъ извѣстныхъ строительныхъ матеріаловъ изъ этой части Россіи).

Миклашевскій, Мѣсторожденія огнеупорныхъ матеріаловъ въ Россіи. Спб. 1881.

и другимъ образцамъ, въ которыхъ приемы техническаго изслѣдованія горныхъ породъ развиты много полнѣе, чѣмъ въ Россіи <sup>1)</sup>. Правда, лучшія изъ указанныхъ иностранныхъ сочиненій являются или нѣсколько трудными для техниковъ, напр., книга Ринне, или отличаются

<sup>1)</sup> Hirschwald, Die Prüfung der natürlichen Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit. Berlin 1908.

Hirschwald, Handbuch der bautechnischen Gesteinsprüfung. I—II B., 1911—1912.

Hirschwald, Die bautechnisch verwertbaren Gesteinsvorkommnisse des preuss. Staates und einiger Nachbargebiete. Eine tabellarische Zusammenstellung der in Betrieb befindlichen, zu gelegentlicher Benutzung erschlossenen und aufgelassenen Steinbrüche, nach Provinzen, Regierungsbezirken und Kreisen geordnet, mit Angabe der Verwendung der betref. Gesteine zu älter. Bauwerken u. des an ihnen beobacht. Wetterbeständigkeitsgrades des Materials. Berlin, 1910.

Edw. C. Eckel, Building Stones and Clays: their origin, characters and examination. N. York 1912.

Tetmajer, Methoden u. Resultate der Prüfung künstlicher und natürlicher Bausteine. Zürich, 1896.

Meister, Locher, Koch, etc., Die Baumaterialien der Schweiz an der Landesanstellung 1883. Zürich 1884.

v. Böckh u. Schaffarzik, Karte der Steinbrüche und nutzbaren Gesteins Ungarns. Mit erläuterndem Text. Budapest, 1903.

Hanisch, Resultate der Untersuchungen mit Bausteinen der oesterr.-ungar. Monarchie. Wien, 1892.

Petkovsek, Baugesteine Wiens. Wien 1897.

Koch, Die natürlichen Bausteine Deutschlands. Berlin, 1892.

Vogt, Der Marmor in Bezug auf seine Geologie, Struktur u. seine mechanischen Eigenschaften. Z. f. pr. Geol. 1898.

Steinlein, Die praktische Verwendung der Marmore im Hochbau, deren Bearbeitung und Verkaufswert, nebst Aufzählung der bekanntesten Marmorarten. München, 1900.

Hermann, Steinbruchindustrie und Steinbruchgeologie. Berlin 1899.

Rinne, Praktische Gesteinskunde. Für Bauingenieure, Architekten etc. 2 Auflage. Hannover 1908.

Rinne, Etude pratique de roches à l'usage des ingénieurs et des étudiants des sciences naturelles. Traduit et adapté par L. Pervinquier. 2 édit., Paris 1913.

Schmidt, Natürliche Bausteine. Hannover 1908.

Zahn, Baumaterialienlehre. Karlsruhe, 1904.

Daub, Hochbaukunde. Teil I: Baustoffe. Wien 1905.

Frosterus, Sydvästra Finlands Kalkstenar och Kalkindustri. Geologiska Kommissionen i Finland. Geotekniska Meddelanden, № 3, 1908.

Frosterus, Det finska lermaterialet som geologisk bildning och teknisk produkt. Ibid. № 6, 1909 и № 9, 1911.

Sederholm, Om de tekniska egenskaperna hos finska graniter. Ibid. № 8, 1911 (приложена, между прочимъ, шкала для опредѣленія яркости цвѣта свѣрыхъ и черныхъ камней).

Leon, Die Festigkeit und Wetterbeständigkeit der natürlichen Gesteine. Schr. d. Ver. z. Verbreit. naturw. Kenntn. in Wien, 1912, 52.

Спеціальныя журналы, посвященные технике строительныхъ материаловъ: 1) Mitt. aus d. kgl. techn. Versuchsanst. zu Berlin. 2) Monatschr. für Steinbruchs-Berufsgenossenschaft. 3) Baumaterialienkunde. Organ der intern. Verbandes für die Materialprüfung der Technik. Stuttgart, съ 1896 г. 4) Bautechnische Gesteinsuntersuchungen, съ 1910 г., Berlin. 5) Der Steinbruch, Frankfurt-Main и мног. другіе.

крайнимъ многословіемъ, напр., работы Гиршвальда, Германа<sup>1)</sup>, что значительно затрудняетъ пользованіе ими. Желаніе избѣжать эти ошибки заставило меня ограничиться возможно краткимъ и общедоступнымъ изложеніемъ.

---

---

<sup>1)</sup> Въ книгѣ Германа приведено, между прочимъ, полезное сопоставленіе наиболѣ распространенныхъ въ Европѣ каменныхъ матеріаловъ по названіямъ (маркамъ) ихъ въ продажѣ и дѣйствительнымъ научнымъ названіямъ, которыя часто совершенно не соотвѣтствуютъ другъ другу.

## ГЛАВА I.

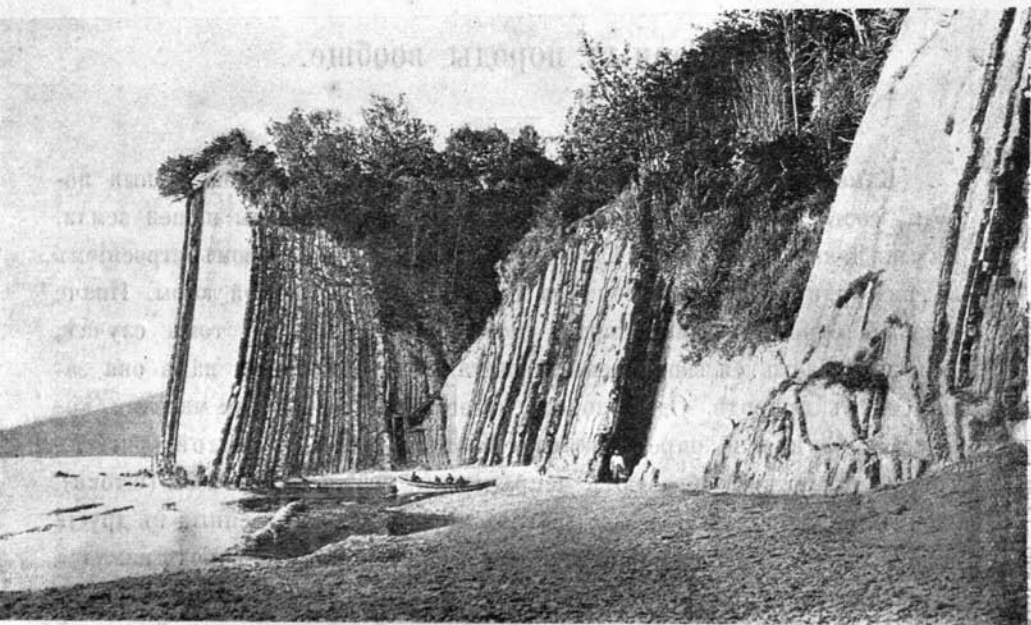
### Горныя породы вообще.

Каменные строительные матеріалы представляют собою горныя породы, составляющія доступныя намъ части твердой коры нашей земли. Каждая такая порода опредѣляется вполне лишь ея составомъ, строеніемъ и тѣмъ или инымъ участіемъ ея въ образованіи твердой коры. Иначе говоря, точное названіе породъ можно дать лишь въ томъ случаѣ, если мы знаемъ ея вещественный составъ, ея строеніе и какъ она залегаетъ въ природѣ. Однѣ породы залегаютъ правильными массами, которыя вполне ясно опредѣляются словомъ *пластъ*, или *слой* (фиг. 1). Другія, напротивъ, образуютъ неправильныхъ очертаній массы (*штоки*), распространяющіяся поверхъ другихъ породъ или вѣдренныя въ другія породы; даже въ случаѣ, если видимыя очертанія такихъ породъ кажутся правильными, напр., въ *жилахъ* (фиг. 2), онѣ ясно пересекаютъ собою какія либо другія породы; слѣдовательно, общей характерной чертой всѣхъ такихъ породъ служить ихъ проявленіе въ различныхъ формахъ, пересекающихъ другія горныя породы. Каждая горная порода занимаетъ, слѣдовательно, въ земной корѣ опредѣленное пространство, внѣшній видъ котораго мы и называемъ *формой залеганія* (напр., *пластъ*, *шокъ*, *жила*).

Горныя породы, имѣющія одинаковую форму залеганія, могутъ различаться между собою какъ по вещественному составу, такъ и по строенію, и обратно. Вещественный составъ, строеніе и форма залеганія породъ не представляютъ случайныхъ признаковъ, а находятся другъ къ другу въ вполне опредѣленныхъ отношеніяхъ; эти три признака горной породы являются слѣдствіемъ ея способа образованія (*генезисъ*).

Совершенно очевидными для насъ, по тѣмъ явленіямъ, которыя

мы видимъ въ окружающей насъ современной природѣ, есть два способа образованія горныхъ породъ: I) Постепеннымъ отложеніемъ въ водѣ (морей, озеръ, рѣкъ) различного рода осадковъ; такое отложеніе, прерываемое время отъ времени или сопровождаемое измѣненіемъ вещественнаго состава осадка, иногда просто крупности отлагающихся частицъ, неизбѣжно ведетъ, по крайней мѣрѣ въ общемъ случаѣ, къ слоистости осадка, слѣдовательно связано съ образованіемъ формы залеганія въ видѣ пластовъ. Такія породы и называютъ осадочными, или пластовыми. II) Остываніемъ изъ расплавленного состоянія (лавы). Образование та-



Фиг. 1. Пласты мергелей, поставленные почти на головы. Берегъ Чернаго моря около Туансе.

кихъ породъ связано съ пересѣченіемъ этимъ расплавленнымъ веществомъ другихъ породъ, распространеніемъ этого вещества поверхъ другихъ, выдреніемъ его среди другихъ. Очевидно, что при этомъ должны возникнуть породы различныхъ формъ залеганія, которыя легко систематизировать въ зависимости отъ того, происходитъ ли остываніе на поверхности суши и дна моря или на нѣкоторой глубинѣ въ самомъ тѣлѣ земной коры (см. объ этомъ дальше). Очевидно также, что при этомъ способѣ образованія не можетъ имѣть мѣсто, по крайней мѣрѣ въ общемъ случаѣ, постепенное наслоеніе, напластованіе. Такія горныя породы называютъ изверженными, или массивно-кристаллическими.

Всматриваясь въ вещественный составъ породъ каждаго изъ этихъ двухъ классовъ, нетрудно замѣтить, что въ общемъ случаѣ есть глубокая разница въ ихъ составѣ. Изверженные породы состоятъ существенно изъ силикатоваго вещества <sup>1)</sup> въ формѣ кристалловъ или зеренъ кристаллическаго вещества, тѣсно примыкающихъ другъ къ другу или разсѣянныхъ въ массѣ нѣсколько иного вида, но также силикатовой. При самомъ небольшомъ навыкѣ легко видѣть, что такія породы образованы изъ кристалловъ, листочковъ, зеренъ, правда сливающихся иногда въ



Фиг. 2. Жила изверженной породы (базальта) пересѣкаетъ слои осадочныхъ породъ (песчаники и глины).

совершенно сплошную массу, напоминающую нѣсколько даже обыкновенное стекло. Составъ осадочныхъ породъ разнообразнѣе; иногда это сочетаніе зеренъ и кристалловъ, но въ такомъ случаѣ веществъ не силикатовыхъ, а легко растворимыхъ если не въ водѣ, то въ кислотахъ (такъ называемые галюиды, карбонаты, сульфаты); правда, есть осадочныя породы, сложенныя также изъ силикатовъ (преимущественно желѣза), но уже внѣшній видъ такихъ породъ такъ далекъ отъ внѣшняго вида изверженныхъ, что смѣшать ихъ трудно. Въ другихъ слу-

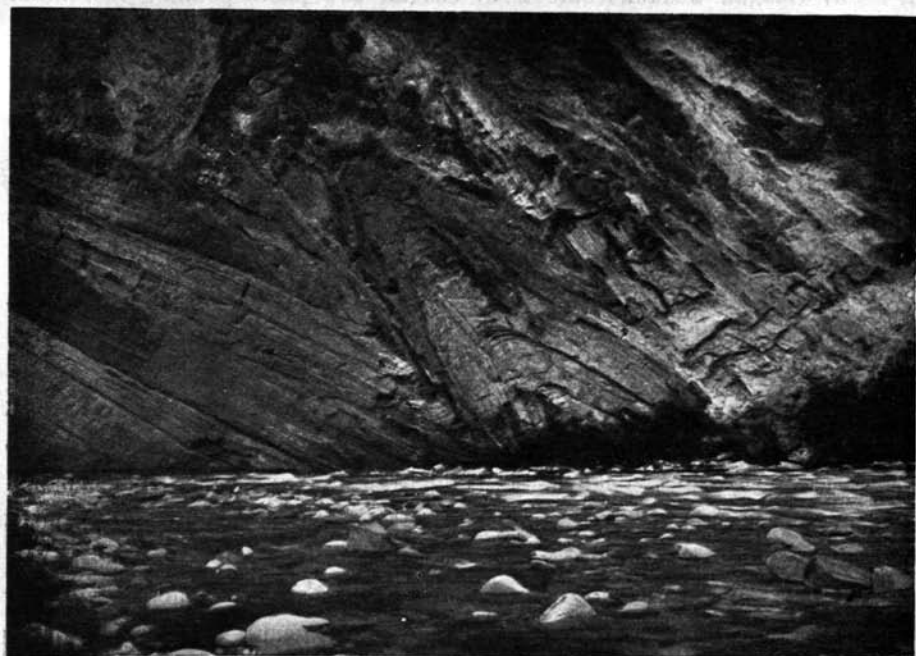
<sup>1)</sup> Силикатами называютъ соли кремневой кислоты; слѣдовательно, въ этихъ веществахъ кремнеземъ ( $SiO_2$ ) является не въ формѣ самостоятельной примѣси, какъ, напр., въ любомъ песчаникѣ, а въ формѣ одной изъ составныхъ химическихъ частей, которая механическимъ путемъ изъ даннаго вещества не можетъ быть выдѣлена.

чаяхъ осадочныя породы представляютъ зерна, обломки кристалловъ различныхъ силикатовъ или преимущественно зерна кварца (кремнеземъ, окисель кремнія), которые удерживаются другъ около друга, благодаря развитію между ними различныхъ цементирующихъ веществъ землистаго или кристаллическаго вида; и въ этомъ случаѣ внѣшній видъ даже самой твердой изъ такихъ породъ легко отличается ихъ отъ изверженныхъ. Наконецъ, есть осадочныя породы, сложенныя также существенно изъ силикатоваго вещества (глины, глинистые сланцы), но не въ кристаллической формѣ, а землистой, аморфной; и въ этомъ случаѣ внѣшняя разница отъ изверженныхъ породъ легко улавливается.

Стоитъ только нѣсколько освоиться съ внѣшнимъ видомъ типичныхъ изверженныхъ породъ (базальтъ, андезитъ, порфиры, граниты) и типичныхъ осадочныхъ (песчаники, известняки, мергели), чтобы замѣтить, что есть еще третій классъ горныхъ породъ, которыя по ихъ внѣшнему виду имѣютъ сходство и различіе съ каждымъ изъ двухъ основныхъ классовъ. Онѣ похожи на изверженныя своимъ вещественнымъ составомъ, кристаллическимъ и силикатовымъ, но отличаются своей формой залеганія, которая напоминаетъ типичные слои, переходящіе въ тонкое развитіе, отмѣчаемое ясно словомъ сланцеватое. По своей формѣ залеганія, въ особенности если ихъ разсматривать не въ кускѣ, а въ естественныхъ или искусственныхъ обнаженіяхъ береговъ рѣкъ, каменоломень, онѣ напоминаютъ осадочныя породы, отъ которыхъ отличаются тѣмъ не менѣе своимъ постояннымъ кристаллически-силикатовымъ составомъ. Такія породы называютъ вообще кристаллическими сланцами (фиг. 3), и ихъ необходимо выдѣлать въ третій крупный классъ породъ. Въ окружающей насъ и доступной наблюденію природѣ мы не можемъ видѣть ихъ способа образованія, но цѣлый рядъ логическихъ заключеній, основанныхъ на различныхъ наблюденіяхъ, приводитъ къ выводу, что эти породы образовались первоначально или какъ осадочныя, или какъ изверженныя и затѣмъ приняли ихъ видимый теперь обликъ подъ вліяніемъ дополнительныхъ процессовъ въ тѣлѣ земной коры при участіи высокой температуры и высокаго давленія (метаморфизмъ).

Строеніе (структура) каждой горной породы опредѣляется формой, величиной и способомъ срастанія частицъ, образующихъ породу. Каждая изъ этихъ особенностей, отчетливо видимая въ изломѣ породы, на ея полированной поверхности, а во всѣхъ подробностяхъ въ тонкой пластинкѣ подъ микроскопомъ, не есть случайность, а закономерно связана съ способомъ образованія породы какъ первоначальнымъ, такъ и дополнительнымъ.

Способъ образованія породы и является тѣмъ основаніемъ, на фонѣ котораго можно разобратъ среди породъ, кажущихся сначала



Фиг. 3. Обнаженіе кристаллическихъ сланцевъ на берегу р. Олекмы. Кристаллическіе сланцы (филлиты) собраны въ средней части обнаженія въ небольшую наклонную, нормальную, антиклинальную складку, ограниченную съ обѣихъ сторонъ ненормальными сбросами (взбросами).

столь многообразными, и которое приближаетъ насъ къ естественной классификаціи горныхъ породъ.

## І. Осадочныя горныя породы.

Отложеніе вещества можетъ происходить не только изъ воды, но также изъ воздуха или при участіи льда, но мы остановимся здѣсь только на образованіи осадочныхъ породъ въ водѣ, какъ наиболѣе общемъ случаѣ.

Въ водѣ матеріалъ различнаго вещественнаго состава, получающійся отъ разрушенія раньше существовавшихъ породъ, можетъ находиться въ двухъ различныхъ состояніяхъ: а) въ видѣ механической примѣси, т. е. въ взвѣшенномъ состояніи или можетъ перемѣщаться водой путемъ перекачиванія, въ случаѣ его крупности; б) въ растворенномъ состояніи. Въ зависимости отъ выпаденія осадка изъ того или

другого состоянія, и можно различить двѣ основныя группы осадочныхъ породъ:

а) Осадки механическіе и б) осадки изъ раствореннаго состоянія. Последніе могутъ выпадать по двумъ способамъ: или процессами физико-химическими, напр., при испареніи раствора, его охлажденіи, химическихъ реакцій въ немъ, или только при участіи жизнедѣятельности организмовъ, какъ животныхъ, такъ и растительныхъ, извлекающихъ вещества, растворенныя въ водѣ (въ общемъ случаѣ, но есть случаи извлеченія вещества также изъ тонко взвѣшеннаго состоянія), на построеніе своихъ скелетовъ, внутреннихъ и вѣшнихъ. Слѣдовательно въ конечномъ итогѣ мы имѣемъ три группы осадочныхъ породъ: 1) обломочныя породы, 2) физико-химическіе осадки и 3) органическіе, или органогенныя осадки.

Каждый такой осадокъ, напр., песокъ, иль органическій или осадокъ физико-химическій, можетъ подвергаться еще на двѣ моря различнымъ преобразованіямъ, какъ уплотненіе, цементиція, химическое превращеніе и т. д. (совокупность такихъ процессовъ называютъ діагенезисъ), подъ вліяніемъ которыхъ такіе осадки превращаются въ горныя породы.

1. Обломочныя породы можно подраздѣлять по степени переноса матеріала и его сортировки на: а) не испытавшія переноса, а отложенныя на мѣстѣ разрушенія—дресва, гравій, частью и глина (всѣ такія образованія называютъ элювіемъ); б) при сравнительно маломъ перемѣщеніи матеріала водой, также вѣтромъ, онъ только округляется, окатывается, и возникаютъ накопленія галекъ и валуновъ; в) если перемѣщеніе идетъ дальше, матеріалъ истирается все больше, сохраняются только болѣе устойчивыя вещества, и возникаютъ пески; г) наконецъ, наиболѣе тонкій, отмученный матеріалъ, увлекаемый дальше всего, даетъ отложенія ила, глины. Всѣ эти категоріи представляютъ рыхлыя отложенія, которыя при ихъ уплотненіи, отъ высыханія и давленія выше лежащихъ массъ или соединенія составляющихъ частицъ путемъ цементиціи, даютъ соотвѣтствующія категоріи твердыхъ горныхъ породъ: а) брекчіи, б) конгломераты, в) песчаники, г) сланцеватыя глины, глинистые сланцы, мергель.

Брекчіи характеризуются угловатой, остроугольной формой составляющихъ ихъ обломковъ; конгломераты—округленной. Песчаники образованы существенно изъ зеренъ кварца, какъ вещества, наиболѣе сопротивляющагося механическому истиранію, съ примѣсью обломковъ и другихъ минераловъ, въ особенности слюды, роговой обманки, авгита; если они образованы зернами и обломками существенно полевыхъ шпатовъ, въ

случаѣ образованія отъ разрушенія преимущественно гранитовъ и гнейсовъ, ихъ называютъ аркозами или грауваковыми песчаниками; въ химическомъ отношеніи такіе песчаники отличаются присутствіемъ щелочей. Песчаники можно подраздѣлить, очевидно, по характеру цементирующаго вещества на глинистые, известковистые, кремнистые, желѣзистые, обладающіе различными техническими свойствами въ зависимости именно отъ цемента. При увеличеніи количества кремнистаго цемента, причѣмъ каждое зерно кварца является облеченнымъ кварцевымъ же цементомъ, песчаники переходятъ въ кварциты. Уплотненіе ила и глины вызываетъ только свойство ихъ раскалываться по опредѣленному направленію, совпадающему въ общемъ случаѣ, съ слоистостью, т. е. свойство сланцеватости. Если такіе сланцы отличаются обиліемъ щелочей, ихъ также называютъ грауваковыми сланцами. Глины различаютъ также по ихъ химическому составу на известковистыя, желѣзистыя, кремнистыя, квасцовыя, гипсоносныя, соленосныя. Въ зависимости отъ количества примѣси песка различаютъ глины сухія и жирныя, а по отношенію къ дѣйствію высокой температуры — кирпичныя, огнеупорныя. Послѣднія въ своемъ типичномъ развитіи представляютъ чистый водный силикатъ глинозема, называемый каолиномъ.

Структура обломочныхъ породъ зависитъ только отъ формы и величины обломковъ, и различаютъ, напр., въ песчаникахъ — крупнозернистый (или грубый), средне-и мелкозернистый. Совершенно естественно, что между различными категоріями обломочныхъ породъ могутъ быть совершенно незамѣтные переходы; такъ грубые песчаники переходятъ въ конгломераты, а эти въ брекчій; мелкозернистые песчаники переходятъ въ глины и т. д.

2. Физико-химическіе осадки можно подраздѣлить по химическому составу отлагающагося матеріала на сульфаты, хлориды, карбонаты, силикаты и гидраты. Въ строительномъ дѣлѣ представляютъ наибольшій интересъ: гипсъ и ангидритъ (сульфаты состава  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  и  $CaSO_4$ ), оолитовый известнякъ, известковый туфъ ( $CaCO_3$ ) и доломитъ —  $CaMg(CO_3)_2$ .

Благодаря условіямъ своего отложенія, осадочныя горныя породы этой группы часто не имѣютъ отчетливо выраженной слоистости, залегая въ такихъ случаяхъ массами штокообразной формы, напр., каменная соль, гипсъ, доломитъ.

Структура ихъ болѣе разнообразна, чѣмъ обломочныхъ породъ, и кромѣ различія по крупности зерна, отмѣчается иногда словами, волокнистый для гипса, и оолитовый для известняка, сидерита, желѣзныхъ

силикатовыхъ и окисленныхъ рудъ. Оолитовой структурой называютъ сложеніе породы изъ мелкихъ шарообразныхъ стяженій, имѣющихъ каждое концентрически-радіальное строеніе; изъ всѣхъ известняковъ къ этой группѣ породъ только и относится оолитовый известнякъ. Совершенно естественно, что матеріалъ, выпадающій изъ раствореннаго состоянія, можетъ отлагаться одновременно съ обломочнымъ матеріаломъ, и возникаютъ породы, связывающія группы физико-химическихъ осадковъ и обломочныхъ, напр., мергели, которыхъ известковое, доломитовое или кремнистое вещество можетъ быть и физико-химическаго образованія, а глинистое вещество — механическаго.

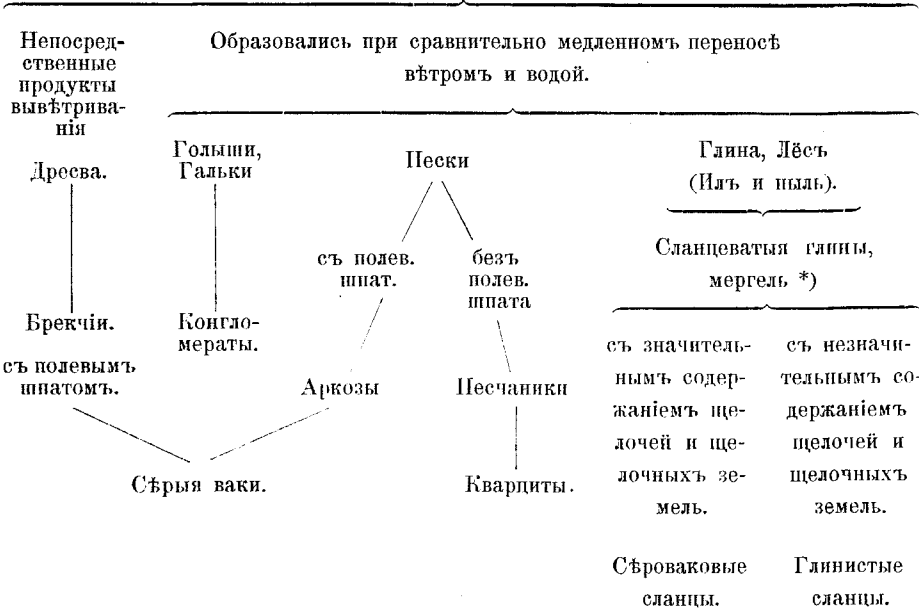
3. Органогеновыя горныя породы раздѣляются въ зависимости отъ природы тѣхъ организмовъ, жизнедѣятельность которыхъ и вызываетъ отложеніе изъ воды того или иного матеріала, на зоогеновыя и фито-геновыя породы. Каждая изъ этихъ подгруппъ раздѣляется по вещественному составу матеріала, извлекаемаго организмами, на осадки известковые, кремнистые и органическіе. Представителями известковыхъ являются известняки, напр., коралловый, мѣль, нуллипоровый (изъ покрововъ водорослей; сюда относится, напр., главный строительный матеріалъ Вѣны). Кремнистыми породами этой группы являются различные кремнистые сланцы, а органическими — ископаемыя горючія, съ одной стороны угли каменный, бурый, антрацитъ, и торфъ, а съ другой — нефть и ея производныя. Породы этой группы образуются путемъ отложенія или непосредственнаго наростанія (коралловый и нуллипоровый известняки) матеріала по мѣрѣ того, какъ живые организмы отжи-ваютъ; поэтому, часто эти породы относятъ даже къ отдѣлу обломочныхъ, но правильнѣе принимать въ основаніе опредѣленія породы процессъ выпаденія вещества изъ воды, а не процессъ накопленія этого вещества. Нужно замѣтить, что все-таки многіе известняки представляютъ скопленія обломочнаго матеріала, полученнаго отъ дальнѣйшаго раздробленія и перетиранія, напр., возрастающихъ коралловыхъ, мшанковыхъ или нуллипоровыхъ построекъ или отлагающихся скопленій раковинъ; такіе известняки часто отчетливаго брекчьеваго или песчаниковаго сложенія, могутъ быть поставлены, конечно, и въ группу обломочныхъ породъ. Мы видимъ, что, напр., известнякъ, какъ опредѣленная горная порода, можетъ быть разнообразнаго происхожденія; примѣсь къ нему матеріала обломочнаго происхожденія, напр., глины, даетъ такую породу, какъ глинистый известнякъ, представляющую незамѣтные переходы въ мергель; такими же переходными типами являются такія породы, какъ углистые и битуминозные сланцы.

Осадочныя горныя породы, образовавшіяся

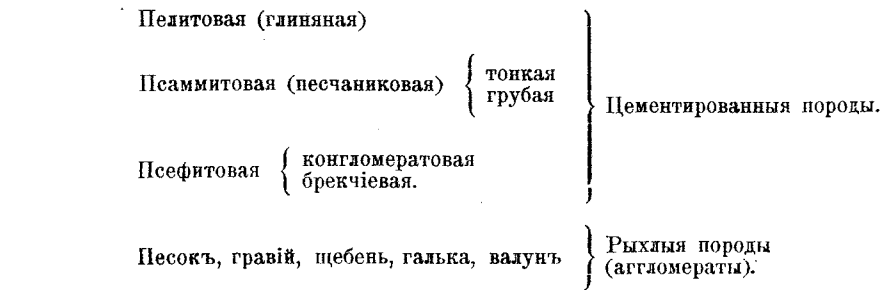
ИЗЪ НЕРАСТВОРИВШИХСЯ СОСТАВНЫХЪ ЧАСТЕЙ ПЕРВИЧНЫХЪ ПОРОДЪ.

Механическіе осадки.

(Кластическія или обломочныя горныя породы).



СТРУКТУРА ОБЛОМОЧНЫХЪ ПОРОДЪ:



ИЗЪ РАСТВОРИВШИХСЯ СОСТАВНЫХЪ ЧАСТЕЙ ПЕРВИЧНЫХЪ ПОРОДЪ.

Химико-физическіе осадки.

(галогеновыя породы или простыя зернисто-кристаллическія).  
(образ. при испареніи, охлажденіи, химическихъ реакціяхъ)

Органическіе осадки.

(органогеновыя породы).

| Химико-физическіе осадки.                                                                                               |                       |             |                                    | Органическіе осадки.                                  |                           |              |                     |                       |                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------|--------------|---------------------|-----------------------|----------------|
| (галогеновыя породы или простыя зернисто-кристаллическія).<br>(образ. при испареніи, охлажденіи, химическихъ реакціяхъ) |                       |             |                                    | (органогеновыя породы).                               |                           |              |                     |                       |                |
| Сульфаты и Хлориды.                                                                                                     | Карбонаты.            | Силикаты.   | Гидраты.                           | Зоогеновыя осадки.                                    |                           |              | Фитогеновыя осадки. |                       |                |
| Ангидритъ.                                                                                                              | Оолитовый известнякъ. | Глауконитъ. | Кремнистая накипь.                 | Известковые                                           | Кремневые                 | Органическіе | Органическіе        | Кремневые             | Известковые    |
| Гипсъ.                                                                                                                  | Оолитовый желѣзнякъ.  | Тюрингитъ.  | Прѣсноводный кварцитъ.             | (Фораминиферы, кораллы и пр.)                         | (Радиоларіи, губки и пр.) | Битуменъ.    | Торфъ.              | (Диатомы).            | (Водоросли).   |
| Каменная соль.                                                                                                          | Шпатовый желѣзнякъ.   | Шамузитъ.   | Болотная желѣзная руда (лимонитъ). | Известнякъ (нуммулитовый, коралловый, брахиоподовый). | Кремнистый сланецъ.       | Нефть.       | Бурый уголь         | Кизельгуртъ.          | Известнякъ     |
| Кизеритъ.                                                                                                               | Доломитъ.             |             |                                    | Мѣлъ.                                                 | Спонгіевый песчаникъ.     | Асфальтъ.    | Камен. уголь        | Полировальный сланецъ | (нуллипорный). |
| Карналлитъ.                                                                                                             | Известковый туфъ.     |             |                                    |                                                       |                           |              |                     |                       |                |
| Сильвинъ.                                                                                                               | Известковые натѣки.   |             |                                    | Раквинная брекчія.                                    |                           | Гуано.       | Антрацитъ.          | Кремнистый сланецъ.   |                |
| Каинитъ.                                                                                                                |                       |             |                                    |                                                       |                           |              |                     |                       |                |

СТРУКТУРА ПРОСТЫХЪ ЗЕРНИСТО-КРИСТАЛЛИЧЕСКИХЪ ПОРОДЪ:

Различается по крупности зерна { крупно-зерн. мелко-зерн. плотная.

Особая—оолитовая (концентрически - скорлуповатая).

СТРУКТУРА ОРГАНОГЕНОВЫХЪ ПОРОДЪ:

Зависитъ отъ степени сохраненія органическихъ остатковъ.

НВ. Осадочнымъ породамъ свойственны иногда сланцеватое и листоватое сложенія.

\*) Мергель представляетъ известнякъ сѣ примѣсью глины, песка и т. п.

Что касается до строения породъ этой группы, то она опредѣляется степенью сохраненія первоначальнаго матеріала этихъ породъ; такъ въ коралловыхъ известнякахъ нерѣдко только съ трудомъ можно открыть части, сохранившія еще строеніе коралловыхъ полипниковъ, а въ каменныхъ угляхъ почти вовсе нельзя замѣтить ихъ растительное происхожденіе. Известняки этой группы часто также лишены слоистости, напр., коралловые и мшанковые.

Все существенное изъ сказаннаго объ осадочныхъ породахъ собрано на прилагаемой табл. 1.

## II. Изверженные горныя породы.

Въ основаніе элементарной классификаціи изверженныхъ породъ, вполне достаточной для ориентировки техниковъ среди разнообразія этого отдѣла, кладется представленіе объ ихъ структурѣ.

Если расплавленная масса застываетъ въ горную породу на глубинѣ въ земной корѣ, при условіяхъ слѣдовательно медленнаго остыванія, вслѣдствіе слабой теплопроводности окружающихъ массъ и высокаго давленія, то процессъ кристаллизаціи идетъ до конца: постепенно и послѣдовательно выдѣляются сначала одни минеральныя вещества въ формѣ кристалловъ или кристаллическихъ зеренъ, а затѣмъ и остальные, причемъ процессъ протекаетъ непрерывно при одинаковыхъ внѣшнихъ условіяхъ, въ предѣлахъ одной фазы, какъ обыкновенно выражаются. Величина и форма выкристаллизовывающихся минераловъ могутъ быть различными, что зависитъ отъ различныхъ условій въ самой расплавленной массѣ, но во всѣхъ случаяхъ строеніе породы зернистое изъ кристаллическихъ элементовъ, а не обломковъ, какъ, напр., въ песчаникахъ. Такое строеніе и называютъ зернисто-кристаллическимъ или гранитнымъ.

Внѣшнимъ выраженіемъ такой структуры (см., напр., табл. I—VI) въ изломѣ породы служить зернистость довольно равномерной величины, причемъ зерна и кристаллы (формы ограниченныя правильными плоскостями) удерживаются взаимнымъ сдѣпленіемъ; если замѣчается значительное различіе въ величинѣ кристалловъ и зеренъ, то обычно болѣе мелкіе разсыяны среди болѣе крупныхъ, а не наоборотъ.

Всѣ массивныя породы, имѣющія такую структуру, свидѣтельствующую объ ихъ образованіи на глубинѣ, называютъ глубинными породами, также интрузивными или плутовыми.

Если расплавленная масса, частью уже подвергшаяся остыванію

въ условіяхъ образованія глубинной породы, будетъ перемѣщена значительно ближе къ поверхности земли или даже выльется непосредственно на поверхность, то окончательное ея остываніе будетъ протекать при физическихъ условіяхъ уже совершенно иныхъ, а именно при маломъ давленіи и быстро. Возникаютъ различія въ величинѣ, формѣ и частью самомъ вещественномъ составѣ кристаллическихъ элементовъ, выдѣлившихся при первоначальныхъ условіяхъ, и элементовъ, выдѣлившихся при новыхъ условіяхъ. Затвердѣваніе породы протекало не непрерывно, а двумя фазами, каждая при различныхъ внѣшнихъ условіяхъ. Выдѣленія первой фазы отличаются большою величиною (см., напр., табл. VII—X), лучшимъ образованіемъ ограничивающихъ поверхностей и распределяются болѣе или менѣе обособленными среди массы, болѣе мелкозернистой, иного вида. Такія выдѣленія называютъ вкрапленниками, а окружающее вещество—основной массой. Структура, характеризующаяся сочетаніемъ такихъ двухъ частей, свидѣтельствующихъ объ остываніи породы двумя фазами, называется порфировой, а всѣ породы съ такой структурой называютъ излившимися на поверхность, также эффузивными или вулканическими.

Двѣ основныя структуры изверженныхъ породъ, гранитная и порфировая, служатъ такимъ образомъ внѣшнимъ выраженіемъ условій образованія двухъ главныхъ группъ изверженныхъ породъ. Очевидно, что одна и та же расплавленная масса можетъ въ своихъ различныхъ частяхъ, глубинной и поверхностной, имѣть неодинаковую структуру; слѣдовательно, было бы совершенно несправедливо приписывать породамъ гранитнымъ возрастъ болѣе древній, чѣмъ породамъ порфировымъ. Тѣмъ не менѣе изслѣдованіе изверженныхъ породъ показываетъ, что среди вулканическихъ породъ можно замѣтить нѣкоторое различіе между породами болѣе древними и породами болѣе новыми, приблизительно съ третичнаго времени; такое различіе кладется въ основаніе условнаго раздѣленія вулканическихъ породъ на древнія (палеовулканическія) и новыя (неовулканическія).

Мы не будемъ останавливаться здѣсь на разсмотрѣніи разновидностей гранитной и порфировой структуръ, такъ какъ дальше мы коснемся этого съ технической точки зрѣнія. Замѣтимъ лишь, что остываніе породъ, излившихся на поверхность, можетъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ происходить настолько быстро, что расплавленная матерія затвердѣваетъ раньше, чѣмъ въ ней закончатся, а иногда даже чѣмъ начнутся, процессы кристаллизаціи; расплавленное вещество застываетъ тогда частью или совершенно въ такъ называемое вулканическое стекло, т.-е. сили-

катовое образованіе аморфнаго строенія. Если въ теченіе первой фазы отвердѣванія успѣли уже выдѣлиться кристаллы какихъ-нибудь минераловъ, то получается порфировое строеніе съ основной массой стекловатой. Такія стекловатныя разности породъ являются очень обычными для всѣхъ породъ съ порфировой структурой, и по присутствію въ основной массѣ стекловатаго вещества различаютъ двѣ категоріи порфировыхъ структуръ, съ полнокристаллической (табл. VII) и съ стекловатой основной массой (табл. IX). Дальнѣйшія разновидности порфировыхъ структуръ различаютъ по характеру основной массы; въ случаѣ полнокристаллической въ ней можно различить всѣ типы гранитной структуры, но въ соотвѣтственно болѣе тонкой зернистости (см. табл. 2). Въ природѣ нельзя провести рѣзкую границу между различными внѣшними условіями образованія изверженныхъ породъ; очевидно, что и между различными структурами существуютъ незамѣтные переходы.

Дальнѣйшее подраздѣленіе изверженныхъ породъ какъ глубинныхъ, такъ и излившихся на поверхность, дѣлается на основаніи ихъ вещественнаго состава, т.-е. по тѣмъ минераламъ, которые составляютъ породу. Минералами, породообразующими въ тѣсномъ смыслѣ, являются различные силикаты и кварцъ (кремнеземъ); среди силикатовъ нужно привыкнуть различать группы: а) щелочныхъ и щелочно-земельныхъ силикатовъ и б) желѣзисто-магнезіальныхъ. Представителями первой группы являются полевые шпаты; щелочные, т.-е. содержащіе калий и натрій, будемъ называть для простоты ортоклазами (и микроклинъ), а щелочно-земельные, т.-е. существенно известково-натровые, называютъ плагиоклазами. Всѣ эти минералы или безцвѣтны, блѣлаго, или свѣтлыхъ розоватаго и зеленоватаго цвѣтовъ; вмѣстѣ съ кварцемъ и щелочной слюдой (мусковитъ) они образуютъ свѣтлые элементы каждой горной породы. Представителями желѣзисто-магнезіальныхъ силикатовъ являются біотитъ (магнезіальная слюда), роговая обманка, пироксены (авгитъ, діаллагонъ, ромбическіе пироксены), оливинъ. Всѣ эти минералы темныхъ цвѣтовъ и образуютъ окрашенные составныя части каждой изверженной горной породы; чѣмъ больше въ породѣ такихъ минераловъ, тѣмъ цвѣтъ ея темнѣе; вмѣстѣ съ этимъ мѣняется, очевидно, и химическій составъ горныхъ породъ, а частью и ихъ удѣльный вѣсъ. Чѣмъ больше въ породѣ кварца и щелочныхъ минераловъ, тѣмъ больше въ ней кремнезема ( $SiO_2$ ); такія породы называютъ кислыми. Чѣмъ больше въ породѣ желѣзисто-магнезіальныхъ минераловъ, тѣмъ меньше въ ней кремнезема, и такія породы называютъ основными. Между кислыми и основными есть породы средней кислотности. Минералогическій со-

## Структуры изверженныхъ породъ.

ЗЕРНИСТО-КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ или ГРАНИТНАЯ:

ПОРФИРОВАЯ:

|   |                                 |                                |              |                                                         |                            |                           |
|---|---------------------------------|--------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| { | Крупно-зернистая.               | Полнокристаллически порфировая |              |                                                         | Стекловатая (витрофировая) |                           |
|   | Мелко "                         | Микрогравитовая.               | Фельзитовая. | Микропегматитовая (гранофировая).                       | Микролитовая (трахитовая). | Гипофилитовая Перлитовая. |
|   | Скрыто-(скрытокристаллическая). |                                |              |                                                         |                            |                           |
|   | Пегматитовая.                   |                                |              |                                                         |                            |                           |
|   | Офитовая . . . . .              | Интерсертальная                |              |                                                         | Сферолитовая.              |                           |
|   |                                 |                                |              | Флюидальное (сложение).                                 |                            |                           |
|   |                                 |                                |              | Губчатое, пещеристое, пористое, миндалевидное сложение. |                            |                           |
|   |                                 |                                |              | Катакластическое, брекчиевое, шпоровое сложение.        |                            |                           |

NB. Структура опредѣляется способомъ образованія составныхъ частей породы.

Сложение, или текстура (Textur) опредѣляется различными вліяніями на магму или даже на готовую уже горную породу (движеніе магмы, выдѣленіе газовъ, неоднородность магмы, давленіе).

## Структуры кристаллическихъ сланцевъ:

Сланцеватая.

Чечевичная (для гнейса очковое сложение).

Слоеватая или полосчатое сложение.

Особья: складчатое или пльчатое, узловатое, пятнистое сложение.

ставъ породы опредѣляетъ сразу до извѣстной степени и ея химическій составъ.

Всѣ изверженныя породы дѣлятся по минералогическому составу на двѣ очень неодинаковаго объема группы:

Породы безполевошпатовыя и породы полевошпатовыя. Заранѣ можно сказать, что первыя должны быть вообще темноцвѣтными и основными, т. е. сравнительно болѣе высокаго удѣльнаго вѣса. Полевошпатовыя раздѣляются на содержащія ортоклазъ и содержащія плагіоклазъ. Первыя дальше раздѣляются на породы, имѣющія свободный кремнеземъ въ видѣ кварца и безкварцевыя. Плагіоклазовыя подраздѣляются на основаніи преобладающаго окрашеннаго минерала, т. е. горныя породы плагіоклазовыя съ роговой обманкой (или слюдой), съ авгитомъ (частью съ оливиномъ), съ діаллагономъ, съ ромбическими пироксенами.

Совершенно тождественнаго минералогическаго состава породы могутъ имѣть различную структуру и, наоборотъ, породы одинаковой структуры могутъ имѣть различный минералогическій составъ.

Вся классификація изверженныхъ породъ представлена на приложенной таблицѣ (табл. 3), въ которой указаны и названія главнѣйшихъ породъ. Какъ видимъ, названіе породы зависитъ не только отъ состава, но и отъ структуры. Породы въ таблицѣ расположены такимъ образомъ, что каждый вертикальный столбецъ обнимаетъ породы одинаковаго минералогическаго состава, а каждый горизонтальный рядъ относится къ породамъ одинаковой структуры. Если подвигаться отъ лѣвой руки къ правой, почти постепенно переходимъ отъ кислыхъ породъ (гранитъ, кварцевый порфиръ, липаритъ) черезъ породы средней кислотности (сіенитъ, ортофиръ, трахитъ; діоритъ, діоритовый порфиритъ, андезитъ) къ породамъ все болѣе основнымъ, которыя и заканчиваются наиболѣе удѣльно тяжелыми оливиново-пироксеновыми (дунитъ, кимберлитъ).

Для поясненія таблицы можно замѣтить еще, что въ нѣкоторыхъ породахъ вмѣсто полевого шпата появляются минералы, близкіе ему по составу, которые называются фельдшпатидами. Точно также, изъ окрашенныхъ минераловъ одни минералы часто замѣщаются другими, близкими по составу, такъ вмѣсто слюды (біотита) часто появляется роговая обманка, авгитъ и друг. Такое измѣненіе въ нормальномъ составѣ породы, опредѣляющемъ названіе породы, отмѣчается присоединеніемъ къ этому названію соотвѣтствующаго опредѣленія; напр., нормальный сіенитъ состоитъ изъ ортоклаза и роговой обманки, но часто появляются сіениты слюдяный и авгитовый. Въ породахъ средней кислотности, какъ

### Таблица 3.

| СТРУКТУРА.                                                                                                               |                                                      | Возрастъ геологическій.                             | Породы полевошпатовыя.                            |                                 |                                      |                                                                                    |                          |                                                             |                             |                              |                                                      |                                                                       | Породы безъ полевого шпата.                                                          |                                            |                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                                                                                                                          |                                                      |                                                     | Породы съ щелочными полевыми шпатами.             |                                 |                                      | Породы съ известково-натровымъ и известковымъ полевыми шпатами (съ плагиоклазами.) |                          |                                                             |                             |                              |                                                      |                                                                       | Фельд-шпатидо-выя.                                                                   | Оливиново-пироксеновыя.                    |                                            |
|                                                                                                                          |                                                      |                                                     | Ортоклазовыя.                                     |                                 | Ортоклазово-фельдшпатовыя.           | Плагиоклазовыя.                                                                    |                          |                                                             |                             |                              | Плагиоклазово-фельдшпатовыя.                         | Съ оливиномъ.                                                         |                                                                                      | Безъ оливины.                              |                                            |
|                                                                                                                          |                                                      |                                                     | Кварцевыя.                                        | Безъ кварца.                    |                                      | Съ роговой обманкой и биотитомъ.                                                   | Съ авгитомъ.             |                                                             | Съ діалагономъ.             | Съ ромбическимъ пироксеномъ. |                                                      |                                                                       |                                                                                      |                                            | Съ авгитомъ, роговой обманкой и биотитомъ. |
| Зернисто-кристаллическая (гранитная).<br>Глубинныя горныя породы (интрузивныя, плутоническ.).                            | Различный.                                           | Гранитъ (гранититъ съ биотитомъ; рогово-обманковый) | Сіенитъ (рогово-обманковый, авгитовый, слюдяный). | Элеолитовый сіенитъ (міаскитъ). | Кварц. діоритъ.                      | Діоритъ.                                                                           | Диабазъ. Кварц. диабазъ. | Оливиновый диабазъ.                                         | Габбро (Оливиновое габбро). | Норитъ.                      | Тералитъ (плаг., нефелинъ, авгитъ) (также тешениты). | Іюлитъ.                                                               | Пикритъ (ол. + авгитъ) Дунитъ (олив. + хромитъ). Саксонитъ (олив. + энстатитъ).      | Авгитовая диабазовая порода (пироксенитъ). |                                            |
|                                                                                                                          |                                                      |                                                     |                                                   |                                 | (тоналиты).                          |                                                                                    |                          |                                                             |                             |                              |                                                      |                                                                       |                                                                                      |                                            |                                            |
| Порфирова (полнокристаллически-порфирова и стекловатая).<br>Эффузивныя породы, излившіяся на поверхность, вулканическія. | Палео-вулканическія (до третичн. возр.).             | П о р ф и р ы.                                      |                                                   |                                 | П о р ф и р и т ы.                   |                                                                                    |                          | Мелафиръ.                                                   |                             | Гиперстеновый порфиритъ.     | Мончикитъ.                                           |                                                                       | Кимберлитъ (змѣвиковая основная масса съ оливиновымъ бронзитомъ, биотитомъ и друг.). |                                            |                                            |
|                                                                                                                          | Нео-вулканическія (третичнаго и современнаго возр.). | Ріолитъ или Липаритъ                                | Трахитъ.                                          | Фонолитъ (лейцитовый).          | Данитъ (рогово-обманковый слюдяной). | Андезиты: Рогово-обманковый, слюдяной (пропилитъ).                                 | Авгитовый.               | Базальтъ (дозеритъ, анамезитъ).<br>Полсвошпатовый базальтъ. | Андезиты: Діалагоновый.     | Гиперстеновый.               | Тефриты (нефелиновый, лейцитовый) Базаниты.          | Нефеленитъ, лейцититъ, меллититъ (нефел. лейцит., меллитит. базальты) | Лимбургитъ.                                                                          | Авгитъ.                                    |                                            |
| Кислыя стекла: трахитовый смоляной камень, перлитъ, обсидіанъ, пемза.                                                    |                                                      |                                                     |                                                   |                                 | Базальтовыя стекла: обсидіаны.       |                                                                                    |                          |                                                             |                             |                              |                                                      |                                                                       |                                                                                      |                                            |                                            |

діоритъ и діабазъ, иногда замѣчается выдѣленіе свободнаго кремнезема, и тогда породы называютъ кварцевымъ діоритомъ и кварцевымъ діабазомъ (вообще тоналиты). Слѣдуетъ обратить также вниманіе, что всѣ породы плагиоклазовыя порфириной структуры носятъ общее названіе порфиритовъ. Техникамъ слѣдуетъ помнить, что базальты всегда темнѣе цвѣтомъ, чѣмъ всѣ андезиты, а дацитъ, трахитъ и липаритъ имѣютъ вообще еще болѣе свѣтлый цвѣтъ, чѣмъ андезиты.

Колебанія въ минералогическомъ составѣ породъ позволяютъ прослѣдить почти незамѣтные переходы между породами, расположенными въ каждомъ горизонтальномъ ряду таблицы; измѣненія въ структурѣ опредѣляютъ переходы между породами, расположенными въ каждомъ вертикальномъ столбцѣ.

Формы залеганія изверженныхъ горныхъ породъ, отличающіяся въ общемъ своимъ пересѣкающимъ или покрывающимъ отношеніемъ къ другимъ породамъ, представляютъ значительное разнообразіе. Можно замѣтить, что форма залеганія глубинныхъ горныхъ породъ опредѣляется формой того пространства, которое занимаетъ расплавленное вещество внутри земной коры; иногда расплавленная матерія сама создаетъ себѣ такое пространство, выдвигаясь въ окружающія породы и вплавливая ихъ. Въ общемъ случаѣ можно сказать, что типичными формами залеганія глубинныхъ породъ будутъ штокъ и интрузивная залежь; послѣдняя форма представляетъ пластообразную массу, выдвигнутую среди окружающихъ породъ. Для породъ излившихся на поверхность типичными формами будутъ куполь, покровъ и потокъ; куполообразная форма зависитъ отъ степени вязкости породы, а форма въ видѣ покрова или въ видѣ потока опредѣляется уклономъ поверхности. Очевидно, что часто на поверхности земли мы можемъ теперь встрѣтить куполообразныя и покровообразныя формы, которыя въ дѣйствительности представляютъ глубинныя формы, штокъ или интрузивную залежь, раскрытыя въ послѣдствіи благодаря размыванію; дѣйствительную природу такихъ формъ можно опредѣлить изученіемъ структуры породы; глубинныя породы должны имѣть гранитную структуру.

Въ зависимости отъ своего способа образованія изверженныя породы не могутъ залегать пластами, такъ какъ онѣ не отлагаются послѣдовательно, а отвердѣваютъ всей массой одновременно. Раздѣленіе толщи глубинныхъ изверженныхъ породъ на части пластообразныя относится къ явленіямъ иного порядка, именно отдѣльности, на чемъ мы остановимся дальше. Для вулканическихъ породъ, т.-е. излившихся на поверхность, раздѣленіе ихъ на пластообразныя толщи можетъ зависеть

отъ послѣдовательной подачи расплавленного вещества снизу и распределенія каждой новой части породы поверхъ старой; такое залеганіе принято называть банками.

Замѣтимъ, что породы гранитной структуры основнаго типа, напр., габбро, дунитъ, пироксениты, носятъ всѣ слѣды болѣе глубиннаго образованія, чѣмъ породы болѣе кислыя, какъ діориты, сіениты, граниты. Словомъ, все болѣе подтверждается положеніе, что не только формы залеганія и структуры, но и вещественный составъ изверженныхъ породъ тѣсно между собою связаны.

### III. Кристаллическіе сланцы.

Эти породы раздѣляютъ на три большія группы: 1) гнейсы, 2) слюдяные сланцы и 3) филлиты.

Гнейсы представляютъ собою кристаллическіе сланцы съ полевымъ шпатомъ; по минералогическому составу они близки, иногда тождественны, съ гранитомъ, т. е. состоятъ существенно изъ полевого шпата, кварца и слюды; послѣдній минералъ можетъ замѣщаться другими, и получаютъ гнейсы роговообманковый, авгитовый и т. д. Гнейсы могутъ постепенно переходить въ граниты черезъ такъ называемые гнейсо-граниты, и въ другихъ случаяхъ гнейсы происходятъ ихъ осадочныхъ породъ, которыя постепенно перекристаллизовываются и обогащаются полевымъ шпатомъ; такой процессъ возможенъ только на значительной глубинѣ и вблизи массъ расплавленной матеріи, отдѣляющей избытокъ щелочей, идущихъ на образованіе полевыхъ шпатовъ.

Группа слюдяныхъ сланцевъ обнимаетъ породы, состоящія существенно изъ кварца и какого либо окрашеннаго силикатоваго минерала: слюдяный, роговообманковый, хлоритовый, тальковый и друг. сланцы. Нерѣдко кварцъ исчезаетъ совершенно, и порода состоитъ существенно изъ листочковъ одного какого нибудь минерала.

Наконецъ, филлиты представляютъ сланцы глинистые, кремнистые или известковистые съ обильнымъ появленіемъ листочковъ слюды или скопленіями другихъ минераловъ; эта группа породъ ближе всего къ нормальнымъ осадочнымъ породамъ, подвергшимся только вліянію высокой температуры и давленія.

Въ значительныхъ разрѣзахъ земной коры можно нерѣдко видѣть, что нормальныя осадочныя породы различнаго геологическаго возраста книзу постепенно переходятъ въ породы филлитоваго состава, еще ниже въ какіе нибудь сланцы слюдяный, тальковый и т. д., а на наибольшей

глубинѣ эти послѣдніе смѣняются гнейсами. Прежде и считали, что кристаллическіе сланцы являются древнѣйшими образованіями, на которыхъ покоятся всѣ осадочныя породы. Въ дѣйствительности, кристаллическіе сланцы представляютъ только продукты преобразованія на значительной глубинѣ другихъ породъ, попадающихъ въ такія глубинныя условія при тѣхъ колебаніяхъ земной коры, которыя обнаруживаются по мѣрѣ накопленія осадковъ и слѣдовательно приближенія нижней части такой толщи къ зонѣ высокой внутренней температуры земли и къ поясу обильныхъ отдѣленій газовыхъ и жидкихъ растворовъ отъ расплавленной матеріи.

Структуры кристаллическихъ сланцевъ однообразны и онѣ перечислены на таблицѣ 2.

## ГЛАВА II.

### Обзоръ нѣкоторыхъ осадочныхъ породъ.

Глина по составу представляетъ смѣсь аморфнаго воднаго силиката глинозема (каолина, чешуйчатой формы бѣлаго цвѣта) съ тонкими частицами кварца (съ увеличеніемъ содержанія песка переходитъ въ суглиновъ — *Lehm*), полевого шпата, слюды и другихъ минераловъ. Цвѣтъ глинъ зависитъ отъ примѣси различныхъ веществъ: водной окиси желѣза (безводные — красный цвѣтъ: водные — бурый, желтый), закисныхъ соединений желѣза (зеленоватый цвѣтъ), углистыхъ и органическихъ веществъ (черный и шоколадный цвѣтъ), тонкораздробленнаго сѣрнаго колчедана (голубоватый или синій). Примѣсами являются сѣрный колчеданъ, гипсъ, стяженія и желваки кальцита, стяженія шпатового желѣзняка, глауконитъ (одинъ изъ силикатовъ желѣза), иногда окаменѣлости.

Тощая глина отличается отъ жирной болѣе значительной примѣсью постороннихъ минераловъ, размѣровъ не особенно тонкихъ.

Соленосная глина представляетъ глину, проникнутую хлористымъ натріемъ, иногда битуминозная (т.-е. съ органическими веществами), обыкновенно съ гипсомъ.

Квасцовой (вупоросной) называютъ глину, пропитанную тончайшими частицами сѣрнаго колчедана, угля и часто органическими веществами; отъ вывѣтриванія сѣрнаго колчедана въ такой глиня образуются сульфаты калия и алюминія, т.-е. квасцы.

Сукновальной называютъ глину, не дающую съ водой пластической массы и жадно поглощающую жиры и масла; примѣняется для очистки шерсти при производствѣ суконъ.

Сухая глина, представляющая тонкое землистое сѣоруповато изогнутое вещество, жадно поглощаетъ воду до 70<sup>0</sup>/. Удерживая воду,

она служит водонепроницаемымъ слоемъ, отсюда значеніе глины для подземной циркуляціи воды, для сохраненія подъ нею залежей каменной соли, калийныхъ солей, гипса.

При проложеніи дорогъ слѣдуетъ избѣгать вскрытія слоевъ, лежащихъ наклонно на глинѣ. Необходимо стараться также не нарушать равновѣсія массъ, въ строеніи которыхъ принимаютъ участіе слои глины, такъ какъ глина при разбуханіи становится пластичной и выпячивается подъ влияніемъ давленія верхнихъ массъ, даже при горизонтальномъ залеганіи.

Сильно глинистыя породы, а въ особенности обыкновенная глина, не пригодны для устройства насыпей, давая поводъ къ сползанію при разбуханіи послѣ дождей, къ вспучиванію при замерзаніи. Глина не годится и для заложенія фундаментовъ, если она лежитъ на наклонной поверхности твердыхъ породъ.

Пластическія свойства глины, дѣлающія ее цѣннымъ матеріаломъ для разнаго рода производствъ, зависятъ, повидимому, отъ примѣси органическихъ веществъ, дающихъ съ водой коллоидальныя скользкіе растворы.

Важнымъ техническимъ свойствомъ глинъ служитъ ихъ огнеупорность.

Каолинъ при накаливаніи теряетъ воду, становится твердымъ и сопротивляется дѣйствію высокой температуры и химическимъ реакціямъ. При накаливаніи и вообще при высыханіи каолинъ сокращается въ объемѣ (до 20% въ линейныхъ размѣрахъ), давая трещины. Такимъ же свойствомъ обладаетъ и жирная глина; чтобы сдѣлать ее пригодной для производства, напр., кирпича, необходимо прибавлять другія вещества, имѣющія свойство при накаливаніи увеличиваться въ объемѣ, напр. песокъ, т.-е. зерна кварца, битый огнеупорный кирпичъ, графитъ. Естественныя глины, содержащія такія примѣси, дѣлающія глину тощей, напр., песокъ, называютъ кирпичными. Вредными примѣсями для огнеупорности глины являются желѣзо, щелочи и щелочныя земли, слѣдовательно и всѣ минералы, заключающіе такіе элементы, напр., біотитъ, роговая обманка.

Присутствіе включеній известняка, гипса вредитъ глинѣ для примѣненія ея въ кирпичномъ производствѣ. При обжигѣ эти вещества выделяютъ  $\text{CO}_2$  или воду и затѣмъ снова поглощаютъ воду, вызывая распаденіе готовыхъ кирпичей.

Также вреденъ сѣрный колчеданъ, такъ какъ желѣзо въ немъ ведетъ къ образованію въ кирпичѣ легкоплавкихъ шлаковъ. Продолжительное лежаніе глины на воздухѣ, напр. зимою, ведетъ къ разрыхленію ея

и превращенію  $FeS_2$  въ  $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$  и купоросъ, выщелачиваемый дождевыми водами. Бурый желѣзнякъ переходитъ при накаливаніи въ красный, обуславливая обычный цвѣтъ кирпича. Органическія вещества сгораютъ. Желтые кирпичи получаютъ свой цвѣтъ отъ образованія силиката желѣза, чему способствуетъ присутствіе извести.

При производствѣ фарфора къ каолину прибавляютъ полевой шпатъ, увеличивающій плавкость матеріала и дающій стекло, которое обуславливаетъ прозрачность фабрикатовъ, заполняя всѣ промежутки между кристаллическими частицами.

Глина сама по себѣ совершенно бесплодна, но плодородіе почвъ<sup>1)</sup> глинистыхъ зависитъ отъ присутствія различныхъ минераловъ, подвергающихся вывѣтриванію, и способности глины удерживать при этомъ различные калийныя соли. Способность глины вспучиваться, растрескиваться вызываетъ разрывъ растительныхъ корешковъ. Для плодородія глины наиболѣе благопріятно, если она имѣетъ порошковатое строеніе, которое способствуетъ легкой проницаемости воздуха и росту корней. Присутствіе солей, напр., поваренной, гипса, препятствуетъ такому строенію.

Лѣсомъ называютъ породу, состоящую изъ тончайшаго кварцевого вещества на глинистомъ цементѣ, желтоватомъ отъ окисловъ желѣза. Присутствіе извести ведетъ къ образованію своеобразныхъ конкрецій (журавчики). Отсутствіе слоистости, пористость, способность давать отвѣсныя стѣнки характеризуютъ лѣсъ.

Латеритъ (красноземъ)—краснаго или красно-бурого цвѣта сильно желѣзистая масса, состоящая существенно изъ воднаго глинозема; представляетъ продуктъ вывѣтриванія самыхъ различныхъ породъ въ тропикахъ. Образованіе его обязано процессу, отличному отъ обыкновеннаго вывѣтриванія, такъ какъ въ латеритѣ выщелоченъ и кремнеземъ. У насъ латеритоподобныя образованія извѣстны только въ Батумской области.

Песчаникъ. Представляетъ породу изъ зеренъ кварца, связанныхъ какимъ-нибудь цементомъ; кромѣ зеренъ кварца обычно находятся еще листочки слюды, зерна полевого шпата и другихъ минераловъ.

Цементъ можетъ быть глинистый, мергелистый, известковистый, желѣзистый, глауконитовый. Отъ весьма измѣнчиваго количества и качества зеренъ и цемента зависятъ крайнее разнообразіе песчаниковъ.

<sup>1)</sup> Подъ названіемъ почвы понимаютъ самые верхніе рыхлые слои земной коры, образованные изъ коренныхъ горныхъ породъ подъ вліяніемъ вывѣтриванія и часто дѣятельности растений. Черноземъ, напр., представляетъ такой слой, богатый гумусомъ (перегной—твердыя растворимыя соединенія органическихъ кислотъ—ульминовой, гуминовой).

Цвѣтъ зависитъ преимущественно отъ характера цемента, такъ какъ зерна кварца безцвѣтны или бѣловаты. Песчаники съ цементомъ кварцевымъ, известковымъ—бѣлаго цвѣта; съ бурожелѣзняковымъ—желтые или бурые, съ гематитовымъ—красные, съ глауконитовымъ—зеленоватые. Окислы марганца окрашиваютъ песчаники въ черный цвѣтъ, также какъ и примѣсь органическихъ веществъ.

Глинистый цементъ легко узнается по характерному запаху при дыханіи на песчаникъ; карбонатный цементъ узнается пробой кислотой; органическая окраска исчезаетъ при обжигѣ. Наиболее прочнымъ является кварцевый песчаникъ. Глинистые и мергелистые песчаники легко впитываютъ воду, при замораживаніи разрушаются. Известковистый легко подвергается дѣйствію газовъ, содержащихъ  $SO_2$ , напр., около заводскихъ и фабричныхъ построекъ. Содержащіе колчеданъ песчаники быстро разрушаются отъ измѣненія  $FeS_2$ . На мергелистыхъ песчаникахъ очень охотно поселяются колоніи низшихъ организмовъ (лишай, мхи). Черные песчаники, отъ присутствія органическихъ веществъ, на воздухѣ скоро обезцвѣчиваются (о всѣхъ этихъ явленіяхъ см. дальше гл. IV).

Разрушеніе песчаниковъ даетъ различныя почвы. Глауконитовый песчаникъ—очень плодороденъ отъ присутствія калия.

Сланцеватая глина и глинистый сланецъ. Сланцеватой глиной называютъ глины, раздѣляющіяся на тонкія части параллельно плоскостямъ напластованія. Это свойство обуславливаетъ нѣкоторое уплотненіе матеріала, но трудно провести границу между обыкновенной глиной и сланцеватой. Цвѣтъ обыкновенно сѣрый или черноватый, отъ присутствія углистыхъ или битуминозныхъ веществъ. Если послѣднихъ много, возникаетъ горючій сланецъ, сгорающій на воздухѣ, но не разсыпавшійся при этомъ въ золу. Если много слюды, возникаетъ слюдистая разновидность, часто разнообразныхъ цвѣтовъ; такія глины рассыпаются въ водѣ (нѣмцы называютъ ихъ Schieferletten).

Глинистый сланецъ отличается отъ глинъ своею крѣпостью; сланцеватость выражена ясно, въ изломѣ землистый видъ. Кромѣ глинистыхъ аморфныхъ частей въ немъ много зеренъ кварца, листочковъ слюды, тончайшихъ частицъ сѣрнаго колчедана, магнитнаго желѣзняка, бураго желѣзняка, и много различныхъ примѣсей, видимыхъ простымъ глазомъ. Разновидности его кровельный, грифельный, углистый, квасцовый и др.

Гипсъ, ангидритъ и каменная соль представляютъ осадки изъ морской воды въ бухтахъ, получающихъ слабый притокъ прѣсной воды и сообщающихся съ океаномъ узкими проливами. Условія сухого кли-

мата необходимы для сильнаго испаренія воды и концентраціи въ ней солей. Испареніе пополняется притокомъ свѣжей воды теченіемъ изъ океана; постоянно доставляются новыя количества солей, такъ что концентрація солей достигаетъ состоянія насыщенія, и начинается отложеніе солей. Новый притокъ свѣжей воды, хотя и растворяетъ часть отложенныхъ солей, но подъ вліяніемъ испаренія снова начинается отложеніе. Выпаденіе солей начинается въ порядкѣ ихъ растворимости; первой выпадаетъ наиболѣе трудно растворимая, именно гипсъ или ангидритъ, затѣмъ каменная соль, а послѣдними соли калия и магнія. Порядокъ отложенія можетъ нарушаться въ зависимости отъ количества растворенныхъ солей (напр., если  $CaSO_4$  очень мало, а  $MgSO_4$  много, то первой будетъ отлагаться вторая соль, такъ какъ первая можетъ не достигнуть состоянія насыщенія), температуры (напр., изъ насыщеннаго раствора  $CaSO_4$  до температуры въ  $60^\circ$  выпадаетъ гипсъ, а выше  $60^\circ$  — ангидритъ; если растворъ насыщенъ и  $NaCl$ , тѣже явленія наступаютъ при  $30^\circ$ , а при составѣ морской воды уже при  $25^\circ$  изъ нея выпадаетъ именно ангидритъ). Все это объясняетъ совмѣстное нахожденіе гипса, ангидрита и каменной соли.

Такіе же процессы могутъ происходить и во внутреннихъ бассейнахъ, лишенныхъ стока, постепенно насыщающихся солями, доставляемыми проточными водами, какъ, напр., это происходитъ въ заливѣ Карабугазъ Каспійскаго моря.

Ангидритъ находится большею частью вмѣстѣ съ гипсомъ, въ который онъ переходитъ, что сопровождается значительнымъ увеличеніемъ объема. Часто гипсъ образуетъ оторочку кругомъ ангидрита.

Гипсъ рѣдко обнаруживаетъ ясную спокойную слоистость; гораздо чаще слоистость сильно нарушена, смята, что объясняется именно увеличеніемъ объема при его преобразованіи изъ ангидрита. Большею частью онъ образуетъ массивныя залежи, въ видѣ чечевицъ, штоковъ, залежей. Въ Россіи, гипсъ находится значительными отложеніями среди девонскихъ слоевъ (Западная Россія), триасовыхъ и пермскихъ (Поволжье, Уфимская губ.), мѣловыхъ и третичныхъ (Кавказъ).

Зернистый, бѣлый или красиво окрашенный гипсъ (называемый въ такихъ случаяхъ алебастромъ) примѣняется въ декоративномъ искусствѣ, для фигуръ и т. п. Плотный гипсъ примѣняется, какъ вяжущее вещество для дѣлки и т. п.

Обожженный гипсъ теряетъ воду, превращаясь въ особую разновидность  $CaSO_4$ ; порошокъ такого гипса жадно поглощаетъ воду и затвердѣваетъ, чѣмъ и пользуются въ примѣненіи его для отливокъ.

Толщи гипса обычно являются путями движенья подземных водъ, какъ это часто приходится видѣть въ подземныхъ выемкахъ, тоннеляхъ (Восточные Альпы).

Каменная соль, обыкновенно въ сопровожденіи гипса, ангидрита и рѣже калийныхъ солей, образуетъ иногда мощныя залежи, часто слоистыя и въ такомъ случаѣ въ перемежаемости съ слоями ангидрита и другихъ солей. За исключеніемъ архейскихъ образованій, залежи каменной соли находятся во всѣхъ геологическихъ системахъ.

Известнякъ сложенъ изъ минерала кальцита. Отъ сходныхъ съ нимъ иногда по наружному виду гипса и ангидрита легко отличается пробой какой-нибудь кислотой на отдѣленіе  $\text{CO}_2$ . Доломитъ вскипаетъ только въ порошокъ и при нагрѣваніи съ кислотой. Гипсъ при нагрѣваніи въ стеклянной трубкѣ даетъ налетъ воды, а известнякъ и ангидритъ не даютъ. Гипсъ легко царапается ногтемъ, а известнякъ и ангидритъ тверже; ножомъ можно царапать всѣ три породы, а кварцитъ не поддается стали.

Обыкновенный известнякъ обнаруживаетъ различныя примѣси, напр., *Mg*, большею частью вслѣдствіе перехода въ доломитъ, глинистыя частицы и др.

По способу образованія известнякъ, какъ видно изъ таблицы, можетъ быть различенъ.

Цвѣтъ известняка очень различенъ: отъ органическихъ веществъ (сѣрый, черный), тонко разсѣяннаго сѣрнаго болчедана (синеватый), гематита (красный), лимонита (бурый и желтый).

Кромѣ мрамора, т.-е. зернисто-кристаллическаго известняка, различаютъ: глинистый известнякъ, представляющій переходы въ мергель; доломитовый, кремнистый, песчанистый (напр. грубый известнякъ Парижскаго бассейна—строительный камень Парижа), глауконитовый (напр., нѣкоторые строительные плитняковые камни Петербурга, Путиловская плита), битуминозный (при ударѣ издающій болѣе или менѣе сильный запахъ; сѣраго или чернаго цвѣта), желѣзистый (красноватый или бурый) и друг.

Мѣлъ представляетъ землистую разновидность известняка, сложенную въ значительной части изъ известковыхъ скорлупокъ различныхъ фораминиферъ.

Въ нѣкоторыхъ известнякахъ преобладаетъ обломочный матеріалъ, какъ обломки раковинъ, или отъ измелченія коралловъ, раковинъ, глинистое вещество; такіе известняки, какъ упомянуто, представляютъ собственно обломочныя породы.

Примѣненіе самое разнообразное; слѣдуетъ избѣгать пользоваться имъ для шоссировки дорогъ, влѣдствіе малой твердости и развитія отъ этого пыли и грязи. Воды, циркулирующія по известнякамъ, отличаются жесткостью.

Доломитъ по своимъ свойствамъ очень похожъ на известнякъ; часто встрѣчаются пористыя разности, рѣже оолитовыя. Образуется или отложеніемъ изъ воды, или путемъ послѣдующаго измѣненія известняковъ подъ вліяніемъ какъ морской воды (въ коралловыхъ постройкахъ), такъ и подземныхъ водъ.

Мергель представляетъ смѣсь частицъ известковошпатовыхъ (или доломитовыхъ) съ глиною. Смѣшеніе настолько тѣсное, что механическимъ путемъ нельзя ихъ раздѣлить. Сложеніе землистое, иногда оолитовое; слоистость ясная; при вывѣтриваніи распадается на остроугольные куски, иногда тонкіе листы и дальше въ землистую массу. Въ технику, во избѣжаніе недоразумѣній, мергелями слѣдуетъ называть только б. или м. твердыя каменистыя породы известково-глинистаго состава, съ содержаніемъ  $\text{CaCO}_3$  не менѣе 20%.

Кремнистыя горныя породы отличаются твердостью (не царапаются ножомъ), не реагируютъ съ кислотами и не сплавляются въ пламени паяльной трубки. Отложеніе кремнезема изъ растворовъ происходитъ или изъ горячихъ источниковъ при испареніи ихъ, или уменьшеніи давленія (напр., кремнистые туфы гейзеровъ), или же при участіи организмовъ, преимущественно въ водѣ морей, именно діатомовыхъ водорослей, радіоларій, губокъ.

Кварцитъ состоитъ существенно изъ зеренъ кварца, какъ обломковъ прежде существовавшихъ породъ, и новообразованій кварца. Частью кварцитъ, слѣдовательно, обломочная порода, обнаруживающая переходы въ кварцевый песчаникъ. Обычная примѣсь глинистыхъ, углистыхъ веществъ, хлорита, талька, графита и друг. Структура зернистая, иногда переходящая въ полосчатую.

Если зерна кварца въ кварцитѣ не прилегаютъ одно къ другому въ плотную, оставляя тонкіе промежутки, порода особенно пригодна для производства жернововъ, такъ какъ при истираніи они остаются всегда шероховатыми. Примѣненіе для шоссировки, въ стеклянномъ производствѣ, для огнеупорныхъ кладокъ въ печахъ.

Кремнистый сланецъ представляетъ плотное тонкокристаллическое скопленіе зеренъ кварца, халцедона часто съ радіоларіями (организмы съ кремнистыми скорлупками). Лидитъ окрашенъ въ черный цвѣтъ углистыми веществами. Ясная слоистость, часто съ сильной мелкой складчатостью.

Кизельгуръ сложенъ изъ опаловыхъ панцирей діатомовыхъ водорослей. Полировальный сланецъ такого же состава, но тонко сланцеватый. Въ настоящее время наблюдаются такіа отложенія въ прѣсноводныхъ озерахъ и на днѣ океановъ. Главное примѣненіе при фабрикаціи динамита, такъ какъ порода отлично удерживаетъ нитроглицеринъ вслѣдствіе своей пористости.

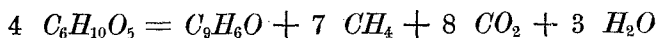
Ископаемые угли представляютъ горныя породы растительнаго происхожденія. Образование торфа изъ остатковъ растений можно непосредственно наблюдать. Въ буромъ углѣ часто можно видѣть сохранившимися растительные остатки, и структура его сохраняетъ структуру деревянистую. Въ каменномъ углѣ подъ микроскопомъ можно видѣть растительныя клѣтки, въ немъ также сохраняются растительные остатки. Флора измѣнялась въ теченіе жизни земли, и различныя растенія служили для образованія различныхъ углей.

Въ наиболѣе древнія эпохи, повидимому, матеріалъ для ископаемыхъ углей дали морскія водоросли, но позднѣе тѣми растеніями были сухопутныя, преимущественно обитавшія на болотистыхъ пространствахъ. Какъ показываютъ вертикально стоящіе стволы деревьевъ и слои корешковъ подъ пластами угля, растительные остатки накопились на мѣстѣ произрастанія флоры (аутохтонное образованіе). Въ другихъ случаяхъ скопленіе остатковъ могло происходить посредствомъ сплава рѣками, подобно тому какъ это наблюдается теперь при устьѣ Миссиссипи (аллохтонное образованіе).

Процессъ обуглероживанія клѣтчатки состоитъ въ постепенномъ обогащеніи углеродомъ продуктовъ ея измѣненія. Клѣтчатка при свободномъ доступѣ воздуха истлѣваетъ подъ вліяніемъ дѣятельности бактерій, грибовъ, такимъ образомъ, что сначала эти организмы переводятъ клѣтчатку въ растворенное состояніе, и она сгораетъ въ  $CO_2$  и  $H_2O$ , пока не останутся нерастворимыя минеральныя вещества (зола). Безъ доступа воздуха процессъ идетъ иначе, именно въ  $H$ ,  $CO_2$  и  $CH_4$ . При этомъ, необходимый для окисленія углерода, кислородъ берется изъ самой клѣтчатки, составъ которой  $C_6H_{10}O_5$ ; при этомъ выдѣленіе  $H$  и  $O$  идетъ скорѣе, чѣмъ уменьшеніе  $C$ , такъ что чѣмъ дальше идетъ процессъ, тѣмъ болѣе накапливается въ остаткѣ  $C$ . Можно замѣтить, что содержаніе углерода тѣмъ значительнѣе, чѣмъ древнѣе ископаемое; бурый уголь преобладаетъ въ третичныхъ отложеніяхъ; каменный уголь хотя появляется уже въ мѣловыхъ, но достигаетъ вмѣстѣ съ антрацитомъ наибольшаго развитія только въ каменноугольное время. Процессъ обуглероживанія можно видѣть изъ сопоставленія анализовъ:

|          | Дерево.                        | Торфъ                          | Бур. уголь.                    | Кам. уголь.                    | Антрацитъ.                     |
|----------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <i>C</i> | 50 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> | 60 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> | 70 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> | 82 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> | 94 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> |
| <i>H</i> | 6                              | 6                              | 5                              | 5                              | 3                              |
| <i>O</i> | 43                             | 32                             | 24                             | 12                             | 3                              |
| <i>N</i> | 1                              | 2                              | 1                              | 1                              | слѣды.                         |

Реакцію образованія каменнаго угля, если принять его формулу  $C_9H_6O$ , можно выразить такъ:



Газы, освобождающіеся при этомъ ( $CH_4$  — метанъ,  $CO_2$ ), или постепенно выдѣляются, или вслѣдствіе непроницаемости кровли, покрывающей пластъ угля, скопляются въ порахъ, трещинахъ угля. Смѣсь  $CH_4$  и воздуха представляетъ, такъ называемый, гремучій газъ, воспламенение котораго ведетъ къ взрывамъ, вызывающимъ извѣстныя катастрофы въ каменноугольныхъ копяхъ. Въ буроугольныхъ мѣсторожденіяхъ преобладаетъ  $CO_2$ , а не  $CH_4$ . Процессъ обугливанія можетъ быть ускоренъ подъ вліяніемъ давленія и высокой температуры, и мы встрѣчаемъ мѣстами каменный уголь въ слояхъ меньшей древности; также антрацитъ часто находится тамъ, гдѣ слои каменнаго угля испытали сильное давленіе при складчатости.

Вещество каменнаго угля нужно разсматривать, какъ смѣсь различныхъ углеводородовъ; при сухой перегонкѣ угля получаютъ углеводороды, смолы и коксъ. При обработкѣ же угля бензиномъ или эфиромъ изъ него нельзя извлечь углеводородовъ, слѣдовательно эти газы получаютъ изъ вещества угля только при измѣненіи самого вещества.

Представляютъ-ли ископаемые—торфъ, бурый уголь, каменный уголь, антрацитъ, одинъ непрерывный рядъ, такъ что изъ перваго при извѣстныхъ условіяхъ давленія и температуры можно получить послѣдующіе продукты, остается открытымъ вопросомъ. Многіе изслѣдователи склоняются къ отрицательному рѣшенію этого вопроса, указывая на совершенно различный характеръ растений, давшихъ матеріалъ для торфа, бурога угля и каменнаго. Каменный же уголь и антрацитъ представляютъ дѣйствительно непрерывные переходы.

Торфъ состоитъ изъ обугленныхъ остатковъ болотистыхъ растений, какъ мохъ, злаки, камыши, нерѣдко также и деревянистыя растения. Волокна растений, малоизмѣненные, образуютъ родъ войлока, промежутки сплетеній котораго наполнены продуктами разложенія органической матеріи въ видѣ порошковатаго вещества темнаго цвѣта (гумусъ). Раз-

личаютъ торфъ волокнистый—бураго цвѣта съ ясно сохранившимися растительнымъ войлокомъ и смолистый (обыкновенно залегающій глубже), представляющій плотную темную массу иногда съ раковистымъ изломомъ. Для образованіи торфа необходимъ умѣренный или холодный климатъ, такъ какъ въ тропическихъ условіяхъ, очевидно, сгораніе растений происходитъ слишкомъ быстро. Для жизни торфяниковой флоры, въ особенности мховъ, необходима мѣстная, но не застойная вода; въ застойной водѣ развиваются болотистыя растенія, дающія только органическій илъ, часто известковистый, глинистый или кремнистый.

Бурый уголь образованъ матеріаломъ деревянистыхъ растений третичнаго времени—преимущественно хвойныхъ. Съ ясно сохранившейся деревянистой структурой уголь называется—лигнитомъ. Обыкновенный бурый уголь—плотнаго сложенія съ ровнымъ изломомъ; растительные остатки различаются съ трудомъ. Онъ образованъ какъ-бы вязкимъ растительнымъ настоемъ (желе), аморфнымъ съ неизмѣненными остатками растений. Землистый бурый уголь представляетъ смѣсь глинистаго матеріала и обрывковъ растительныхъ остатковъ, расположенныхъ слоисто. Бурые угли загораются вообще легко, горятъ коптящимъ пламенемъ съ сильнымъ дымомъ и запахомъ. При обработкѣ растворомъ ѣдкой щелочи (ѣдкаго калия, амміака) даетъ окрашиваніе въ бурый цвѣтъ, что показываетъ присутствіе органическихъ (гумусовыхъ) кислотъ въ буромъ углѣ.

Каменный уголь—матеріаломъ служатъ листья, кора, древесина, корни и плоды папоротниковъ, плауновыхъ растений (сигиллярии, каламиты). Представляетъ обыкновенно неоднородную массу изъ слоевъ блестящаго и матоваго угля, рѣже въ видѣ однороднаго блестящаго съ неправильной слоистостью, дающей формы „глазнаго“ угля. Блестящій уголь образованъ изъ коры и древесины, а матовый преимущественно изъ листьевъ указанныхъ растений.

Загорается трудно; горитъ легко, отдѣляя короткое или длинное пламя, коптящее, но свѣтлое, съ пріятнымъ запахомъ. Щелочи окрашиваетъ слабо или вовсе не окрашиваетъ (антрацитъ).

Въ техническомъ отношеніи по количеству летучихъ углеводородовъ различаютъ: тощій уголь, горящій безъ дыма, коксъ порошковатый, сод.  $C-90\%—93\%$ ; сюда же принадлежитъ и антрацитъ; жирный уголь съ содержаніемъ  $C-80\%—90\%$ , коксъ сплавленный, летучихъ углеводородовъ много, пламя короткое; сухіе угли—съ большимъ количествомъ газовъ, горящіе длиннымъ пламенемъ, колич.  $C-75\%—80\%$ . Коксъ есть остатокъ отъ сухой перегонки; по характеру кокса—поро-

шкватый, спекающійся, сплавленный, — различаютъ также угли сухіе, спекающіеся, плавкіе.

Разновидности угля съ значительнымъ содержаніемъ *H*, слѣдовательно пригодные для получения свѣтильнаго газа, называютъ богхедомъ и кеннельскимъ углемъ. Матеріаль, давшій эти угли, состоитъ преимущественно изъ водорослей для богхеда и споръ, спорангій сосудистыхъ тайнобрачныхъ для кеннельскаго угля.

Всѣ каменные угли состоятъ, также какъ и бурые, изъ растительнаго настоя съ остатками растений; растительный настой представляетъ аморфную массу безъ всякой растительной структуры; эта структура обнаруживается только въ неразложившихся частяхъ растений.

Количество золы, т.-е. минеральныхъ примѣсей, въ каменномъ углѣ колеблется отъ 4% до 7%, въ бурыхъ отъ 5%—15%, въ торфѣ отъ 5% до 10% и болѣе; въ худшихъ сортахъ количество золы значительно возрастаетъ.

Вредной примѣсью является сѣрный колчеданъ ( $Fe S_2$ ), дающій при сгораніи сѣрнистый газъ, который вредно дѣйствуетъ на топку. Сѣра, заключающаяся въ золѣ, напр., изъ  $CaSO_4$ , не составляетъ вредной примѣси. Вредная сѣра опредѣляется изъ разности общаго процентнаго содержанія сѣры въ углѣ и процентнаго содержанія сѣры въ золѣ.

Вредное вліяніе сѣрнаго колчедана способствуетъ также самовозгоранію каменнаго угля въ штабеляхъ, въ особенности если уголь находится въ состояніи мелочи.

Битумы представляютъ минеральные продукты, углеродъ содержащіе, которые богаче водородомъ, чѣмъ ископаемые угли. Различаютъ: газообразные состава  $CH_4$  (метанъ); жидкіе или нефти, различнаго состава, представляющіе смѣси ряда метана  $C_nH_{2n+2}$  (парафиновый) и другого  $C_nH_{2n}$  (нафтенъ); твердые — озокеритъ (метановаго ряда), асфальтъ (продуктъ окисленія нефтей).

Метанъ является продуктомъ разложенія растений въ прѣсной водѣ (болотный газъ), но матеріаломъ для нефти послужили главнѣйше не растительные, а животные остатки. Это подтверждено опытнымъ путемъ, посредствомъ перегонки жировъ подъ высокимъ давленіемъ при высокой температурѣ. Изъ растительныхъ остатковъ матеріаломъ для нефти служить не клѣтчатка, а различные жиры и масла. Битуинозные породы (глины, сланцы, известняки) очень распространены, такія породы представляютъ смѣшеніе минеральнаго ила съ продуктами гниlostнаго броженія, какіе можно наблюдать на днѣ озеръ. Такіе же продукты образуются и на днѣ морей, гдѣ есть условія для предохраненія остатковъ

отъ полного гніенія (отсутствіе *O*, слѣдовательно въ заменутыхъ бассейнахъ достаточной глубины). Съ такими породами связаны и мѣсторожденія нефти. Мѣсторожденія нефти представляютъ скопленія жидкихъ углеводородовъ среди породъ, въ которыхъ нефть и образовалась, причемъ нефть скопляется лишь въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ вмѣщающіе слои сильнѣ всего нарушены и раздроблены. Такія мѣсторожденія называются первичными. Такъ какъ нефть представляетъ подвижное вещество, подчиняющееся законамъ давленія, подобно водѣ, и вліянію насыщающихъ ее газовъ, то могутъ быть и другого рода мѣсторожденія, гдѣ нефть скопляется въ трещинахъ или проникаетъ въ пористыя породы (пески, песчаники), вообще не въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ нефть образовалась; такія мѣсторожденія называютъ вторичными.

Я считаю лишнимъ останавливаться на обзорѣ изверженныхъ горныхъ породъ и кристаллическихъ сланцевъ, такъ какъ въ техническомъ отношеніи эти породы представляютъ большее однообразіе и съ главнѣйшими ихъ типами мы познакомимся дальше.

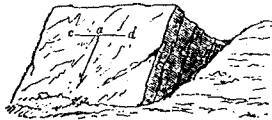
---

## ГЛАВА III.

### О нарушеніяхъ залеганія горныхъ породъ.

Если слои выведены изъ первоначальнаго горизонтальнаго положенія, то опредѣливъ напластованіе, необходимо ориентировать его относительно странъ свѣта, такъ какъ только этимъ путемъ можно достигнуть возможности сопоставленія и сравненія однихъ и тѣхъ же слоевъ различныхъ обнаженій. Для этого опредѣляютъ простираніе и паденіе пласта (фиг. 4).

Линіей простиранія называютъ горизонтальную линію ( $cd$ ), лежащую въ плоскости напластованія; линіей паденія называютъ линію ( $ab$ ), лежащую въ плоскости напластованія и составляющую наибольшій уголъ съ гори-



Фиг. 4.  $cd$ —линія простиранія,  $ab$ —линія паденія.

зонтомъ; обѣ линіи взаимно перпендикулярны, и зная направленіе одной, мы будемъ знать и направленіе другой. Положеніе этихъ линій опредѣляется относительно странъ свѣта посредствомъ компаса, подобно тому какъ это дѣлается для всякой линіи на земной поверхности. Разница заключается только въ устройствѣ горнаго компаса.

Приборъ представляетъ обыкновенно компасъ, заключенный въ прямоугольную оправу со сторонами квадрата или прямоугольника (это удобнѣе), параллельными линіямъ N—S и O—W горизонтальнаго круга, раздѣленнаго на  $360^\circ$  отъ сѣвера въ лѣвую сторону. Существенное отличіе его заключается слѣдовательно въ томъ, что обозначенія востока и запада на немъ переставлены, т. е. налѣво отъ N стоитъ O, а на-

право W. Чтобы опредѣлить направленіе линіи простиранія, поступаютъ слѣдующимъ образомъ. Выбравъ горизонтальную линію въ плоскости напластованія, приводятъ N—S линію горизонтальнаго круга компаса въ совпаденіе съ этой линіей, для чего соотвѣтственную сторону прямоугольной оправы (слѣдовательно длинную сторону оправы въ обыкновенныхъ компасахъ) непосредственно прикладываютъ къ плоскости напластованія; отпускаютъ стрѣлку компаса, и отсчитываютъ число градусовъ по сѣверному концу стрѣлки, причемъ положеніе стрѣлки прямо покажетъ направленіе линіи простиранія. Напримѣръ, если сѣверный конецъ стрѣлки показываетъ  $30^\circ$  въ NO четверти компаса (или что все равно, если бы мы иначе поставили оправу компаса  $210^\circ$  въ SW четверти компаса), мы говоримъ, что направленіе простиранія пласта или свиты пластовъ NO—SW  $30^\circ$ . Не трудно убѣдиться разсмотрѣніемъ компаса, что это и есть дѣйствительное положеніе линіи простиранія. При наложеніи транспортира къ магнитному меридіану на картѣ даннаго мѣста отъ N къ O, т. е. вправо, какъ это обыкновенно дѣлается при нанесеніи на карту опредѣляемыхъ линій на земной поверхности, линія, проведенная черезъ  $30^\circ$ , и изобразить на планѣ линію простиранія пластовъ. Такимъ образомъ, особое построеніе горнаго компаса ведетъ къ непосредственному отсчитыванію направленія искомой линіи, облегчая до крайней простоты всѣ манипуляціи <sup>1)</sup>.

Для опредѣленія направленія линіи паденія пласта прикладываютъ прямоугольную оправу компаса короткой стороной къ горизонтальной линіи на плоскости напластованія такимъ образомъ, чтобы знакъ N дѣлений горизонтальнаго круга былъ обращенъ внизъ по паденію наклонныхъ слоевъ. Отсчетъ по сѣверному концу стрѣлки, напр.  $130^\circ$  въ SO

<sup>1)</sup> Горнымъ компасомъ очень удобно пользоваться для маршрутной съемки при путешествіяхъ. Положимъ, что вамъ нужно опредѣлить направленіе пути; держа передъ собою компасъ, обращенный знакомъ N впередъ по направленію пути, отпускаемъ стрѣлку и беремъ отсчетъ по сѣверному концу. Напр.,  $245^\circ$  въ SW четверти круга компаса; слѣдовательно направленіе пути будетъ SW  $245^\circ$ . Также поступаемъ, чтобы опредѣлить засѣлкой какую-либо вершину: направляемъ на нее знакъ N дѣлений круга; отсчетъ, напр., SW  $215^\circ$ , прямо покажетъ направленіе, которое нужно отложить транспортиромъ на планшетъ для нанесенія линіи. Такъ какъ транспортиръ имѣетъ дѣленія только на  $180^\circ$ , то при нанесеніи линіи влѣво отъ магнитнаго меридіана нужно изъ отсчета вычитать  $180^\circ$ , какъ въ данныхъ примѣрахъ. Есть горные компасы (Фрейбергскій старый типъ), гдѣ на градусы раздѣлена только правая сторона компаса; въ такомъ случаѣ число градусовъ всегда получается уже приведенное для транспортира, но при этомъ нужно записывать и румбъ, тогда какъ при дѣленіяхъ въ  $360^\circ$  число градусовъ всегда опредѣляетъ и румбъ, слѣдовательно меньше случаевъ для невольныхъ погрѣшностей. Имѣются и горные компасы съ подъёмными диоптрами, удобные для опредѣленія направленія хребтовъ, засѣчекъ и т. д.

четверти, покажетъ направленіе линіи паденія на SO 130°. На практикѣ удобнѣе ограничиваться опредѣленіемъ направленія только линіи паденія, что легче при манипулированіи около незначительныхъ обнаженій; по найденному направленію линіи паденія направленіе линіи простиранія опредѣляется прибавленіемъ 90° къ отсчету, если онъ меньше 90°, и вычитаніемъ, если онъ больше 90°. Такъ въ послѣднемъ примѣрѣ простираніе слоевъ будетъ NO—SW 40°.

Опредѣливъ направленіе паденія, нужно найти еще уголъ паденія или наклона, т. е. величину угла, образуемаго наклоннымъ пластомъ съ горизонтомъ. Для этого горный компасъ снабженъ металлическимъ отвѣсомъ, свободно подвѣшеннымъ въ центрѣ горизонтальнаго круга; указатель отвѣса движется по поверхности доски компаса, на лѣвой сторонѣ которой (отъ N черезъ O къ S) нанесены дѣленія отъ 0° до 90° въ обѣ стороны отъ средней линіи. Устанавливая соотвѣтственной прямоугольной стороной оправы компасъ на ребро къ плоскости напластованія по линіи паденія пласта и отпустивъ зажимъ отвѣса, получимъ величину угла паденія или наклона пласта; напр., паденіе пласта на SO 130° уг. 45°.

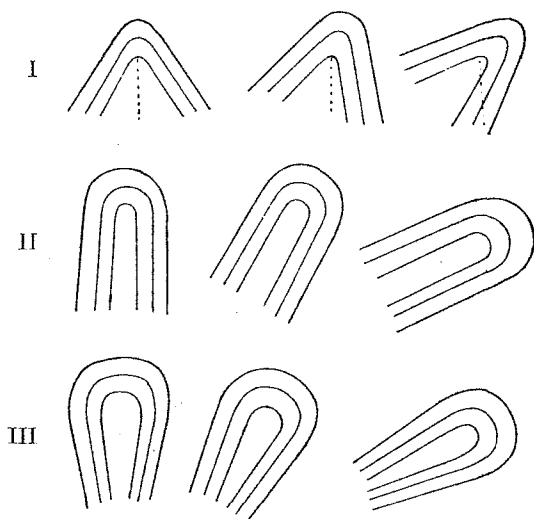
Паденіе пластовъ называется вообще пологимъ, если уголъ паденія меньше 30°, и крутымъ, если онъ больше 75°. Когда пласты подняты вертикально, говорятъ, что они поставлены на головы. Наконецъ пласты могутъ быть опрокинуты, если первоначально нежелезачіе, вслѣдствіе обратнаго уклона, приведены въ такое положеніе, что подъ ними залегаютъ пласты болѣе новые; конечно, опредѣленіе такого положенія можетъ быть сдѣлано только въ случаѣ, если мы знаемъ послѣдовательность слоевъ въ ихъ нормальномъ положеніи.

Когда свита слоевъ приподнята не однообразно съ наклономъ въ одну какую-либо сторону, а изогнута въ различной степени, причемъ слои падаютъ то въ одну сторону, то въ прямо противоположную, говорятъ, что слои собраны въ складки. Различаютъ складки выпуклыя, которыя называютъ сѣдломъ или антиклинальною складкою, и складки вогнутыя, которыя называютъ мульдой или синеклинальною складкою. Въ каждой складкѣ различаютъ бока или крылья и мѣсто ихъ соединенія: сводъ въ антиклинальной складкѣ и дно въ синеклинальной складкѣ. Линію или плоскость, дѣлящую пополамъ уголъ, образуемый крыльями складки, называютъ осью или осевой плоскостью складки. По своду антиклинальныхъ и по дну синеклинальныхъ складокъ можно провести линіи, которыя называютъ антиклинальною и синеклинальною линіей или также сводовой линіей и мульдовой линіей. На-

правление этих линий есть в то же время и направление простиранія складки, и по нимъ измѣряется длина складки. Степень изогнутости слоевъ можетъ быть разнообразна, слои могутъ быть изогнуты въ форму только одиночной складки или въ цѣлую систему складокъ.

По степени же изогнутости складки слѣдуетъ умѣть отличать слѣдующіе три типа складокъ какъ антиклинальных, такъ и синклиналиныхъ (фиг. 5).

I. Нормальные—когда крылья падаютъ (наклонены) отъ оси складки въ антиклинальныхъ и къ оси складки въ синклиналиныхъ складкахъ. Среди такихъ складокъ по степени нахлона оси складки можно различить а) прямая или стоячія—съ осью болѣе или менѣе верти-



Фиг. 5. Типы складокъ.

кальной: б) косая или наклонная съ осью наклонной, но крыльями, имѣющими паденіе всетаки въ двѣ противоположныя стороны, т. е. пока вертикальная линія, опущенная изъ свода складки, не выходитъ изъ пространства, ограниченнаго крыльями складки: в) опрокинутая—съ осью наклонной и крыльями, падающими уже въ ту же сторону, т. е. когда вертикальная линія начинаетъ пересѣкать одно изъ крыльевъ складки: г) лежація—съ осью очень наклонной или почти горизонтальной.

II. Изоклинальные—когда крылья расположены болѣе или менѣе параллельно оси складки (или другъ другу). Также можно различать прямая, косая или опрокинутая (строго отдѣлить косая и опроки-

нутыя, какъ въ нормальныхъ складкахъ, здѣсь уже нельзя) и лежація изоклинные складки.

III. Вѣрообразныя (при синклинальномъ расположеніи обратно-вѣрообразныя)—когда крылья наклонены къ оси въ антиклинальныхъ и отъ оси въ синклинальныхъ складкахъ (по крайней мѣрѣ въ частяхъ складки, доступныхъ наблюденію), т. е. расположены какъ бы обратно случаю нормальныхъ складокъ. Также можно различить прямые, косые и лежація вѣрообразныя складки.

Если передъ нами не одиночная складка, а цѣлая система складокъ, то въ изоклинныхъ складкахъ оси сосѣднихъ складокъ параллельны между собою, а сѣдла и мульды сильно сближены; въ складкахъ вѣрообразныхъ оси двухъ сосѣднихъ мульдъ могутъ сходиться книзу (вѣрообразная), а оси двухъ сосѣднихъ сводовъ могутъ сходиться вверхъ (обратно-вѣрообразная).

Въ каждой парѣ смежныхъ наклонныхъ складокъ можно различить антиклинальную складку, положенную на синклинальную, и при этомъ отличаютъ верхнее крыло антиклинальной складки, среднее крыло и нижнее крыло синклинальной складки.

Высотой антиклинальной складки называютъ кратчайшее разстояніе отъ вершины ея до основанія, или горизонтальной линіи, проходящей черезъ низшія точки прилегающихъ мульдъ; шириной складки называютъ горизонтальное разстояніе между этими точками.

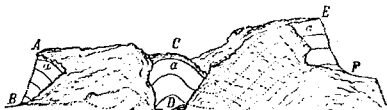
Каждая складка, какой бы длины она ни была, заканчивается по простиранію вслѣдствіе того, что крылья складки постепенно сливаются между собою, образуя такъ называемый заворотъ складки, характеризующійся быстрымъ измѣненіемъ направленія простиранія слоевъ.

Отъ разсмотрѣнныхъ складокъ слѣдуетъ еще отличать складки зигзагообразныя, когда крылья складокъ изгибаются не плавно, а сталкиваются подъ угломъ; это наблюдается особенно часто въ мелкихъ складкахъ.

Если большія складки обнаруживаютъ еще мелкую складчатость, что происходитъ вслѣдствіе послѣдующихъ движеній, то такія сложныя складки называютъ повторенными. Если крылья складки имѣютъ еще второстепенную складчатость, не нарушающую правильности главной складки, то эту послѣднюю называютъ складкою перваго порядка, а второстепенныя—складками второго порядка.

Вслѣдствіе послѣдующаго разрушенія складокъ, крылья ихъ въ особенности въ горныхъ странахъ являются лишенными связи. Для полученія болѣе полнаго представленія объ изгибѣ слоевъ, необходимо

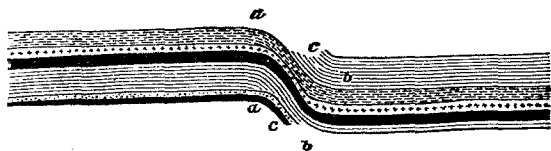
мысленно возстановлять такую связь, что, конечно, возможно только послѣ изслѣдованія слоевъ, доказавшаго ихъ однородность, и сопоставленія положенія слоевъ въ пространствѣ (фиг. 6). Если система изоклинальных складокъ размыта, такъ что на поверхность выступают только головы слоевъ, то легко принять такую систему изогнутыхъ слоевъ за одну свиту однообразно наклоненныхъ слоевъ. Размытую вѣерообразную складку легко принять за синеклиальную складку. Чтобы ра-



Фиг. 6. Одинаковыми буквами показаны одинаковые слои, видимые только въ трехъ обнаженіяхъ. Пунктиромъ показано возстановленіе связи между этими обнаженіями.

зобратъ истинную природу нарушенія залеганія, необходимо особенно точно изучить петрографическія и палеонтологическія особенности отдѣльныхъ пластовъ; только сравненіемъ порядка, въ какомъ повторяются опредѣленные такимъ образомъ пласты, можно рѣшить, имѣемъ-ли мы дѣло съ системой изоклинальных складокъ или съ свитой разнообразныхъ только наклонныхъ слоевъ, съ синеклиальной или размытой вѣерообразной складкой.

Если свита пластовъ или отдѣльный пластъ, болѣе или менѣе горизонтальные, обнаруживаютъ на нѣкоторомъ пространствѣ болѣе зна-

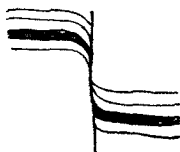


Фиг. 7. Флексура.

чительный уклонъ, а затѣмъ снова принимаютъ горизонтальное залеганіе, то очевидно, мы имѣемъ дѣло съ такой формой залеганія, при которой изъ всѣхъ элементовъ смежныхъ складокъ обнаружилось только среднее крыло, а оба другія крыла сѣдла и мулды лежатъ на горизонтальной плоскости. Такую форму залеганія называютъ моноклиальной складкой (фиг. 7) или флексурой (перегибомъ). Очевидно, что если складка представляетъ собою результатъ сжатія, то флексура, наоборотъ, — растяженія; вслѣдствіе этого изогнутое крыло флексуры обнаруживаетъ всегда меньшую мощность чѣмъ ея горизонтальныя части.

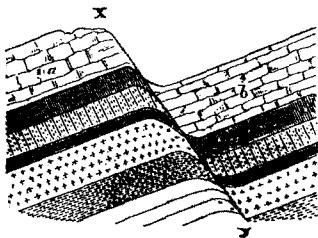
Эта разница въ мощности тѣмъ значительнѣе, чѣмъ круче наклонъ перегибъ слоевъ. Если этотъ перегибъ растягивается до разрыва, то флексуру называютъ разорванной, и она представляетъ переходъ въ другимъ формамъ залеганія, которыя связаны съ явленіями сбросовъ (фиг. 8).

Обыкновенно горныя породы разбиты разнообразными трещинами, то едва замѣтными, то образующими широкія разсѣлины. По напра-

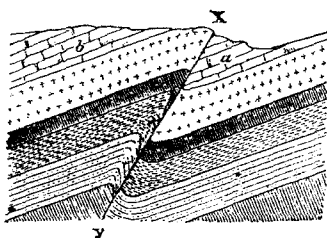


Фиг. 8. Сбросъ.

вленію такихъ трещинъ можетъ происходить перемѣщеніе частей горныхъ породъ. Если такое перемѣщеніе произошло вертикально или наклонно, то явленіе называется сбросомъ, если оно произошло въ горизонтальномъ направленіи, то его называютъ сдвигомъ (сдвигъ есть поперечное въ отношеніи простиранія слоевъ, когда они наклонны, перемѣщеніе въ горизонтальномъ направленіи); послѣднее въ природѣ замѣчается рѣже и труднѣе наблюдается. Ниже мы будемъ говорить только о сбросахъ.



Фиг. 9. Сбросъ.



Фиг. 10. Взбросъ.

Трещину, по которой произошло перемѣщеніе, называютъ сбрасывателемъ; горизонтальная линія на поверхности, соответствующая простиранію трещины, называется линіей сброса. Перемѣщенные части пластовъ, прилегающія къ сбрасывателю, называютъ крыльями сброса, верхнимъ и нижнимъ или при наклонной плоскости сброса—висячимъ и лежащимъ.

Различаютъ два класса сбросовъ: 1) настоящіе или нормальные сбросы (фиг. 9), когда опустившаяся часть лежитъ въ висячемъ боку трещины, и 2) ненормальные (фиг. 10) или взбросы, также пере-

бросы, когда опусканіе произошло по лежащему боку. Первые связаны съ растяженіемъ, а вторые съ сокращеніемъ пространства; первые преобладаютъ въ областяхъ съ горизонтальными и слабо наклонными слоями, а вторые въ областяхъ сильной складчатости.

Положеніе сбросовъ по отношенію къ наклоннымъ пластамъ бываетъ разнообразно, и ихъ группируютъ въ зависимости отъ ихъ положенія по отношенію къ простиранію пластовъ (параллельные, діагональные и поперечные сбросы), къ паденію пластовъ (согласно падающіе на фиг. 10 и несогласнопадающіе, напр., на фиг. 9).

Изогнутіе горныхъ породъ обнаруживается вслѣдствіе нѣкоторой пластичности породъ, т. е. способности измѣнять свою форму безъ разрыва сплошности. Для горныхъ породъ особенно важнымъ условіемъ ихъ пластичности является влажность ихъ, глубина залеганія и продолжительность механическаго вліянія. Тѣмъ не менѣе изогнутіе горныхъ породъ можетъ идти только до извѣстнаго предѣла, за которымъ



Фиг. 11. Складчатый сбросъ.

происходитъ разрывъ, т. е. образованіе трещинъ, а слѣдовательно и перемѣщеніе частей породы.

Складки часто до того сжимаются, что происходитъ разрывъ, и складка переходитъ въ сбросъ по простиранію (параллельный), именно взбросъ, такъ какъ при этомъ происходитъ надвиганіе вверхъ части пластовъ. Такіе взбросы (фиг. 11) называютъ складчатыми или складки-сбросы. Такимъ образомъ, такъ называемые взбросы вообще зависятъ скорѣе отъ горизонтальнаго движенія, которое является началомъ и складчатости, а собственно сбросы представляютъ результатъ вертикальнаго движенія.

Сбросы и флексуры часто проявляются цѣлыми группами, вызывая явленія сложныхъ сбросовъ или поясовъ сбросовъ (ступенчатые, грабены, горсты) (фиг. 12, 13 и 14).

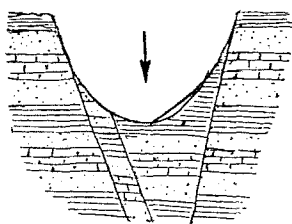
Явленія складчатости, сбросовъ, горстовъ и грабеновъ играютъ такую видную роль въ геологическомъ строеніи цѣлыхъ областей, часто

обуславливая собою тотъ или иной рельефъ и ландшафтные формы, что умѣнье распознавать всѣ эти явленія въ отдѣльной свитѣ пластовъ и умѣнье различать части однихъ и тѣхъ же пластовъ, собранныхъ въ большія складки или разъединенныхъ опусканіемъ, является для географа въ особенности важнымъ.

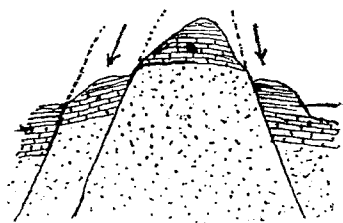


Фиг. 12. Ступенчатые сбросы.

Еще важнѣе эти явленія для горнаго инженера, преслѣдующаго мѣсторожденія полезныхъ ископаемыхъ, подвергающіяся вмѣстѣ съ заключающими ихъ породами различнымъ нарушеніямъ или даже возникающія вдоль опредѣленныхъ линій такихъ нарушеній. Наконецъ, и технику долженъ освоиться съ типами нарушеній залеганія, такъ какъ наиболѣе выгодное направленіе желѣзнодорожнаго пути или шоссе,



Фиг. 13. Грабенъ.



Фиг. 14. Гореть.

условія движенія подземныхъ водъ, способы добычи камня и т. д. часто требуютъ пониманія нарушеній залеганія горныхъ породъ.

Для возможности сопоставленія различныхъ пластовъ земной поверхности необходимо тщательно отмѣчать на топографической картѣ линіи, которыя служатъ для оріентировки положенія пластовъ.

Для этого пользуются условными знаками:



Горизонтальность  
слоевъ.



Вертикальное  
положеніе слоевъ.



Паденіе слоевъ.



Антиклинальная складка.



Синклинальная складка.



Сбросъ.

Знакъ , напр., показываетъ, что слои падаютъ на SO подъ

угломъ наклона  $25^{\circ}$ ; иногда пишутъ такъ  что означаетъ падение на NW135° уг.  $45^{\circ}$ .

Совокупность всѣхъ перемѣщеній, нарушившихъ и продолжающихъ нарушать первоначальную форму залеганія горныхъ породъ, называютъ дислокаціей.

Геологическое изслѣдованіе заключается въ томъ, чтобы составить себѣ представленіе о геологическомъ составѣ и строеніи данной мѣстности. Наиболѣе удобными обнаженіями для возможности глубже проникнуть въ составъ земной коры являются значительные разрѣзы въ рѣчныхъ долинахъ и ущельяхъ. Наблюденія становятся тѣмъ труднѣе, чѣмъ разнообразнѣе представляется серія раскрываемыхъ образованій, но именно чѣмъ разнообразнѣе такая серія тѣмъ важнѣе изслѣдованіе ея, ибо при этомъ мы получаемъ возможность перейти отъ представленія и знакомства съ отдѣльными пластами къ цѣлымъ свитамъ ихъ. Въ первой встрѣтившейся по пути свитѣ пластовъ слѣдуетъ отмѣтить наиболѣе нижнюю группу слоевъ какой либо буквой алфавита (напр., в), записавъ всѣ особенности ея состава, положенія и т. д., безразлично будетъ-ли мощность этой группы значительной или ничтожной. Затѣмъ переходя къ слѣдующимъ группамъ слоевъ вверху (къ висячему боку), отмѣчая каждую послѣдующую группу соотвѣтственными буквами въ порядкѣ алфавита. При изслѣдованіи слѣдующихъ обнаженій, взвѣсивъ всѣ указанія на то, имѣемъ-ли мы дѣло со слоями книзу или вверху отъ впервые осмотрѣннаго, продолжаютъ такую же характеристику слоевъ, отмѣчая группы ихъ отъ начальной буквы (к въ нашемъ примѣрѣ) въ восходящемъ или нисходящемъ порядкѣ и послѣ осмотра ряда обнаженій напр. въ берегахъ рѣки, мы получимъ рядъ слоевъ или группъ ихъ — g, h, i, k, l, m, n и т. д. (такъ называемый вертикальный разрѣзъ), причемъ мы не только будемъ узнавать дальше слои, которые мы уже видѣли въ этой послѣдовательности, но будемъ сразу замѣчать и мѣсто, какое эти слои занимаютъ во всей системѣ, соображая каждый разъ, какіе слои нужно ожидать выше и ниже ихъ. Если эти ожиданія не оправдываются, слѣдуетъ тщательно отмѣчать такіе измѣненія въ намѣченной схемѣ. Если мы встрѣтимъ дальше послѣдовательность слоевъ, совершенно чуждыхъ впервые изученной такимъ образомъ, то необходимо изучить и эту послѣдовательность такимъ же путемъ, обращая все вниманіе на поиски окаменѣлостей для

опредѣленія возраста этого ряда образованій и на открытіе такихъ мѣстъ, гдѣ видны были-бы обѣ группы слоевъ въ непосредственномъ залеганіи одна возлѣ другой, выше или ниже, причемъ опредѣлится ихъ относительное положеніе. При такихъ систематическихъ замѣткахъ полезно отмѣчать какія-либо особенно бросающіяся въ глаза свиты слоевъ, по ихъ цвѣту или мощности, или другому признаку, названіями по мѣстностямъ, что облегчаетъ впослѣдствіи разработку такихъ дневниковъ.

Если послѣдовательнаго ряда обнаженій мѣстность не представляетъ, а приходится ограничиваться, что бываетъ гораздо чаще, описаніемъ отдѣльныхъ разрозненныхъ обнаженій, очевидно, что сопоставленіе ихъ возможно только при сравненіи правильно отмѣченныхъ условій залеганія пластовъ, о чемъ было сказано выше.

Чрезвычайно важно, всѣ наблюденія надъ залеганіемъ пластовъ и отношеніемъ къ нимъ изверженныхъ породъ изображать на мѣстѣ (въ полѣ) графически, т. е. отмѣчать въ дневникѣ взаимное положеніе породъ, какъ оно представляется въ обнаженіи, и записывать направленіе и углы паденія пластовъ, жилъ и т. п. Такимъ образомъ собирается матеріалъ для геологическихъ профилей, которые должны представлять проекцію части земной коры на вертикальную плоскость. Слѣдуетъ различать, есть-ли эта плоскость перпендикулярная къ направленію простиранія пластовъ (нормальные профили) или же она проходитъ въ какомъ либо другомъ направленіи, въ такомъ случаѣ нужно замѣчать ея положеніе (просто профиль или видъ обнаженій).

Собранный матеріалъ, показывающій составъ горныхъ породъ вдоль какого нибудь пути, вмѣстѣ съ соотвѣстственными замѣтками относительно положенія пластовъ, пересѣченія ихъ изверженными породами и т. д., позволяетъ иногда намѣтить на топографической картѣ границы распространенія различныхъ геологическихъ образованій, въ простѣйшемъ случаѣ сопоставляемыхъ для этого между собою по ихъ петрографическому характеру, а въ болѣе сложномъ по ихъ геологическому возрасту; такое графическое изображеніе различными цвѣтами (или условными знаками) распространенія различныхъ образованій, или изображеніе на картѣ границъ верхней и нижней каждой группы образованій, составляетъ предметъ геологической картографіи, получая свое выраженіе въ геологическихъ картахъ.

Техникамъ различныхъ спеціальностей, а въ особенности инженерамъ путей сообщенія, слѣдуетъ настолько освоиться съ геологической терминологіей и съ представленіями о способахъ образованія различныхъ горныхъ породъ и послѣдовательности ихъ отложенія, чтобы

понимать геологическія карты. По картамъ и описаніямъ инженеръ можетъ ориентироваться до известной степени, съ какими породами онъ будетъ имѣть дѣло въ интересующей его мѣстности. При изысканіяхъ желѣзнодорожныхъ линій и при самомъ выполненіи различныхъ строительныхъ работъ инженеру приходится очень часто сталкиваться съ необходимостью знать геологическій составъ и строеніе мѣстности, но еще чаще ему приходится имѣть дѣло съ горными породами, какъ строительными матеріалами.

Современному инженеру необходимо и самому умѣть разсматривать каменные строительные матеріалы подъ микроскопомъ. Приемы такого изслѣдованія излагаются въ специальныхъ курсахъ петрографіи и требуютъ, конечно, нѣкотораго навыка, достигаемаго уже небольшою практикой съ поляризационнымъ микроскопомъ. Такой микроскопъ, приспособленный для разсматриванія горной породы, изъ которой готовится очень тонкая пластинка, имѣетъ внизу и вверху два прибора (призмы николя) и круглый вращающійся предметный столикъ. Сочетаніе двухъ николей (нижній—поляризаторъ, верхній—анализаторъ) позволяетъ простой свѣтовой лучъ разложить на два, изъ которыхъ обыкновенный лучъ совершенно устраняется изъ поля зрѣнія (это достигается примѣненіемъ поляризатора), а дальнѣйшему изслѣдованію подвергается только необыкновенный лучъ (посредствомъ анализатора). Для цѣлей настоящей книги достаточно указать, что каждое изслѣдованіе тонкой пластинки дѣлается сначала безъ анализатора, когда мы видимъ элементы породы въ обыкновенномъ свѣтѣ. При такомъ разсматриваніи всѣ элементы породы имѣютъ свой нормальный цвѣтъ, но далеко не всѣ элементы можно при этомъ уже различить, такъ какъ безцвѣтные и прозрачные сливаются другъ съ другомъ. Отдѣльные минералы цвѣтные выдѣляются уже рѣзко, можно опредѣлить ихъ очертанія, спайность, измѣненіе цвѣта при вращеніи столика и т. д.; можно намѣтить уже характерныя особенности структуры. Дальнѣйшее изслѣдованіе дѣлается съ анализаторомъ, который устанавливается такимъ образомъ, что плоскость его поляризаціи перпендикулярна въ плоскости поляризаціи нижняго николя; такое положеніе называютъ скрещенными николями. При такомъ положеніи можно точно опредѣлить каждый минералъ породы; напр., прозрачныя полевые шпаты рѣзко обнаруживаютъ особенности своего двойниковаго сростанія; аморфное вещество (стекло изверженныхъ породъ), прозрачное или слабо окрашенное безъ анализатора, при немъ совершенно темнѣетъ при всѣхъ положеніяхъ столика; всѣ особенности структуры (микролиты, пегма-

титовая структура, офитовая, фельзитовая, витрофировая) рѣзко проявляются. Для поясненія этого стоитъ сравнить, напр., рисунки табл. VI и VII, на которыхъ однѣ и тѣ же породы (гранитъ и кварцевый порфиръ) изображены въ обыкновенномъ свѣтѣ и при скрещенныхъ николяхъ. На табл. IX изображены два шлифа андезита въ обыкновенномъ свѣтѣ, а на табл. X показаны породы, близкія по структурѣ, въ скрещенныхъ николяхъ.

Для инженеровъ важно въ особенности представленіе о структурахъ породъ, и я думаю, что даже мало опытный глазъ сразу замѣтитъ различіе въ строеніи породъ, напр., на табл. отъ I до VI, а всѣ эти породы относятся къ гранитамъ; еще рѣзче, конечно, разница между изображеніями на табл. I до VI (граниты), табл. VII до X (породы порфировой структуры) и на табл. XI до XIII (осадочныя породы).

Въ дальнѣйшемъ изложеніи познакомимся и съ другими явленіями, которыя слѣдуетъ умѣть различать при изслѣдованіи каменныхъ строительныхъ матеріаловъ.

---

## ГЛАВА IV.

### Горныя породы, какъ строительные матеріалы.

При выборѣ горныхъ породъ на строительные матеріалы необходимо оцѣнивать ихъ свойства различными приемами.

Прежде всего необходимо знать геологическія условія залеганія породы въ самомъ карьерѣ, ея однородность или распредѣленіе слоями, банками; въ послѣднемъ случаѣ мощность отдѣльныхъ слоевъ или пластообразныхъ частей; ихъ возможныя мѣстныя измѣненія подъ вліяніемъ метаморфизма, степень измѣненія породы подъ вліяніемъ вывѣтриванія. Все это относится къ сферѣ геологическихъ вопросовъ.

Затѣмъ необходимо изслѣдовать породу на твердость, плотность, вообще на сопротивляемость ея механическимъ факторамъ, которымъ она можетъ подвергаться въ самомъ сооруженіи. Необходимо оцѣнить также способность ея къ обработкѣ и степень изнашиваемости, если порода необходима въ качествѣ шоссировочнаго матеріала. Такія изслѣдованія производятся въ механическихъ лабораторіяхъ, и этой стороны дѣла я не буду касаться.

Наконецъ, въ третьихъ необходимо изслѣдовать всѣ свойства породы, которыя опредѣляютъ ея степень сопротивленія вывѣтриванію. Для этого приходится опредѣлить минералогическій составъ породы, ея строеніе (структуру), степень связи между отдѣльными зернами, ея пористость, степень насыщаемости водой, степень ея размягченія водой, возможность удаленія водой отдѣльныхъ частицъ породы и ея сопротивленіе вліянію мороза. Очевидно, что кромѣ различныхъ лабораторныхъ приемовъ для изслѣдованія такого рода необходимо собирать матеріалы на старинныхъ постройкахъ, позволяющіе судить о первоначальныхъ свойствахъ породы и ея измѣненіяхъ въ теченіе опредѣленнаго промежутка времени.

*Геологическія изслѣдованія въ каменоломняхъ для техническихъ цѣлей.*

Въ осадочныхъ породахъ отдѣльные слои представляютъ различную мощность и неодинаковыя петрографическія качества. Въ породахъ изверженныхъ ихъ отдѣльныя части (банки) обнаруживаютъ также неодинаковыя структурныя особенности, пористость, твердость, сланцеватость, неодинаковую величину зеренъ и т. д. Хотя изверженные породы обнаруживаютъ однородность въ болѣе значительныхъ массахъ, чѣмъ осадочныя, но и онѣ измѣняютъ свои качества съ глубиною и обнаруживаютъ неодинаковую степень послѣдующаго измѣненія отъ поверхности въглубь и около трещинъ.

Всѣ эти колебанія въ свойствахъ различныхъ частей породъ, раскрываемыхъ каменоломней, вліяютъ и на способность породы сопротивляться вывѣтриванію. Очевидно, что каждая каменоломня можетъ давать матеріалъ очень неодинаковыхъ качествъ, и совершенно ошибочно судить о матеріалѣ, даваемомъ каменоломней, по тѣмъ случайнымъ пробамъ, которыя доставляются собственниками каменоломней; необходимъ осмотръ каменоломни и изслѣдованіе породъ матеріала изъ всѣхъ обнаруженныхъ при этомъ ея отдѣльныхъ частей. Только при осмотрѣ каменоломни можно правильно оцѣнить возможное вліяніе на качество матеріала различныхъ дислокаціонныхъ явленій, какъ сбросы и складки; матеріалъ, давшій при испытаніи отдѣльныхъ кубиковъ отличные результаты, можетъ оказаться совершенно негоднымъ въ большихъ глыбахъ, въ какихъ все болѣе нуждается современное строительство.

При самомъ выборѣ матеріала для испытанія необходимо имѣть въ виду различныя внѣшніе признаки породы:

Цвѣтъ. Цвѣтъ породъ зависитъ отъ преобладанія того или иного минерала, напр., темныхъ авгитовъ и роговыхъ обманокъ, красныхъ или бѣлыхъ полевыхъ шпатовъ и т. д. Слѣдовательно, измѣненіе цвѣта показываетъ уже и измѣненіе количественныхъ отношеній въ минералогическомъ составѣ. Въ осадочныхъ породахъ окраска зависитъ чаще всего отъ окисловъ желѣза, битуминозности, примѣси углистыхъ частицъ (черная), глауконита (зеленоватая); она измѣняется или равномерно, или полосами; послѣднія могутъ обладать совершенно иными свойствами.

Съ величиною зеренъ и ихъ равномерностью перѣдѣ измѣняется и степень ихъ связности, слѣдовательно и прочности породы.

Различныя постороннія примѣси въ породахъ, въ особенности

если онѣ отличаются совершенно иными химическими свойствами, напр., сѣрный колчеданъ, могутъ рѣзко измѣнять техническія качества породы.

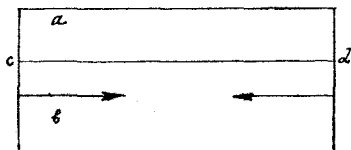
Твердость и прочность породъ могутъ быть испробованы въ камеломонныхъ стальной иглой и ударами молотка. Молоткомъ можно легко опредѣлить разницу въ прочности до 300—200 кг. на 1 кв. см. Различный характеръ излома породъ можетъ обнаружить неодинаковыя качества слоевъ, которые казались совершенно однородными.

Степень вывѣтриванія породъ опредѣляется по мутному виду и меньшей твердости минераловъ, которые въ свѣжемъ состояніи имѣютъ видъ блестящій и прозрачный, напр., полевые шпаты, рогов. обманки; по охристой окраскѣ на поверхности; по легкому всыпанію отъ соляной кислоты на поверхности силикатовыхъ породъ. Въ осадочныхъ породахъ съ началомъ вывѣтриванія чаще всего уменьшается ихъ твердость и появляется охристая окраска. Необходимо прослѣдить, какъ распространяется измѣненіе породы въ глубину, напр., вдоль трещины, и на какомъ разстояніи отъ трещины измѣненіе становится почти незамѣтнымъ.

Наконецъ, для соображеній о наиболѣе выгодныхъ пріемахъ добычи необходимо внимательное разсмотрѣніе характера отдѣльности и трещиноватости породы, которая нарушаютъ цѣльность и связность породы.

### *Формы отдѣльности.*

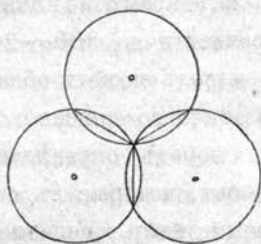
Отдѣльностью называютъ систему трещинъ, возникающихъ вслѣдствіе сжатія породы при ея остываніи для породъ изверженныхъ или высыханіи для породъ осадочныхъ. При остываніи изверженной породы, прогрессирующемъ отъ поверхности внутрь, на границѣ остывающаго по-



Фиг. 15.

верхностнаго слоя и болѣе глубокаго развиваются силы натяженія (фиг. 15), стремящіяся сдвинуть частицы вдоль поверхности, а при достаточномъ напряженіи можетъ возникнуть трещина сд, напр., при быстромъ охлажденіи. Такое же явленіе возникаетъ и при высыханіи первоначально влажной массы осадочной породы. Если отвердѣваніе породы идетъ неравномѣрно, а опредѣляется существованіемъ отдѣльныхъ центровъ осты-

ванія (фиг. 16), то вокругъ каждого изъ нихъ возникаютъ самостоятельныя поверхности напряженія въ противоположныхъ направленіяхъ, и поверхность породы разбивается многоугольной трещиноватостью. При



Фиг. 16.

развитіи этого процесса въ глубину возникаютъ столбчатая формы или шаровидныя, часто представляющія всѣ переходы между собою. При очень неравномерномъ распредѣленіи центровъ отвердѣванія можетъ



Фиг. 17. Плитняковая отдѣльность въ гранитахъ около Екатеринбурга.

возникнуть совершенно неправильная трещиноватость. Можно различить вообще слѣдующія формы отдѣльности:

Плитняковая. Возникаетъ при раздѣленіи породы на 6. или м. параллельныя плиты, очертанія которыхъ часто нѣсколько изогнуты. Эта отдѣльность свойственна изверженнымъ породамъ (фиг. 17), и такъ какъ

она возникает вследствие напряжений перпендикулярных къ поверхности главнаго остыванія, то яснѣ всего она обнаруживается въ верхнихъ частяхъ изверженныхъ массъ, прекращаясь съ глубиной.

Если возникающія плиты довольно толсты, то говорятъ о слоеобразной (банками) отдѣльности; если очень тонки, то объ отдѣльности сланцеподобной.

Плитняковая отдѣльность обнаруживается нерѣдко только съ началомъ вывѣтриванія породы, и часто случается, что камни уже въ сооруженіяхъ начинаютъ проявлять стремленіе къ такой отдѣльности, вследствие повторныхъ колебаній температуры (гранитная облицовка внутри главнаго подъѣзда Шарлоттенбургской технич. школы).

Слоистая. Въ осадочныхъ породахъ обнаруживается раздѣленіе ихъ на части, параллельныя поверхностямъ напластованія, причемъ нерѣдко даже въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ параллельнаго расположенія отдѣльныхъ частицъ породы и не замѣтно. Въ толстослоистыхъ песчаникахъ и известнякахъ такая отдѣльность часто также начинаетъ проявляться только при наступленіи вывѣтриванія.

Неправильная или поліэдрическая отдѣльность, если порода разбита системами трещинъ различнаго направленія на части неправильной формы и неодинаковыхъ размѣровъ; особенно свойственна гранитамъ, порфирамъ и др. изверженнымъ породамъ. Очевидно, что такая отдѣльность можетъ сдѣлать породу совершенно непригодной для строительныхъ цѣлей, за исключеніемъ шоссировочнаго матеріала.

Столбчатая отдѣльность, возникающая при развитіи двухъ и болѣе системъ трещинъ, иногда облегчаетъ выломку крупныхъ монолитовъ столбообразной формы (граниты). Если же столбы разбиты еще перпендикулярными къ нимъ трещинами, напр., въ базальтахъ и андезитахъ, то матеріалъ становится годнымъ развѣ для мостовыхъ.

Шаровая отдѣльность и, въ особенности, концентрически скорлуповатая рѣзко обнаруживаются при вывѣтриваніи. Эти отдѣльности очень понижаютъ прочность породъ и слѣдовательно не благоприятны для примѣненія матеріала въ сооруженіяхъ.

### *Трещины въ горныхъ породахъ отъ причинъ динамическихъ.*

Кромѣ указанныхъ формъ отдѣльности, породы часто разбиты различными системами трещинъ, возникающихъ подъ вліяніемъ иныхъ причинъ, именно давленія, растяженія и скручиванія, развивающихся вследствие различныхъ динамическихъ явленій въ земной корѣ, каковы, под-

нятіе, опусканіе, смятіе породъ и т. п. Такія трещины называютъ также экзокинетическими и обычно ихъ также называютъ отдѣльностями.

Въ большинствѣ случаевъ направленіе такихъ трещинъ перпендикулярно къ слоистости породъ, и онѣ распространяются въ одномъ направленіи нерѣдко на очень значительномъ разстояніи. Если развиваются двѣ системы такихъ трещинъ, то всегда одна болѣе ровная, чѣмъ другая; въ такомъ случаѣ болѣе развитая является первичной отъ давленія, а вторая является часто только слѣдствіемъ опусканія отдѣльныхъ массъ породы между трещинами первой системы.

Отъ сочетанія такихъ системъ возникаетъ призматическая трещиноватость, а при развитіи еще трещинъ отдѣльности, разсмотрѣнныхъ раньше, возникаетъ неправильная или полиэдрическая трещиноватость.

Трещины могутъ быть или очень тонкими, незамѣтными, или наоборотъ открытыми, и тогда говорить о разсѣлинахъ. Нерѣдко совершенно незамѣтная трещина начинаетъ рѣзко обнаруживаться только при обработкѣ камней.

#### *Вліяніе отдѣльности породъ на ихъ отношеніе къ вывѣтриванію.*

Всѣ формы отдѣльностей способствуютъ распространенію вывѣтриванія (см. дальше) породъ, — подъ вліяніемъ отдѣльности измѣняется внутреннее строеніе породы такимъ образомъ, что направленія поверхностей отдѣльности становятся неблагоприятными для прочности породъ. Въ особенности плитняковая и слоистая отдѣльности легко вызываютъ разлистываніе породъ даже въ сооруженіяхъ; поэтому необходимо располагать такіе камни поверхностями отдѣльности или по кладкѣ, или перпендикулярно къ кладкѣ, но не параллельно.

Очевидно, что и при выборѣ матеріала для испытанія слѣдуетъ на немъ отмѣчать замѣченныя направленія отдѣльностей.

#### *Вывѣтриваніе и его вліяніе на естественные строительные каменные матеріалы.*

Всѣ горныя породы подвергаются на поверхности земли вліянію различныхъ факторовъ, вызывающихъ измѣненіе составныхъ частей породы и ея строенія и влекущихъ постепенное разрушеніе породы; этотъ процессъ, называемый вывѣтриваніемъ, требуетъ геологическое время и, конечно, столь медленно дѣйствующие факторы, казалось бы, не имѣютъ

значенія для техники; но есть явленія вывѣтриванія, протекающія сравнительно быстро, и могутъ быть матеріалы, которые обнаруживаютъ уже измѣненія по истеченіи нѣсколькихъ лѣтъ, поэтому и слѣдуетъ дѣлать различіе между породами, выбираемыми на строительные матеріалы, по степени ихъ сопротивленія вывѣтриванію. Факторами, вызывающими вывѣтриваніе породъ, могутъ быть химическая энергія, физическія причины и организмы.

*Факторы химическаго вывѣтриванія горныхъ породъ.*

Воздухъ и вода заключаютъ рядъ химически дѣятельныхъ агентовъ —  $O$ ,  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $NH_3$ , различные соли (карбонаты щелочей, щелоч. земель, желѣза, кремнезема).

Подъ влияніемъ воды порода можетъ испытывать:

1) прямое раствореніе, 2) химическое измѣненіе и 3) механическое размягченіе и слѣдовательно увеличеніе объема.

1) Всѣ минералы до извѣстной степени растворимы въ водѣ, содержащей угольную кислоту, причемъ растворимость ихъ повышается съ уменьшеніемъ величины зеренъ; такъ, въ тонкомъ раздробленномъ состояніи растворимы даже силикаты (полевые шпаты, слюды и друг.). Легче всего растворяются карбонаты и сульфаты, и на такихъ породахъ, какъ известнякъ и доломитъ, растворяющее вліяніе метеорной воды обнаруживается въ теченіе столѣтій, какъ это изслѣдовано на старинныхъ постройкахъ. Если карбонаты являются въ формѣ связывающаго вещества въ обломочныхъ породахъ, напр., песчаникахъ, то даже очень слабое раствореніе можетъ повести къ замѣтному измѣненію прочности породы; очевидно, что пористые известковистые песчаники мало пригодны для всѣхъ гидротехническихъ сооружений.

Химическое вліяніе воды на породы обнаруживается при ея тѣсномъ соприкосновеніи съ поверхностью породъ и по порамъ даже внутри породы. Возникающіе на поверхности породы, растворы проникаютъ глубже, и процессъ постепенно все прогрессируетъ вглубь. Такому вліянію прежде всего подвергаются въ сооруженияхъ тѣ части, которыя болѣе всего открыты для дѣйствія воды, напр., всякаго рода карнизы и выступы.

Химическая роль воды выражается въ:

а) Гидратизаціи, т. - е. въ образованіи водныхъ минераловъ, но обычно этотъ процессъ сопровождается измѣненіемъ минераловъ подъ вліяніемъ угольной кислоты и кислорода воздуха.

б) Углекислая вода даетъ растворимые карбонаты извести, калия,

натрія, желѣза и марганца, причѣмъ отлагаются свободный кремнеземъ, водные силикаты глинозема (каолипъ) и магнезія (змѣвизитъ). Такое разрушеніе силикатовъ хотя происходитъ геологически медленно, но замѣчено, что въ случаѣ уже наступившаго вывѣтриванія, напр., полевыхъ шпатовъ породы въ ея естественныхъ обнаженіяхъ или каменоломняхъ, дальнѣйшее разрушеніе такихъ силикатовъ можетъ происходить сравнительно уже быстро.

с) Присутствіе кислорода въ водѣ вызываетъ различныя явленія окисленія, напр., закиси желѣза и марганца въ сульфаты, также сѣрнистыхъ металловъ ( $FeS_2$ ) въ сульфаты.

д) Присутствіе сѣрнистаго газа ( $SO_2$ ), въ особенности въ дождевой и снѣговой водѣ большихъ современныхъ городовъ, ведетъ къ образованію сульфатовъ кальція и магнезіи. Этимъ объясняется нерѣдко быстрая порча облицовки изъ известковистыхъ песчаниковъ и мрамора въ современныхъ постройкахъ, напр., мраморной облицовки Исаакіевскаго собора и Мраморнаго дворца.

Непосредственно подъ вліяніемъ воды и воздуха на составныя части строительнаго матеріала возникаютъ первичные продукты измѣненія; подъ вліяніемъ послѣднихъ составныя части породы могутъ дать вторичные продукты измѣненія (такъ назыв. сложное вывѣтриваніе).

Возникающіе первичные продукты, какъ углекислыя щелочи (въ породахъ полевошпатовыхъ), карбонаты желѣза (въ породахъ, заключающихъ силикаты желѣза), сѣрная кислота и купоросы (въ случаѣ присутствія сѣрнаго колчедана ( $FeS_2$ ), гипсъ (въ присутствіи  $FeS_2$  въ известковыхъ породахъ), — продолжаютъ процессъ измѣненія породы гораздо энергичнѣе, чѣмъ первоначальное ихъ образованіе подъ вліяніемъ воды и воздуха (атмосферилія).

Если порода уже испытала первую стадію измѣненія въ ея естественномъ состояніи, то дальнѣйшее измѣненіе можетъ происходить сравнительно уже очень быстро.

Совершенно свѣжіе полевые шпаты, какъ видно часто на эрратическихъ валунахъ, въ теченіе геологическаго времени почти не испытываютъ измѣненія; наоборотъ, камни на старинныхъ сооруженіяхъ, взятые уже съ слегка разрушенными силикатовыми минералами, обнаруживаютъ уже по истеченіи 100 лѣтъ очень энергичное измѣненіе силикатовъ.

Очевидно, что при выборѣ матеріала для сооруженій слѣдуетъ останавливаться всегда на породахъ съ наименьшими слѣдами начала вывѣтриванія въ ихъ естественномъ состояніи; начало вывѣтриванія легко опредѣляется осмотромъ породы при помощи лупы или подъ микроскопомъ.

Подобно метеорной водѣ, оказываютъ разрушительное вліяніе на различныя части сооружений воды почвенныя, рѣчныя и морскія.

Подземныя воды содержатъ гораздо болѣе угольной кислоты, также различныя гумусовыя кислоты, амміакъ; вредное вліяніе ихъ на фундаменты не требуетъ особенныхъ поясненій.

Рѣчныя воды также содержатъ больше  $CO_2$  и  $O$ , чѣмъ атмосферная вода, и ихъ вредное вліяніе на подводныя части различныхъ сооружений усиливается еще непрерывностью вліянія и значительно большимъ проникновеніемъ воды въ массу породы.

Въ морской водѣ находятся преимущественно хлористыя соли и сульфаты, которыя наиболѣе вредно дѣйствуютъ на цементъ морскихъ сооружений.

*Размягченіе горныхъ породъ водой и вліяніе этой причины на выветриваніе.*

Вода можетъ уменьшать сѣѣпіе между частицами горныхъ породъ и слѣдовательно уменьшать прочность породъ. Это вредное вліяніе происходитъ или отъ пропитыванія породы водой и слѣдовательно увеличенія ея объема и послѣдующаго уменьшенія при высыханіи, или отъ удаленія частицъ породы при такомъ ея размягченіи.

Размягченіе породъ водой зависитъ отъ способа связи между собой частицъ породы; можно различать:

1) Породы, въ которыхъ связь между частицами зависитъ отъ процесса кристаллизаціи, слѣдовательно въ породахъ изверженныхъ (граниты, порфиры и друг.) и простыхъ зернисто-кристаллическихъ (мраморъ, кам. соль).

2) Породы, состоящія изъ зернистаго матеріала и цемента между нимъ, причѣмъ землистое состояніе этого цемента обуславливаетъ связь между частицами породы. Сюда же относятся и такія породы, которыя существенно сложены изъ землистаго матеріала, напр., глинистые сланцы, нѣкоторые песчаники, мергель.

3) Породы, подобныя только что указаннымъ, но въ которыхъ степень связности повышена проникновеніемъ въ цементирующее вещество различныхъ отложеній изъ растворовъ (кремнезема, извести, какъ въ кремнистыхъ и известковыхъ песчаникахъ).

Очевидно, что размягченію могутъ подвергаться только породы второй категоріи или породы кристаллическія, но уже сильно вывѣтрѣлыя. Опыты съ различными породами показали, что какъ обломочныя породы, такъ и кристаллическія увеличиваются въ объемѣ при ихъ пропитываніи

водой и затѣмъ сокращаются при высыханіи, притомъ сокращаются въ степени болѣе значительной, чѣмъ предшествующее расширеніе. Вслѣдствіе такого расширенія и сокращенія породы, на границѣ сферы, подверженной вліянію воды, и внутренней массы возникаютъ напряженія, вызывающія измѣненія строенія породы и слѣдовательно ея прочности.

Этотъ процессъ зависитъ, слѣдовательно, отъ состоянія цементующаго вещества.

Извѣстно, что всѣ нерастворимыя въ водѣ вещества при ихъ высыханіи изъ состоянія густого ила даютъ связную болѣе или менѣе твердую массу, напр., углекислые кальцій, магнезія, окислы желѣза и въ особенности различныя глинистыя вещества. Такія скопленія, состоящія изъ тончайшихъ частицъ, которыхъ связь опредѣляется только сдѣпленіемъ, снова теряютъ эту связь подъ вліяніемъ пропитыванія водой.

Глинистыя вещества обладаютъ наибольшей связностью и пластичностью въ мокромъ состояніи; они обладаютъ, по этой же причинѣ, способностью впитывать воду въ наибольшемъ количествѣ и удерживать ее (влагоемки).

Если смѣшать порошкообразную массу какого-нибудь вещества, не имѣющаго связности, съ незначительнымъ количествомъ глины, то повышается сдѣпленіе частицъ такой массы послѣ ея высыханія; при добавленіи глины до 50<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—60<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, какъ напр., въ суглинкахъ (Lehm), получается настолько связная масса, что изъ нея можно приготовить сырцовые кирпичи, т.-е. кирпичи, высушиваемые на воздухѣ.

Смѣси глины съ кварцемъ (суглинокъ), карбонатами кальція и магнезія (мергели), силикатомъ магнезія, окислами желѣза очень обычны въ природѣ и такія смѣси въ свою очередь служатъ часто связующимъ веществомъ въ обломочныхъ и другихъ осадочныхъ породахъ. Степень связности такихъ породъ повышается съ количествомъ глины и уменьшается при увеличеніи содержанія кварцеваго песка; напротивъ, присутствіе водныхъ окисловъ желѣза повышаетъ связывающую силу глины.

Другимъ свойствомъ глинистаго вещества является способность его отмучиваться, т.-е. давать съ водой тончайшія взвѣшенные частицы. Такому вліянію отмучиванія подвергаются всѣ глинистыя породы, которыя размягчаются съ водой, кромѣ сильно окремнѣлыхъ глинистыхъ продуктовъ.

Если порода съ глинистымъ цементомъ постоянно подвергается такому отмучиванію, то ея зернистыя составныя части теряютъ связность, и съ поверхности такая порода принимаетъ видъ какъ бы размытой. Если цементъ, кромѣ глины, заключаетъ и другія минеральныя

вещества въ значительномъ количествѣ, то достаточно, самой незначительной потери глины вслѣдствіе отмучиванія, чтобы связность частицъ, уменьшилась и порода съ поверхности разрыхлилась.

Сильно желѣзистыя глины сопротивляются отмучиванію лучше, чѣмъ чистыя глины, но вслѣдствіе своей способности болѣе поглощать воду, такія желѣзистыя глины легче подвергаются разрушенію отъ мороза.

Всѣ эти свойства имѣютъ большое значеніе при вывѣтриваніи песчаниковъ.

Если размягченное глинистое вещество при повышеніи температуры или подъ влияніемъ сухости воздуха теряютъ механически призмѣшанную воду до 6%—8%, то глина начинаетъ садиться, сокращаться, и это свойство глины имѣетъ также большое значеніе при вывѣтриваніи различныхъ глинистыхъ породъ. Если глинистое вещество совершенно равномерно насыщено водой и подвергается затѣмъ высыханію только подъ влияніемъ температуры воздуха, то сокращеніе объема происходитъ очень равномерно. Наоборотъ, если пропитываніе водой было неравномернымъ или высыханіе происходитъ подъ влияніемъ неравномернаго нагрѣванія солнечными лучами, то части породы, меньше содержащія воды или быстрѣе нагрѣваемые, сокращаются сильнѣе; вслѣдствіе этого, при такомъ неравномерномъ сокращеніи, происходитъ раздробленіе всей массы на мелкіе осколки. Такое явленіе мы имѣемъ въ такъ называемыхъ трескунахъ (*gélives*), т.-е. мергеляхъ.

Этотъ процессъ часто ведетъ къ разрыхленію породъ даже въ постройкахъ.

Глина, пропитанная водой, при быстромъ замерзаніи распадается въ скорлуповатую, не вязкую и дурно формующуюся землистую массу. Если затѣмъ наступаетъ постепенно оттепель, то глина сначала сохраняетъ свои землистыя качества, полученные отъ дѣйствія мороза, а при наступленіи дождей превращается въ кашеобразную илистую массу, и отмучиваніе глины подъ влияніемъ такихъ предшествовавшихъ морозовъ значительно облегчается.

Изъ сказаннаго видимъ, что породы, составныя части которыхъ цементированы глинистымъ веществомъ, размягчаемымъ водой, легко вывѣтриваются вслѣдствіе отмучиванія глины, способности ея сокращаться въ объемѣ и растрескиваться при высыханіи и наконецъ вслѣдствіе малаго сопротивленія дѣйствію мороза.

Также относятся къ вывѣтриванію и породы, цементъ которыхъ состоитъ существенно изъ другихъ порошковидныхъ и землистыхъ минеральныхъ агрегатовъ.

Только въ случаѣ пропитыванія цемента такихъ породъ веществами, отложенными изъ раствора (кремнеземъ, известковый шпатъ, окислы желѣза), такія породы не подвергаются выветриванію подъ вліяніемъ размягченія водой.

*Вліяніе мороза на выветриваніе горныхъ породъ.*

Всѣ горныя породы, даже наиболѣе плотныя, обладаютъ извѣстной пористостью и слѣдовательно влагоемкостью. Подъ вліяніемъ различныхъ причинъ, опредѣляющихъ измѣненіе породъ, это свойство еще усиливается. Такими причинами являются:

- 1) Образованіе тончайшихъ трещинъ и капилляровъ вслѣдствіе расширенія и сжатія породъ при температурныхъ колебаніяхъ.
- 2) Разрыхленіе породы подъ вліяніемъ химическихъ причинъ.
- 3) Размягченіе и отмучиваніе водой въ породахъ съ глинистымъ или мергелистымъ цементомъ.

При замерзаніи воды въ капиллярныхъ порахъ породы можетъ произойти ея совершенное разрушеніе.

Очевидно, что такое разрушеніе можетъ послѣдовать только въ томъ случаѣ, если при замерзаніи воды поры не представляютъ болѣе свободнаго пространства для расширенія льда. Слѣдовательно, даже при очень высокомъ коэффиціентѣ пористости, напр., въ породахъ грубопористыхъ, пещеристыхъ, разрушенія можетъ и не быть.

Такъ какъ расширеніе воды въ моментъ ея замерзанія составляетъ 0,1 объема воды при 0°, то разрушительное дѣйствіе замерзанія можетъ обнаружиться только при заполненіи поръ породы болѣе, чѣмъ на 0,9 ихъ объема.

Коэффиціентъ насыщенности водой породы обозначаютъ черезъ  $S = \frac{W_2}{W_c}$ , гдѣ  $W_2$ — количество воды, удерживаемой породой въ порахъ при медленномъ ея пропитываніи, а  $W_c$ — количество воды, необходимое для полнаго насыщенія поръ.

Теоретически, всѣ породы, для которыхъ  $S$  меньше 0,9, должны быть устойчивыми противъ дѣйствія мороза, такъ какъ 0,9 есть максимальная допустимая величина для  $S$ . Опыты съ различными породами показали, что предѣльная величина для  $S$  однако меньше, именно 0,8, такъ какъ обычно насыщеніе водой происходитъ неравномѣрно и зависитъ отъ особенностей строенія породы.

Для однихъ породъ даже при  $S=0,84$  онѣ остаются прочными, а для другихъ при  $S=0,7$  онѣ разрушаются. Первый случай относится

къ породамъ очень плотнымъ, а второй — къ породамъ сланцеватымъ или очень неравномѣрно насыщаемымъ вслѣдствіе особенностей строенія, или къ породамъ съ глинистымъ цементомъ, сильно размягченнымъ водой.

Количество воды, удерживаемой породой, зависитъ вообще отъ:

- 1) объема поръ, пустотъ;
- 2) отъ формы этихъ поръ и пустотъ и степени ихъ соединенія между собой;
- 3) отъ внѣшнихъ условій, при которыхъ вода соприкасается съ породой, и давленія при этомъ.

Количество воды, поглощаемой горной породой, будетъ неодинаковымъ при быстромъ и медленномъ погруженіи въ воду испытуемаго образца, если поры въ породѣ представляютъ сѣтъ пустотъ, соединенныхъ между собою капиллярами. Дѣйствительно, въ этомъ случаѣ всѣ такія поры будутъ заполнены водою, имѣющей къ породѣ доступъ съ поверхности, и воздухъ изъ поръ будетъ вытѣсненъ при медленномъ проникновеніи воды; если же поры не связаны между собою, то разницы въ насыщеніи не обнаруживается.

Кромѣ степени насыщенія водою породы, насколько она зависитъ отъ связности поръ и ихъ капиллярности, на сопротивленіе породы морозу оказываетъ вліяніе также самое распредѣленіе поръ. Въ этомъ отношеніи можно различить нѣсколько случаевъ:

- 1) Поры б. или м. одинаковой величины, распредѣлены равномерно по всей породѣ и заполненіе ихъ водою совершенное.

При замерзаніи воды давленіе распредѣляется во всѣ стороны равномерно, и части породы между порами работаютъ только на сопротивленіе раздробленію; такъ какъ послѣднее вообще для горныхъ породъ значительное, то породы такого рода остаются устойчивыми даже при предѣльномъ коэффициентѣ насыщенія водою.

- 2) Поры неодинаковой величины, распредѣлены неравномерно и заполненіе ихъ водою неодинаковое. При замерзаніи воды возникаютъ напряженія неравномѣрные; части породы, находящіяся между участками съ порами заполненными водою и пустыми, работаютъ на разрывъ; такъ какъ сопротивленіе породы разрыву въ нѣсколько разъ меньше (отъ  $\frac{1}{5}$  до  $\frac{1}{3}$  вообще), чѣмъ сопротивленіе раздробленію, то такія породы оказываются неустойчивыми дѣйствію мороза даже при относительно низкомъ коэффициентѣ насыщенія.

- 3) Сильно пористыя части породы расположены слоеобразно и соединены между собою капиллярами.

Въ такихъ породахъ при замораживаніи пористыя слоеобразныя части вызываютъ равномерное давленіе на части между ними слабо пористыя; внутри массы породы такія давленія почти уравниваются, а наружныя части напротивъ испытываютъ одностороннее давленіе, которое можетъ повести къ послѣдовательному отдѣленію съ поверхности все новыхъ частей. Противъ такого разлистованія породы необходимо бороться расположеніемъ камней въ кладкѣ, именно располагая ихъ поверхностями напластованія горизонтально.

Въ породахъ слоистыхъ связь составныхъ частей въ направленіи перпендикулярномъ къ слоистости менѣе совершенна, чѣмъ по направлению слоистости, а отдѣльные слои часто имѣютъ совершенно различную пористость; поэтому въ слоистыхъ породахъ особенно часты случаи неравномернаго насыщенія водой и для  $S$  они имѣютъ величину не болѣе 0,7.

Камни въ частяхъ сооружений принимаютъ воду въ гораздо меньшей степени, чѣмъ при опытахъ насыщенія тѣхъ же камней въ лабораторіи, такъ какъ они подвергаются вліянію воды обычно только съ одной стороны и при томъ періодически, но вообще чѣмъ плотнѣе порода, тѣмъ эта разница меньше. Камни гидротехническихъ сооружений, напротивъ, подвергаются постоянному вліянію воды, слѣдовательно также размягченію водой; поэтому камни около уровня воды, или въ предѣлахъ колебанія уровня, обнаруживаютъ разрушеніе отъ мороза болѣе сильное, чѣмъ по лабораторнымъ испытаніямъ, а части сооружений подъ водой совершенно не подвергаются вліянію мороза.

Вліяніе мороза является одной изъ наиболѣе важныхъ причинъ выѣтриванія породъ, и очень часто камни, выдерживающіе тысячелѣтія въ южныхъ странахъ, разрушаются въ условіяхъ нашего климата въ теченіе десятилѣтій.

Если камни пересѣчены грубыми трещинами, возникающими, напр., при выломкѣ ихъ или обработкѣ, то часто при наступленіи первыхъ же морозовъ отъ нихъ отскакиваютъ большіе куски. Въ слоистыхъ и сланцеватыхъ породахъ можетъ происходить разлистованіе камней съ поверхности, въ особенности если камни поставлены въ стѣнахъ параллельно слоистости. Если камни имѣютъ цѣлую сѣть связанныхъ между собою поръ, то по истеченіи уже нѣсколькихъ лѣтъ они разрушаются съ поверхности безъ образованія трещинъ.

Породой не прочной въ отношеніи вліянія мороза всегда изъ двухъ одинаковыхъ породъ является тонкопористая, плотная; это совершенно естественно, такъ какъ въ такой породѣ ея насыщеніе водой происходитъ

подъ вліяніемъ капиллярности, а въ грубопористой эта причина исключается (напр. въ грубопористыхъ строительныхъ известнякахъ юга Россіи). Въ особенности неблагоприятнымъ является тонкая пористость въ породахъ слоистыхъ, въ которыхъ поры часто располагаются также параллельно слоямъ, чѣмъ обуславливается очень слабое сопротивленіе дѣйствію мороза. Слоистыя породы, не имѣющія такого расположенія поръ, напр. кристаллическіе сланцы (гнейсъ, роговообманковый сланецъ) всегда являются болѣе устойчивыми въ отношеніи вліянія мороза.

Замѣчательнымъ примѣромъ устойчивости пористыхъ породъ могутъ служить вулканическіе туфы; подъ такимъ названіемъ понимаютъ слабоцементированные рыхлые продукты вулканическихъ изверженій, т.-е. пески, пепелъ и лапилли. Эти породы относятся къ очень мягкимъ и наиболѣе пористымъ и въ то же время къ наиболѣе устойчивымъ въ отношеніи вывѣтриванія. Самые крѣпкіе изъ туфовъ имѣютъ временное сопротивленіе всего около 140 клг., а коэффициентъ пористости ихъ часто достигаетъ до 45% по объему; для самыхъ плохихъ песчаниковъ этотъ коэффициентъ не болѣе 28%, а для известняковъ около 25%. Несмотря на это, камни изъ туфа въ нѣкоторыхъ постройкахъ Германіи со временъ каролинговъ, т.-е. болѣе 1000 лѣтъ, не обнаруживаютъ замѣтныхъ поврежденій отъ вліянія мороза. Еще болѣе поразительнымъ примѣромъ можетъ служить тоннель черезъ холмы Позиллипо, соединяющій Неаполь и Fuori-Grotta; этотъ тоннель, длиною 1 км. и высотой въ 7 м., остается безъ крѣпленія съ отвѣсными стѣнами со временъ Августа и раньше; надъ городскимъ порталомъ находится знаменитая могила Виргилія.

Наибольшее всасываніе влаги трещинами и порами породы происходитъ при осажденіи росы на поверхности камней, напр., при наступленія оттепели послѣ морозовъ, какъ это наблюдается, напр., на колоннахъ Исаакіевскаго собора въ Петербургѣ. Роса осаждается при этомъ прежде всего на болѣе охлажденных частяхъ камней, слѣдовательно на всѣхъ выдающихся частяхъ, также болѣе темного цвѣта и крупнозернистаго строенія. Темноцвѣтные, крупнозернистые и шероховатые камни страдаютъ отъ мороза болѣе, нежели свѣтлые, тонкозернистые и полированные.

Наконецъ, слабыми являются всѣ породы, размягчаемыя подъ вліяніемъ воды, слѣдовательно всѣ породы съ глинистымъ, мергелистымъ и землистозвестковымъ цементами. Глинистое вещество при поглощеніи воды отъ 40% до 70% превращается въ пластическую массу; въ такомъ состояніи всѣ поры между тончайшими частицами породы совершенно

заполнены водой, и дѣйствіе мороза достигаетъ наибольшаго эффекта (трескуны, gélives). Все это достаточно объясняетъ необходимость облицовки тоннелей, проложенныхъ въ мергеляхъ, и разрушеніе откосовъ въ мергелистыхъ породахъ.

*Вліяніе солнечной инсоляціи на выветриваніе горныхъ породъ.*

Несмотря на ничтожность расширенія минеральныхъ частицъ породъ при ихъ нагрѣваніи солнечными лучами съ поверхности, ежедневный опытъ показываетъ, что колебанія температуры вызываютъ замѣтное разрушеніе породъ въ теченіе уже десятилѣтій.

Въ породахъ однородныхъ, плотныхъ, какъ известняки, измѣненіе объема болѣе значительное на поверхности, чѣмъ внутри породы, вызываетъ появленіе трещинъ параллельныхъ поверхности.

Въ породахъ зернистыхъ, какъ изверженныя или песчаники, расширеніе кристалловъ происходитъ неодинаково по различнымъ направленіямъ; возникаютъ напряженія по самымъ различнымъ направленіямъ, такъ какъ зерна ориентированы въ породѣ неодинаково; вслѣдствіе этого происходитъ ослабленіе связи между частицами и появленіе тончайшихъ трещинъ между сосѣдними зернами. Въ породахъ сложнаго состава процессъ усиливается неодинаковой теплоемкостью различныхъ минераловъ, неодинаковаго состава и неодинаково окрашенныхъ.

Въ породахъ сланцеватыхъ теплопроводность по направленію сланцеватости значительно больше, чѣмъ вкрестъ сланцеватости; подъ вліяніемъ колебанія температуры, съ поверхности такія породы въ особенности легко разлитовываются.

Наиболѣе устойчивыми породами являются, слѣдовательно, зернисто-кристаллическія, однороднаго состава, однороднаго зерна и цвѣта, напр., мраморъ. Это не исключаетъ однако интенсивнаго химическаго выветриванія известняка и мрамора въ особенности въ условіяхъ большихъ современныхъ городовъ, гдѣ метеорные осадки обогащаются сѣрнистымъ газомъ и угольной кислотой. Это наглядно подтверждается порчей мраморныхъ статуй въ Лѣтнемъ саду въ Петербургѣ. Нужно имѣть также въ виду, что мраморъ быстрѣе подвергается механическому разрушенію, если онъ былъ обработанъ непосредственно послѣ выломки, когда онъ не утратилъ еще горной влажности; къ сожалѣнію, такъ дѣлаютъ очень часто, такъ какъ такой мраморъ легче обрабатывается.

*Вліяніе твердости породъ на ихъ сопротивленіе вывѣтриванію.*

Твердость породы еще не служитъ гарантіей ея устойчивости, но является однимъ изъ благопріятныхъ условій. Это зависитъ отъ различныхъ причинъ.

Вывѣтриваніе вообще захватываетъ породы неравномѣрно; одні части подвергаются вліянію и механическихъ причинъ, и химическихъ, а другія могутъ оставаться совершенно внѣ вліянія этихъ причинъ. Даже въ породахъ простыхъ неодинаковая величина зеренъ можетъ вызвать неодинаковое прогрессированіе процесса вывѣтриванія. Очевидно, что въ породахъ твердыхъ, крѣпкихъ мѣстное уменьшеніе связности между отдѣльными частицами будетъ имѣть меньшее вліяніе, чѣмъ въ породахъ мягкихъ, слабыхъ.

Также въ породахъ крѣпкихъ связь между частицами сильнѣе, пористость слабѣе и всѣ составныя части свѣжѣе; все это причины, ослабляющія вывѣтриваніе.

*Вліяніе организмовъ на породы.*

Организмами, часто покрывающими камни въ постройкахъ, являются лишай и грибы.

Лишай требуютъ для своего развитія воду, угольную кислоту и различныя минеральныя вещества, которыя они и извлекаютъ изъ своего субстрата. Если постель, напр., чисто кварцевая, не даетъ необходимыхъ веществъ, лишай пользуются тѣми пылевыми частицами, которыя носятся въ воздухѣ и осаждаются на поверхность камней съ дождемъ. Существуютъ, слѣдовательно, лишай, селящіеся на самыхъ различныхъ породахъ, и лишай, пользующіеся исключительно известняками или кремнистыми породами.

Лишай и грибы оказываютъ разрушительное вліяніе на поверхность камней какъ химическимъ, такъ и механическимъ путемъ. На первоначально гладкой поверхности камня возникаетъ растительный слой, который задерживаетъ воду, слѣдовательно повышаетъ всѣ процессы размягченія, отмучиванія, вліянія мороза. Наиболѣе благопріятными для развитія этихъ вредныхъ органическихъ колоній являются известняки, мергели; другимъ благопріятнымъ условіемъ служитъ достаточная влажность, слѣдовательно очень обычны лишай на поверхности глинистыхъ и мергелистыхъ песчаниковъ, долго удерживающихъ воду на своей поверхности.

Здѣсь можетъ быть умѣстнымъ упомянуть, что извѣстный характерный запахъ глинъ, слегка амміачный, не является свойствомъ, присущимъ глинѣ, какъ таковой, но зависитъ отъ поглощенія глиной вмѣстѣ съ влажностью также газообразныхъ продуктовъ разложенія отжившихъ организмовъ или, содержащихся въ влажности воздуха, споръ водорослей, грибовъ и мховъ. Глины сильно желѣзистыя обладаютъ болѣе сильнымъ запахомъ, вслѣдствіе способности водныхъ окисловъ желѣза поглощать амміакъ.

Слѣдуетъ помнить, что на гладко полированныхъ поверхностяхъ колоній организмовъ селятся гораздо труднѣе, чѣмъ на шероховатыхъ.

Пыльный воздухъ большихъ городовъ не благопріятствуетъ развитію лишаевъ. Съ другой стороны, уличная пыль, заключающая кромѣ минеральныхъ частицъ органическіе продукты разложенія, споры и т. п. въ смѣшеніи съ углистыми частицами, представляетъ очень не благопріятное условіе для сохраненія наружнаго вида камней. Камни покрываются черной побѣжалостью, а въ порахъ камней начинаютъ разлагаться попадающія туда органическія вещества.

Больше всего страдаютъ при этомъ пористые песчаники съ мергелистымъ цементомъ, такъ какъ они долго сохраняютъ влажность на поверхности послѣ дождя и легко удерживаютъ поэтому уличную пыль. Песчаники чернѣютъ въ городахъ, въ особенности на выступающихъ частяхъ, очень быстро, и слѣдуетъ избѣгать мергелистые песчаники для декоративныхъ частей зданій.

Впервые Мюнцъ и Шлезингъ еще въ 1877 г. показали, что на поверхности земли происходятъ явленія нитрификаціи, т. е. образованія азотновислыхъ солей, именно селитры, подъ вліяніемъ органическихъ ферментовъ. Позднѣе Мюнцъ доказалъ присутствіе этихъ организмовъ въ различныхъ горныхъ породахъ, находящихся въ состояніи разрушенія, и онъ высказалъ мысль, что самое разрушеніе породъ происходитъ при участіи этихъ организмовъ. Виноградскому удалось выдѣлить культуры этихъ бактерій и изучить способъ ихъ дѣятельности; онъ называлъ ихъ *Nitromonos*. Однѣ изъ нихъ ведутъ къ образованію нитратовъ, т. е. солей азотной кислоты, другія нитритовъ, т. е. солей азотистой кислоты. Онѣ имѣютъ способность усваивать азотъ изъ атмосферы и углеродъ изъ карбонатовъ почвы и горныхъ породъ, слѣдовательно онѣ ведутъ къ синтезу органической матеріи независимо отъ свѣтовыхъ лучей солнца и хлорофилла. Въ настоящее время хорошо изучена роль фиксаціи азота, напр., бобовыми растеніями. Тѣ же формы безъ сомнѣнія усваиваютъ также азотъ изъ амміачныхъ соединений, происходящихъ

отъ разложѣнія органическихъ веществъ, чѣмъ объясняется обиліе селитры въ мѣстахъ, гдѣ такое разложѣніе происходитъ особенно интенсивно.

Превращеніе карбонатовъ въ азотнокислыя соединенія ведетъ одновременно къ разрушенію породы и выдѣленію на ея поверхности, если порода известковистая, азотнокислаго кальція или азотнокислаго калия, если порода богата карбонатами калия, происходящими, напр., отъ разрушенія полевыхъ шпатовъ.

Какъ ни слабъ этотъ процессъ, но его непрерывность и универсальность ведутъ къ очень значительнымъ послѣдствіямъ; подъ вліяніемъ его могутъ разрушаться горныя породы въ такихъ условіяхъ, гдѣ казалось бы совершенно нѣтъ достаточныхъ причинъ для разрушенія, напр., въ области вѣчныхъ снѣговъ, гдѣ температура всегда остается почти постоянной; но особенно этотъ процессъ энергиченъ въ дѣлѣ образованія пахотныхъ почвъ и залежей селитры.

Начало вывѣтриванія во всѣхъ породахъ въ ихъ естественныхъ обнаженіяхъ обнаруживается очень ясно образованіемъ такъ называемой корки <sup>1)</sup>. Въ породахъ темныхъ, какъ битуминозныя известняки, кремнистые сланцы, эти корки блѣднѣе цвѣтомъ, вслѣдствіе окисленія органическихъ веществъ, окрашивающихъ эти породы; черныя песчаники, цвѣтъ которыхъ зависитъ отъ присутствія органическихъ веществъ, часто обезцвѣчиваются съ поверхности уже въ постройкахъ. На породахъ, богатыхъ солями закиси желѣза т. е. авгитовыхъ, роговообманковыхъ, оливиновыхъ, нѣкоторыхъ глинистыхъ сланцахъ, въ свѣжемъ состояніи зеленыхъ или черноватыхъ, образуется корка бураго или краснаго цвѣта, вслѣдствіе дальнѣйшаго окисленія желѣза, но всегда эта корка болѣе мягка, матоваго землистаго вида. Такой же процессъ вывѣтриванія объясняетъ, что на поверхности известняковъ, подвергшихся продолжительному дѣйствію атмосферы, рѣзко выступаютъ окаменѣлости, совершенно незамѣтныя иногда въ свѣжихъ изломахъ породы. На породахъ чернаго цвѣта, напр., базальтахъ и нѣкоторыхъ андезитахъ, корка вывѣтриванія имѣетъ сѣровато-бѣлый цвѣтъ, вслѣдствіе послѣдующаго выщелачиванія выдѣлившихся окисловъ желѣза. Признакомъ начинающагося вывѣтриванія можетъ служить также образованіе дендритовъ (рисунки въ формѣ вѣтвей, листьевъ) по трещинкамъ въ породѣ, которая кажется еще совершенно здоровой; дендриты представляютъ собою слюды инфильтраціи продуктовъ вывѣтриванія по трещинамъ породы.

<sup>1)</sup> Поверхностныя, разрушенныя вывѣтриваніемъ, части горныхъ породъ принято теперь въ Германіи обозначать словомъ Schwarte; это обозначеніе соответствуетъ понятію объ элювіально разрушенной части породы.

Инженерамъ и владѣльцамъ каменоломень, конечно, трудно быстро ориентироваться въ разнообразіи горныхъ породъ; тѣмъ не менѣе необходимо привыкать къ опредѣленію главныхъ типовъ породъ, такъ какъ техническія свойства такихъ породъ очень различны. Едва ли желательно слѣдовать примѣру американскихъ инженеровъ и владѣльцевъ каменоломень, которые различаютъ напр., среди изверженныхъ породъ только три типа: 1) граниты, вообще свѣтлыя, преимущественно кварцевыя породы (гранитъ, сіенитъ, діоритъ, габбро и друг.); 2) траппы, всѣ темно окрашенныя породы безъ кварца или съ очень малымъ его содержаніемъ (базальты, пироксениты, снова діориты, габбро и друг.); 3) змѣвики (серпентины), всѣ породы болѣе мягкія, представляющія продукты измѣненія породъ второй группы.

---

## ГЛАВА V.

### Изверженные горные породы, какъ строительные материалы.

---

Изъ числа этихъ породъ мы остановимся болѣе подробно только на породахъ, наиболѣе распространенныхъ, а такими являются граниты, кварцевые порфиры, андезиты и базальты; при разсмотрѣніи причинъ, опредѣляющихъ различныя техническія свойства этихъ породъ, видно будетъ, въ чемъ можетъ выразиться различіе между ними и другими породами, имъ близкими, а также наиболѣе распространенными типами кристаллическихъ сланцевъ, какъ гнейсъ и слюдяной сланецъ.

#### Граниты.

Гранитами называютъ породы зернистокристаллическаго строенія, составленныя существенно изъ полевого шпата, кварца и слюды (табл. I до VI). Въ одномъ и томъ же гранитѣ нерѣдко появляются различныя полевые шпаты, а именно ортоклазъ, плагиоклазы и микролинтъ; это все щелочные элементы породы. Слюда въ формѣ біотита является наиболѣе обычной составной частью, выражающей собою желѣзисто-магнезіальные элементы породы. Изъ числа различныхъ второстепенныхъ составныхъ частей, имѣющихъ нерѣдко значеніе на степень пригодности гранита въ строительномъ дѣлѣ, необходимо обратить вниманіе на сѣрный колчеданъ.

Обычная структура гранита выражается въ томъ, что кристаллы и зерна полевыхъ шпатовъ и кварца срастаются въ зернистую массу, въ которой разбѣяны уже безъ всякой правильности листочки слюды. Зернистая масса породы можетъ имѣть нѣкоторыя особенности строенія,

которыя имѣютъ значеніе для техническихъ качествъ гранитовъ, какъ увидимъ дальше.

При технической оцѣнкѣ гранитовъ необходимо обращать вниманіе на формы и развитіе отдѣльностей. Наиболѣе обычными формами являются плитняковая (банками) (фиг. 17), матрацевидная и сферическая отдѣльности.

Нерѣдко трещины отдѣльностей распространяются, сохраняя постоянное направленіе, на значительномъ протяженіи. Наименѣе благоприятной формой отдѣльности является полиэдрическая или неправильная, разбивающая породу трещинами по различнымъ направленіямъ.

Одни граниты сохраняютъ свои минералогическія и структурныя особенности на значительномъ протяженіи, другіе, напротивъ, измѣняютъ свои качества на самыхъ близкихъ разстояніяхъ, обнаруживая рядомъ разновидности, совершенно различнаго техническаго значенія. Очевидно, что при оцѣнкѣ гранитовъ, какъ строительнаго матеріала, необходимъ внимательный осмотръ породы въ естественныхъ обнаженіяхъ и въ карьерахъ.

Однимъ изъ существенныхъ качествъ строительныхъ матеріаловъ является степень пористости породы. Въ этомъ отношеніи граниты въ общихъ случаяхъ являются вполне удовлетворительными породами, такъ какъ составныя части гранита обычно срастаются въ плотную массу безъ какихъ либо промежутковъ между ними. Чѣмъ тоньше зерно гранита, тѣмъ плотнѣе такое срастаніе; только въ грубозернистыхъ разновидностяхъ гранита и въ особенности съ порфировидными выдѣленіями, какими обычно являются болѣе крупныя кристаллы полевыхъ шпатовъ, появляются въ породѣ пустоты въ видѣ поръ или пещеристыхъ промежутковъ.

Техническія качества породы зависятъ далѣе отъ относительныхъ количествъ главнѣйшихъ составныхъ частей. Вообще можно принять, что количество полевыхъ шпатовъ колеблется отъ 42% до 69%, кварца отъ 20% до 40% и слюды отъ 5% до 20%. Отъ количества именно кварца зависятъ различныя особенности структуры гранитовъ, а вмѣстѣ съ этимъ и прочность породы. Въ разновидностяхъ гранита, очень богатыхъ кварцемъ, зерна его образуютъ иногда родъ непрерывной сѣтки, придающей породѣ значительную прочность даже въ случаѣ поврежденія отъ процессовъ вывѣтриванія полевыхъ шпатовъ и слюды, заполняющихъ петли такой сѣтки (типъ I а, по схемѣ, принятой въ Пруссіи); менѣе устойчивыми являются граниты, въ которыхъ зерна кварца расположены не такъ связно или распределены отдѣльными зернистыми полосками

(типъ IIb и IIIc). Особую форму, въ техническомъ отношеніи вполне удовлетворительную, представляетъ пегматитовая структура, при которой зерна полевыхъ шпатовъ проростають цѣлой сѣткой зачаточныхъ кристалловъ кварца (см. табл. III, фиг. 6 B).

Значительно менѣе благоприятными для технического примѣненія являются граниты, въ которыхъ непрерывную и связную массу образуютъ полевые шпаты, а зерна кварца только разсѣяны или сгруппированы въ этой массѣ (типъ IV c). Если при этомъ полевые шпаты уже раздроблены и трещиноваты, что часто бываетъ въ болѣе грубозернистыхъ разностяхъ, то порода легко подвергается разрыхленію съ поверхности.

Въ техническомъ отношеніи почти равноцѣнной типу Ia является еще форма структуры, при которой первоначально раздробленные зерна кварца вторично сцементированы (катакластическое сложение, типъ VII, и такъ называемая *Mörtelstruktur*, если отдѣльные зерна обнаруживаютъ такое раздробленіе только по периферіи, типъ VIII); см. табл. I, фиг. 2.

Кромѣ структуры, на свойства породъ, какъ строительныхъ матеріаловъ, имѣетъ большое значеніе отношеніе каждой породы къ вывѣтриванію, т. е. та или иная способность породы подвергаться измѣненію и постепенному разрыхленію съ поверхности подъ вліяніемъ физическихъ и химическихъ факторовъ.

Подъ вліяніемъ такихъ факторовъ первоначальная отдѣльность гранитовъ подвергается дальнѣйшему развитію. Такъ, напр., первоначально грубо плитняковая отдѣльность переходитъ въ тонко плитняковую, и на поверхности камней начинаетъ отдѣляться почти листоватая дресва. Очевидно, что граниты совершенно плотнаго сложения, являются болѣе пригодными, чѣмъ граниты съ рѣзко выраженной плитняковой отдѣльностью. При пользованіи гранитами послѣдняго рода необходимо въ самихъ карьерахъ удалять достаточно глубоко части, поверхностно уже представляющія тонкую плитняковую отдѣльность, иначе процессъ порчи породы можетъ продолжаться и на камняхъ въ сооруженіяхъ.

Въ отношеніи химическаго вывѣтриванія наименѣе устойчивымъ элементомъ гранита являются полевые шпаты. Процессъ ихъ измѣненія происходитъ подъ вліяніемъ атмосферной воды, содержащей углекислоту; на счетъ щелочей и извести полевыхъ шпатовъ образуются растворимые карбонаты щелочей и извести и нерастворимые каолинъ и свободный кремнеземъ. Такое измѣненіе полевыхъ шпатовъ происходитъ чрезвычайно медленно, если они первоначально были совершенно свѣжи; наоборотъ, если уже въ природѣ, въ естественныхъ обнаженіяхъ и

карьеряхъ, полевые шпаты гранита обнаруживаютъ слѣды вывѣтриванія, этотъ процессъ продолжается сравнительно уже быстро, и измѣненіе породы обнаруживается даже на камняхъ сооружений въ теченіе десятилѣтій.

При выборѣ гранита для облицовки необходимо, слѣдовательно, обращать особенное вниманіе на свѣжесть полевыхъ шпатовъ, но при этомъ необходимо имѣть въ виду слѣдующее. Абсолютно свѣжіе полевые шпаты въ гранитахъ представляютъ большую рѣдкость; изслѣдованіе гранита всегда обнаруживаетъ нѣкоторое измѣненіе полевыхъ шпатовъ, выражающееся или въ помутнѣніи центральныхъ частей кристалловъ, вслѣдствіе начинающагося отложенія тонкаго глинистаго вещества, или въ образованіи такого же качества поверхностной зоны кругомъ кристалла. Такое измѣненіе происходитъ на счетъ включеній въ самомъ кристаллѣ жидкостей, какъ вода и угольная кислота. Разъ расходованы эти реактивы, то дальнѣйшаго измѣненія уже не будетъ. Поэтому граниты и другія массивно-кристаллическія полевошпатовыя породы, обнаруживающія такіа измѣненія, но полевые шпаты которыхъ не трещиноваты и не раздроблены, могутъ считаться вполне хорошими строительными матеріалами. Если же въ полевыхъ шпатахъ породы обнаруживается ихъ измѣненіе вдоль трещинъ и разломовъ, притомъ ясно прогрессировавшее отъ периферіи къ центру, то такое измѣненіе происходило на счетъ проникновенія горной влаги. Если такого рода измѣненія проявляются уже на образцахъ, взятыхъ изъ карьера, то можно быть увѣреннымъ, что этотъ процессъ будетъ продолжаться на камняхъ и въ сооруженіи, притомъ тѣмъ быстрѣе, чѣмъ болѣе трещиноваты полевые шпаты и чѣмъ больше вообще поръ въ породѣ.

Такіе уже вывѣтрѣлые граниты подвергаются дальнѣйшему измѣненію въ особенности быстро, если они постоянно смачиваются водою; слѣдовательно, особенно тщательнымъ долженъ быть выборъ гранита для такихъ частей сооружений, которыя погружены въ воду или постоянно ею смачиваются.

Подъ микроскопомъ такая степень вывѣтриванія полевыхъ шпатовъ обнаруживается многочисленными, неправильными иногда червеобразными пустотами, заполненными тонкими порошкообразными каолиномъ и охристымъ веществомъ; полевые шпаты становятся совершенно мутными и пожелтѣвшими. Порода теряетъ значительно въ своей твердости, а съ поверхности порода становится или очень шероховатой, если она имѣетъ структуру по типу Ia, или прямо разрыхляется, если структура относится къ типу Ib и IIIc. Порфировидные вкрапленники въ особенности

легко выветриваются какъ химически, такъ и механически, оставляя на поверхности камней, даже полированныхъ, неровности, задерживающія влажность и усиливающія всѣ явленія механическаго выветриванія породы при замерзаніи. Слѣдуетъ помнить, что изъ числа полевыхъ шпатовъ, при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ, легче выветриваются известково-натровые (плагіоклазы, напр., олигоклазъ); это наглядно иллюстрируется развитіемъ выветриванія на поверхности гранита рапакви, составляющаго одинъ изъ наиболѣе распространенныхъ каменныхъ матеріаловъ Петербурга (напр., колонны Исаакіевскаго собора). Каемка зеленоватаго олигоклаза, окружающая порфировидныя выдѣленія краснаго ортоклаза въ этомъ гранитѣ, разрушается всегда первой; возникаютъ неровности и впадины на мѣстѣ олигоклаза; въ нихъ задерживается влажность, и порода быстро начинаетъ портиться подъ вліяніемъ преимущественно механическаго выветриванія.

Что касается слюды, то ея бѣлая разновидность (каліевая или мусковитъ) относится къ числу минераловъ наиболѣе устойчивыхъ, но эта слюда не всегда принадлежитъ къ числу первичныхъ составныхъ частей нормальнаго гранита, а въ большинствѣ случаевъ сама является продуктомъ дальнѣйшаго измѣненія, которому подвергалась порода. Легче измѣняется біотитъ, т. е. магнезіальная слюда, но и этотъ минералъ гораздо устойчивѣе полевыхъ шпатовъ. Только чрезмѣрное увеличеніе количества біотита вредно отражается на техническихъ свойствахъ гранитовъ, такъ какъ разлитываніе слюды подъ вліяніемъ мороза облегчаетъ доступъ водѣ внутрь породы и понижаетъ всѣ ея качества.

Если гранитъ содержитъ много сѣрнаго колчедана, превращающагося при выветриваніи въ бурый желѣзнякъ, то въ присутствіи біотита происходитъ также энергичное измѣненіе послѣдняго подъ вліяніемъ образующейся при этомъ сѣрной кислоты. Также легко подвергаются при этомъ измѣненію известково-натровые полевые шпаты (плагіоклазъ).

Очевидно, что при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ граниты тѣмъ устойчивѣе въ отношеніи сопротивленія выветриванію, чѣмъ они богаче кварцемъ и чѣмъ совершеннѣе зерна кварца сливаются въ сѣтку, обнимающую другія составныя части; если гранитъ обнаруживаетъ развитую катакластическую структуру безъ послѣдующей цементации вторичнымъ кварцемъ, то такіе граниты относятся къ числу плохихъ матеріаловъ, легко подвергаясь механическому выветриванію; равнымъ образомъ при послѣдующей цементации кальцитомъ, въ особенности въ присутствіи сѣрнаго колчедана, получаютъ граниты, представляющіе очень плохой строительный матеріалъ.

Механическое выветриваніе, которое обнаруживается на камняхъ въ сооруженіяхъ болѣе энергично, чѣмъ химическое, зависитъ отъ пористости породы и слѣдовательно способности ея къ насыщенію водой.

Эти качества въ гранитахъ зависятъ, какъ было сказано, отъ крупности зерна породы (въ болѣе крупнозернистыхъ чаще встрѣчаются поры), а также отъ количества слюды и степени выветрѣлости полевыхъ шпатовъ. Въ гранитахъ плотныхъ, однородныхъ и малослюдистыхъ коэффициентъ пористости <sup>1)</sup> не болѣе 1,5% и поглощеніе воды менѣе, чѣмъ 0,5% по вѣсу. При замѣтной степени выветриванія полевыхъ шпатовъ коэффициентъ пористости возрастаетъ уже на  $\frac{1}{3}$ , а при очень значительной увеличивается въ два раза. Вмѣстѣ съ этимъ возрастаетъ и коэффициентъ насыщенія *S*, хотя и не всегда въ такой степени, что порода дѣлается слабо устойчивой противъ дѣйствія мороза. Только при увеличеніи коэффициента пористости болѣе, чѣмъ въ два раза, т. е. при весьма значительной степени выветриванія, коэффициентъ насыщенія переходитъ черезъ предѣльную величину 0,8.

На структурѣ гранитовъ можно различить въ сущности тѣ же типы, которые вообще отмѣчаютъ для всѣхъ кристаллическихъ породъ:

1. Породы съ распределеніемъ неправильнымъ или разсѣяннымъ составныхъ частей (*dispergo*), когда ни одна составная часть не обнаруживаетъ стремленія къ какому либо особенному и притомъ связанному сочетанію.

2. Породы съ болѣе или менѣе ясно выраженнымъ распределеніемъ зеренъ одной составной части (*simplex*) въ видѣ связаннаго скелета (сѣтчатого, вѣтвистаго), обнимающаго и пересѣкающаго сочетанія другихъ составныхъ частей (типы I, IV, упомянутые выше).

3. Породы, въ которыхъ одна составная часть, въ количествѣ подчиненномъ, играетъ роль соединяющаго вещества (*syndetic*) между другими преобладающими составными частями (типы VII и VIII).

4. Породы, представляющія основную массу (*basal*), все равно аморфную или зернисто-кристаллическую, въ которой выдѣляются болѣе или менѣе значительные кристаллы другихъ составныхъ частей. Иное развитіе той же структуры представляютъ породы въ видѣ грубозернистаго агрегата одной, только составной части.

Структуры, которыя мы различаемъ въ петрографіи, какъ зернисто-кристаллическая и порфировая съ ихъ разновидностями, могутъ отно-

<sup>1)</sup>  $P = \frac{(\gamma - \delta) 100}{\gamma}$ , гдѣ  $\gamma$  — удѣльный вѣсъ горной породы, взятой въ порошокъ, а  $\delta$  — уд. вѣсъ горной породы вмѣстѣ съ ея порамя.

ситься, очевидно, въ различныхъ изъ указанныхъ типовъ; такъ среди гранитовъ можно различать породы типовъ дисперго, симплексъ и базальнаго; среди породъ порфировой структуры, относящейся вообще къ базальному типу, можно различать въ самой основной массѣ, типы какъ синдетикъ, такъ и симплексъ.

Очевидно, что качества породъ, какъ строительныхъ матеріаловъ, при развитіи типовъ симплексъ, синдетикъ и базальнаго зависятъ преимущественно отъ качествъ того вещества, которое своимъ расположеніемъ и опредѣляетъ эти типы. Даже при значительномъ вывѣтриваніи тѣхъ составныхъ частей, которыя не представляютъ связи между собою, такія породы могутъ обнаруживать достаточную прочность; наоборотъ, при вывѣтриваніи именно той составной части, которая играетъ роль связывающаго вещества, порода будетъ разсыпаться. Породы типа дисперго могутъ быть прочными только при полной свѣжести всѣхъ составныхъ частей; поврежденіе одной влечетъ уже ослабленіе связи между всѣми остальными.

Послѣ осмотра породы въ карьерѣ для оцѣнки возможнаго вліянія отдѣльности породы на ея техническія качества, необходимо подвергнуть породу изслѣдованію въ отдѣльныхъ образцахъ. Если порода грубозерниста, то степень свѣжести полевыхъ шпатовъ, количество и расположение кварца, оказывающія наибольшее вліяніе на сопротивленіе породы вывѣтриванію, можно оцѣнить простымъ глазомъ или при помощи лупы. Если полевые шпаты въ изломѣ совершенно блестящи, то порода даже при маломъ содержаніи кварца можетъ быть признана хорошимъ матеріаломъ.

Увеличеніе содержанія кварца, въ особенности при расположеніи его зеренъ по типу симплексъ, уменьшеніе содержанія біотита, отсутствіе сѣрнаго колчедана и плотное сложеніе повышаютъ качество породы. Матовый или мутный видъ поверхностей излома полевыхъ шпатовъ, при достаточномъ содержаніи кварца, отнюдь не можетъ еще служить признакомъ, достаточнымъ для забраковки такого гранита; даже такіе полевые шпаты обнаруживаютъ еще значительную твердость, съ трудомъ воспринимаемая впечатлѣнія отъ стальной иглы. Качества породы понижаются, если кварца въ породѣ меньше, полевые шпаты становятся все болѣе мягкими, а количество біотита и сѣрнаго колчедана возрастаетъ. Граниты съ малымъ содержаніемъ кварца и очень мутнымъ и мягкимъ полевымъ шпатомъ должны быть признаваемы за очень плохіе матеріалы. Изслѣдованіе подъ микроскопомъ позволитъ сдѣлать оцѣнку матеріала еще детальнѣе.

Все изложенное здѣсь относительно техническихъ свойствъ гранитовъ можетъ быть приложено и къ другимъ породамъ зернисто-кристаллической структуры, какъ сіенитъ, діоритъ, діабазъ, габбро и друг. Инженеры должны быть знакомы съ элементарнымъ минералогическимъ составомъ этихъ породъ; напомнимъ, что всѣ эти породы вовсе не содержатъ кварца, за немногими исключеніями, и техническія свойства ихъ зависятъ главнымъ образомъ отъ типа расположенія кристалловъ или полевого шпата, или окрашеннаго бисиликата (роговая обманка, авгитъ, діаллагонъ и друг.) и отъ развитія катакластической формы сложенія. Далѣе необходимо оцѣнить степень измѣненія минераловъ, вліяніе сѣрнаго колчедана (особенно здѣсь вреднаго вслѣдствіе преобладающаго развитія плагіоклазовъ, т. е. известково-натровыхъ полевыхъ шпатовъ). При преобладающемъ развитіи окрашенныхъ минераловъ, какъ роговая обманка (въ діоритахъ) и авгитъ (въ діабазяхъ), даже нѣкоторая степень ихъ измѣненія мало вліяетъ на высокую степень устойчивости такихъ породъ вывѣтриванію.

Относительно кристаллическихъ сланцевъ, какъ гнейсъ, слюдяный сланецъ, роговообманковый сланецъ, необходимо помнить, что сланцеватое строеніе этихъ породъ способствуетъ, параллельнымъ расположеніемъ поръ, болѣе легкому пропитыванію ихъ водою (подобно тому, какъ это замѣчается и на слоистыхъ осадочныхъ горныхъ породахъ) и слѣдовательно ослабляетъ ихъ сопротивленіе вывѣтриванію. Чѣмъ развитѣе сланцеватое сложеніе, чѣмъ больше въ породахъ слюды, тѣмъ слабѣе такія породы сравнительно съ массивно-кристаллическими однороднаго минералогическаго состава. Замѣщеніе слюды роговой обманкой отражается вообще благопріятно, и роговообманковые сланцы часто представляютъ высокосортные матеріалы. Развитие кварца въ формѣ плотныхъ грубокристаллическихъ скопленій повышаетъ качества породы, а развитіе его въ формѣ тонкозернистыхъ разсѣянныхъ агрегатовъ — понижаетъ.

Скопленіе слюды въ формѣ обособленныхъ полосокъ, равномерно распределенныхъ, значительно понижаетъ сопротивленіе породы вывѣтриванію, наоборотъ такое же развитіе кварцевыхъ агрегатовъ повышаетъ, даже при значительномъ содержаніи полевыхъ шпатовъ.

Попробуемъ теперь примѣнить эти общія соображенія къ сравнительной оцѣнкѣ различныхъ гранитовъ, примѣняемыхъ, напр., на Амурской желѣзной дорогѣ<sup>1)</sup>, и одного изъ гранитовъ Петербурга.

<sup>1)</sup> Мѣстонахожденія этихъ породъ показаны по свѣдѣніямъ, доставленнымъ Управ. Амурской жел. дороги. Только немногія мѣста могутъ быть приурочены къ даннымъ,

Фиг. 1, табл. I. Гранитъ изъ карьера станціи Корфовской уссурійской жел. дороги, въ 37 верстахъ отъ Хабаровска. Служить матеріаломъ для облицовки опоръ моста черезъ р. Амуръ и тоннеля на 446 верстѣ.

Мелкозернистая, очень равномернаго зерна, порода сѣровато-бѣлаго цвѣта представляетъ біотитово-роговообманковый гранитъ. Полевые шпаты представлены почти исключительно ортоклазомъ, зерна и кристаллы котораго обычно крупнѣе, чѣмъ рѣдкіе кристаллы плагиоклаза. Кварца сравнительно немного, а біотита и роговой обманки можно принять до 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—12<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. По структурѣ порода относится къ типу съ разрозненными группами зеренъ кварца, слѣдовательно скорѣе всего къ типу дисперго гранитовъ, бѣдныхъ кварцемъ. На кристаллахъ полевыхъ шпатовъ замѣтны слѣды катаклаза. Полевые шпаты трещиноваты и обваруживаютъ въ серединѣ довольно замѣтное помутнѣніе и часто серицитизацію; наоборотъ по краямъ кристаллы совершенно свѣжи, также какъ не замѣчается никакихъ измѣненій вдоль трещинъ. Изъ второстепенныхъ примѣсей можно отмѣтить довольно рѣдкія зерна магнитнаго желѣзняка.

Породу нельзя отнести къ лучшимъ изъ гранитовъ, но во всякомъ случаѣ къ числу высокихъ сортовъ, вполне сопротивляющихся вывѣтриванію и вѣроятно съ высокимъ коэффициентомъ временнаго сопротивленія раздробленію (свѣдѣній не доставлено).

Фиг. 2, табл. I. Порода изъ карьера для тоннеля на 95 верстѣ, въ 12 верстахъ отъ тоннеля въ верховьяхъ р. Урина.

Среднезернистая, свѣтло-сѣраго цвѣта, порода представляетъ біотитовый гранитъ. Біотита и рѣдкихъ зеренъ авгита не болѣе 5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, а кварца значительно больше, чѣмъ въ породѣ № 1. Кварцъ образуетъ тоже непрерывныя срастанія, окружающія другія составныя части; слѣдовательно, типъ структуры приближается къ симплексу, частью катаклатическій съ переходомъ въ Mörtelstruktur. Химическихъ измѣненій полевыхъ шпатовъ почти не замѣтно вовсе.

Сравнительно съ породой № 1 признакомъ, понижающимъ качество, является только большая крупность зерна, но увеличеніе содержанія кварца, пониженіе содержанія біотита и еще большая свѣжесть полевыхъ шпатовъ служатъ признаками высокаго качества породы. Временное сопротивленіе раздробленію составляетъ 500 пудовъ на кв. дюймъ,

---

приводимымъ Анертонъ, Горно-геолог. изслѣд. вдоль восточной половинны линіи Амурской жел. дор. въ 1895 г. Геол. изсл. и разв. раб. по линіи Сибирской жел. дороги. Вып. XXVI, 1910.

т. е. какъ въ лучшихъ сортахъ Гангеудскаго гранита, выборгскаго среднезернистаго и сердобольскаго среднезернистаго. Этотъ гранитъ значительно уступаетъ по прочности граниту, которымъ воспользовались, напримѣръ, для облицовки опоръ черезъ р. Енисей; временное сопротивленіе раздробленію этого гранита достигаетъ до 826 пудовъ на кв. дюймъ. Нужно замѣтить встать, что эти послѣдніе граниты, даже взятые изъ однихъ и тѣхъ же карьеровъ, даютъ колебанія временнаго сопротивленія между 569 пуд. и 826 пуд., а для того же гранита другихъ карьеровъ (напримѣръ, на правомъ берегу Енисея) временное сопротивленіе понижается до 362 пуд. <sup>1)</sup>.

Фиг. 4, табл. II. Порода карьера для тоннеля на 184 верстѣ.

Порода представляетъ крупнозернистый біотитовый гранитъ съ порфировидными выдѣленіями микроклина и шпировыми (пятнистыми) стяженіями біотита. Типъ структуры базальный, съ относительно малымъ содержаніемъ кварца; признаки Mörtelstruktur довольно отчетливы. Помутнѣніе и разрушеніе микроклина видны отчетливо въ лупу, причемъ такое вывѣтриваніе обнаруживается не только въ серединѣ кристалловъ, но и съ периферіи ихъ; это обнаруживается уже и легкимъ глинистымъ запахомъ свѣжихъ изломовъ породы. Порода представляетъ матеріалъ, значительно худшій по сравненію съ гранитами № 1 и № 2, но очень красивый въ мелкой тескѣ. Въ отношеніи сопротивленія вывѣтриванію порода представляетъ вполне достаточную устойчивость.

Фиг. 5, табл. II. Порода карьера въ 1 верстѣ отъ линіи между разъѣздомъ Кондолийскъ и дер. Котономъ. Порода образуетъ сопку до 15 саж. безъ крупныхъ обрывовъ и требуетъ вскрыши на 1½ арш.

Порода среднезернистая, съ порфировидными выдѣленіями полевыхъ шпатовъ (ортоклаза и плагиоклаза), представляетъ біотитово-роговообмановый гранитъ, похожій на гранитъ № 1, но рѣзко отличающійся значительнымъ повышеніемъ количества біотита (до 20% и болѣе), что замѣтно понижаетъ степень сдѣлленія между составными частями. Подъ микроскопомъ отчетливо видно измѣненіе полевыхъ шпатовъ, прогрессирующее отъ краевъ къ серединѣ. Глинистый запахъ еще сильнѣе, чѣмъ въ № 4.

Временное сопротивленіе раздробленію должно быть значительно меньше, чѣмъ для породъ № 1, 2, 4; въ отношеніи устойчивости вывѣтриванію порода также менѣе надежна, чѣмъ эти.

<sup>1)</sup> Эти данныя взяты изъ матеріаловъ лабораторіи по испытанію строительныхъ матеріаловъ при постройкѣ Средне-Сибирской жел. дороги (1893—1894 г.г.).

Фиг. 6, табл. III. Порода карьера р. Никита, въ 2 верстахъ отъ главной линіи на 248 верстѣ.

Порода представляетъ мелкозернистый, сильно слюдистый, біотитовый гранитъ почти темно-сѣраго цвѣта. Біотита не менѣе 10%—15%, кварца сравнительно мало. Плотное мелкозернистое сложеніе породы и очень слабое измѣненіе полевыхъ шпатовъ только въ серединѣ кристалловъ дѣлаютъ породу вполне хорошимъ строительнымъ матеріаломъ. Структура съ разбѣаннымъ распредѣленіемъ составныхъ частей, по типу дисперго.

Временное сопротивленіе раздробленію составляетъ 388 пудовъ на квадр. дюймъ.

Фиг. 6<sup>B</sup>, табл. III. Порода карьера на пикетѣ 62, 245 версты 4 участка Амурской жел. дороги.

Порода представляетъ біотитовый среднезернистый гранитъ, отличающійся отъ № 6 меньшимъ количествомъ біотита (не болѣе 10%) и значительно большимъ количествомъ кварца, въ расположеніи котораго можно замѣтить стремленіе къ расположенію по типу симплексы. Замѣтно также микропегматитовое срастаніе. Полевые шпаты болѣе или менѣе свѣжи.

Несмотря на болѣе грубое зерно, сравнительно съ породой № 6, этотъ гранитъ долженъ быть отнесенъ къ числу высочесортныхъ строительныхъ матеріаловъ.

Временное сопротивленіе раздробленію составляетъ 460 пудовъ на кв. дюймъ.

Фиг. 7, табл. IV. Порода карьера на пикетѣ 61, версты 244 главной линіи, 4 участка восточной части Амурской желѣзной дороги.

Порода представляетъ темно-сѣрый среднезернистый біотитовый гранитъ, исключительно плагиоклазовый, съ очень малымъ содержаніемъ кварца и очень значительнымъ біотита (не менѣе 20%) и частью роговой обманки. Структура развитая катакlastическая. Полевые шпаты измѣнены отъ периферіи къ серединѣ; вторичныя выдѣленія кальцита (очевидно, на счетъ измѣненія известково-натроваго плагиоклаза) окрашены въ бурый цвѣтъ окислами желѣза.

Развитіе катаклаза и минералогическій составъ заставляютъ признать породу болѣе слабой, чѣмъ породы № 6. Дѣйствительно, временное сопротивленіе раздробленію составляетъ только 275 пудовъ на кв. дюймъ.

Фиг. 8, табл. IV. Порода карьера около устья р. Каменушки, на 217 верстѣ 4 участка восточной части Амурской желѣзной дороги.

Мелкозернистая, темносѣрая порода представляетъ біотитово-рогово-обманковый гранитъ, очень близкій къ № 7, но болѣе мелкаго и однороднаго зерна. Количество кварца значительно больше, чѣмъ въ № 7, и зерна кварца почти сливаются въ непрерывную сѣть полосокъ (типъ симплексы); замѣчается легкое стремленіе къ сланцеватому расположенію элементовъ породы; полевые шпаты (плагіоклазы) совершенно свѣжіе.

Высокосортный строительный матеріалъ, съ временнымъ сопротивленіемъ раздробленію 438 пудовъ на кв. дюймъ.

Фиг. 11, табл. V. Порода урильскаго карьера, на 4 верстѣ выше перехода линіи черезъ р. Уриль на правой сторонѣ рѣки.

Порода мелкозернистая, свѣтло-сѣраго цвѣта, представляетъ біотитовый гранитъ съ значительнымъ количествомъ кварца. По структурѣ относится къ сильно развитому типу катакластическому, причемъ раздробленію подверглись всѣ составныя части.

Судя по образцу, можно думать, что въ карьерѣ должна обнаруживаться развитая тонкая плитняковая, частью даже скорлуповатая, отдѣльность. При пользованіи такой породой необходимо очищать камни отъ частей съ тонкой плитняковой отдѣльностью. Въ отдѣльныхъ пробахъ порода должна представлять матеріалъ сравнительно слабого временнаго сопротивленія раздробленію, но достаточно высокой устойчивости къ вывѣтриванію.

Фиг. 13, табл. V. Порода карьера рѣкъ малый и большой Домиканъ (развилы).

Среднезернистый біотитовый гранитъ, съ порфировидными выдѣленіями полевого шпата. По структурѣ и минералогическому характеру гранитъ близокъ къ породѣ № 11; катакластическая структура переходитъ въ Mörtelstruktur. Полевой шпатъ уже при осмотрѣ простымъ глазомъ обнаруживаетъ помутнѣніе и измѣненіе цвѣта.

Какъ строительный матеріалъ, порода должна быть еще слабѣе по сравненію съ № 11.

Табл. VI. Гранитъ финляндскій изъ каменоломень Кавансари, между Выборгомъ и Антреа.

Граниты этихъ мѣсторожденій распространены довольно широко въ постройкахъ Петербурга; между прочимъ изъ этого гранита сдѣлана облицовка дома Азовско-Донскаго банка на Морской ул. и часть облицовки зданія Геолог. Комитета, на Вас. о-вѣ по Среднему проспекту.

Гранитъ сѣраго цвѣта съ порфировидными выдѣленіями плагиоклаза и мѣстами съ отчетливо выраженнымъ стремленіемъ къ параллельному расположенію его кристалловъ. При болѣе значительномъ развитіи ортоклаза, красноватаго цвѣта, гранитъ принимаетъ слабо красноватой оттѣнковъ. Подъ микроскопомъ можно видѣть, что это расположеніе не есть результатъ какихъ либо динамическихъ причинъ, такъ какъ кристаллы полевыхъ шпатовъ не обнаруживаютъ никакихъ явленій раздробленія и изогнутія (катаклаза); слѣдовательно, гранитъ нельзя назвать гнейсовиднымъ, а такое расположеніе есть слѣдствіе движенія всей массы породы еще въ расплавленномъ состояніи, т. е. проявленіе частью флюидальнаго сложенія. Въ породѣ очень распространены также явленія шлироваго сложенія, т. е. появленіе въ породѣ участковъ, отличающихся отъ окружающей массы скопленіемъ темно-окрашенныхъ минераловъ, біотита въ данномъ случаѣ, и нѣсколько иной структурой, болѣе мелкозернистой въ этомъ случаѣ. Такія пятна, откуда и происходитъ названіе шпиръ, являются слѣдствіемъ нѣсколько измѣненныхъ условий кристаллизаціи, подъ вліяніемъ мѣстнаго ускореннаго насыщенія расплавленного вещества какими-нибудь элементами, обычно болѣе основными, или подъ вліяніемъ вплавленія и переплавленія въ массѣ породы частей какой нибудь другой породы. Послѣднее, повидимому, имѣло мѣсто въ данномъ случаѣ, такъ какъ граниты между Выборгомъ и Антреа постепенно захватывали части осадочныхъ породъ, вызвавъ дальше къ востоку, напр., около Иматры широко распространенное явленіе образованія особыхъ породъ гнейсового облика, которымъ даютъ теперь названіе мигматитовъ. Возможно также, что и рассматриваемый гранитъ представляетъ не что иное, какъ высшую степень переплавленія другихъ породъ, при ихъ региональномъ метаморфизмѣ, т. е. слѣдствіе такъ называемаго палингенезиса, и эта порфировидно-флюидальная структура есть только одинъ изъ случаевъ палингенетической, т. е. вторичной изверженной структуры.

Включенія и шпиръ, какіе замѣчаются на этомъ гранитѣ, нѣсколько портятъ видъ полированныхъ поверхностей гранита, но конечно, не имѣютъ никакого вреднаго вліянія на прочность камней, такъ какъ представляютъ участки, постепенно слизающіеся съ окружающей массой; въ случаѣ болѣе рѣзкихъ границъ между массой породы и такими пятнами или ихъ особенной структурой, такіе шпиръ могутъ быть и нежелательными, напр., при пользованіи такими камнями для облицовки ледорѣзовъ на мостовыхъ устояхъ или для подферменныхъ камней.

Гранитъ Кавансари отличается большой свѣжестью; кристаллы плагиоклаза имѣютъ почти стеклянный блескъ. При вывѣтриваніи плагиоклазы становятся бѣлыми, но въ особенности слюды теряютъ свой блескъ и становятся изъ черной болѣе зеленоватой.

Въ отношеніи техническомъ структура гранита должна быть названа скорѣе всего синдетикъ, такъ какъ зернистая масса изъ кварца и слюды связываетъ параллельно расположенные, но не сливающіеся между-собою, кристаллы полевыхъ шпатовъ. Эта структура при значительномъ количествѣ кварца обуславливаетъ, не смотря на среднезернистость, даже мѣстами крупнозернистость породы, довольно высокое временное сопротивленіе раздробленію именно около 480 пуд. на 1 кв. д. Это сопротивленіе должно быть еще больше для частей породы, гдѣ кристаллы полевыхъ шпатовъ дадутъ своимъ расположеніемъ типъ симплекса.

Въ отношеніи сопротивленія вывѣтриванію этотъ гранитъ стоитъ неизмѣримо выше, чѣмъ гранитъ рапакиви, такъ какъ именно полевые шпаты въ немъ отличаются большой устойчивостью, а нѣкоторое измѣненіе слюды, видимое уже въ камняхъ, взятыхъ изъ карьеровъ, никакого вреднаго вліянія не можетъ имѣть.

### Кварцевые порфиры.

Кварцевыми порфирами (табл. VII и VIII) называютъ изверженныя горныя породы, близкія по химическому и минералогическому характеру къ гранитамъ, но представляющія, подобно всѣмъ породамъ порфировой структуры, двѣ части, свидѣтельствующія о двухъ фазахъ остыванія изверженной массы. Одну часть породы составляетъ основная масса, которая можетъ имѣть различное строеніе, а другую часть—вкрапленники, разсѣянные въ этой основной массѣ и представляющіе или крупныя кристаллы, или кристаллическія зерна.

Основная масса можетъ быть или зернисто-кристаллическаго строенія (микрогранитовая), или скрыто-кристаллическаго (фельзитовая <sup>1)</sup>), или даже стекловатого (витрофировая). Въ формѣ вкрапленниковъ появляются: кварцъ, полевые шпаты и слюды, рѣже другіе желѣзисто-магnezіальные минералы, какъ роговая обманка и пироксенъ.

<sup>1)</sup> Фельзитовымъ строеніемъ называютъ, если подъ {микроскопомъ видно, что вещество дѣйствуетъ на поляризованный свѣтъ, но отдѣльныхъ минераловъ нельзя различить.

Кварцевые порфиры, подобно тому какъ и другіе порфиры, представляютъ вообще превосходные строительные матеріалы, если ихъ составныя части совершенно свѣжи, поэтому при оцѣнкѣ ихъ необходимо прежде всего изслѣдованіе естественныхъ условій ихъ нахожденія для опредѣленія степени вывѣтрѣлости породы и характера отдѣльности.

Что касается вліянія отдѣльности, то здѣсь можно повторить все сказанное по поводу гранитовъ. Устойчивость въ отношеніи вывѣтриванія зависитъ для порфировыхъ породъ преимущественно отъ качествъ основной массы, опредѣляющей общій базальный типъ строенія породы; слѣдовательно необходимо прежде всего изучить строеніе этой массы и степень ея измѣненія. Породы съ микрогранитовой, фельзитовой и витрофировой основной массой представляютъ неодинаковыя условія для вывѣтриванія.

Порфиры съ микрогранитовой основной массой тѣмъ устойчивѣе, чѣмъ больше въ ней кварца; даже при значительной степени измѣненія полевыхъ шпатовъ такія породы могутъ быть высокосортными строительными матеріалами. Сказанное о различныхъ формахъ измѣненія полевыхъ шпатовъ въ гранитахъ приложимо и при оцѣнкѣ кварцевыхъ порфировъ. При измѣненіи кварцевыхъ порфировъ нерѣдко замѣчается вторичное отложеніе кварца въ основной массѣ (окремнѣніе или силификація); такое отложеніе можетъ значительно увеличить твердость и устойчивость породы. Въ особенности часто это явленіе наблюдается въ порфирахъ съ фельзитовой основной массой, и такіе порфиры съ такъ называемой роговиковой основной массой представляютъ прекрасный строительный матеріалъ. Чѣмъ больше въ основной массѣ проявляется стекловатаго вещества, тѣмъ твердость и устойчивость породы становятся слабѣе; можно замѣтить, что стекловатаго вещества обычно тѣмъ больше, чѣмъ больше въ породѣ желѣза, напр., въ андезитахъ и базальтахъ.

Вліяніе разрушенія вкрапленниковъ, если основная масса достаточно устойчива и тверда, незначительно; оно тѣмъ вреднѣе, чѣмъ больше такихъ вкрапленниковъ и чѣмъ порода грубѣе зерномъ.

Степень разрушенія какъ основной массы, такъ и вкрапленниковъ, и строеніе основной массы опредѣляютъ пористость порфировъ и поглощеніе ими воды. Въ свѣжихъ разностяхъ коэфф. пористости  $P=3\%—10\%$ , а поглощеніе воды колеблется между  $0,9\%$  и  $3,5\%$  по вѣсу (при обыкновенномъ давленіи). При значительномъ вывѣтриваніи порфировъ эти числа сильно возрастаютъ.

Вообще можно замѣтить, что вкрапленники разрушаются сильнѣе

основной массы въ породахъ съ очень плотной, окремнѣлой основной массой. Обратный случай имѣеть мѣсто при основной массѣ, очень бѣдной кварцемъ и богатой полевымъ шпатомъ. Въ случаѣ микрогранитовой основной массы, не обнаруживающей признаковъ окремнѣнія, часто степень вывѣтриванія вкрапленниковъ и основной массы оказывается одинаковой. Вліяніе сѣрнаго колчедана такое же, какъ и въ породахъ гранитовыхъ. Степень окремнѣнія основной массы легко опредѣляется сравнительной пробой на твердость иглой породы сухой и породы, подвергнутой продолжительному насыщенію водой.

Какъ примѣрами, воспользуемся опять нѣкоторыми породами съ линіи Амурской желѣзной дороги.

Фиг. 9, табл. VII. Порода для тоннеля на 155 верстѣ, изъ карьера противъ пикета на 157 верстѣ главной линіи.

Свѣтлосѣраго цвѣта, плотнаго, однороднаго строенія порода представляетъ кварцевый порфиръ съ основной массой почти раковистаго излома и вкрапленниками полевого шпата, замѣтно вывѣтрѣлыми. Основная масса фельзитовая, частью флюидальнаго сложенія, богатая кварцемъ; вкрапленники представлены ортоклазомъ и плагиоклазомъ, зернами кварца и рѣдкими зернами роговой обманки. Вкрапленники полевыхъ шпатовъ частью замѣщены мусковитомъ и кальцитомъ.

Порода представляетъ высокосортный матеріалъ съ временнымъ сопротивленіемъ раздробленію въ 450 пуд. на кв. дюймъ.

Фиг. 10, табл. VIII. Порода карьера на 71 пикетѣ, версты 100—102 главной линіи восточной части Амурской желѣзной дороги (2 уч., II дистанція).

Кварцевый порфиръ по наружному виду похожій на породу № 9. Вкрапленники крупнѣе, чѣмъ въ породѣ № 9, и при мелкой тескѣ выкрашиваются, давая пористую и шероховатую поверхность, благопріятную для дальнѣйшаго измѣненія породы. При осмотрѣ уже подъ лупой замѣтна нѣкоторая степень вывѣтриванія именно основной массы. Подъ микроскопомъ видно, что основная масса менѣе кварцевая, чѣмъ въ № 9, хотя и фельзитовая, но значительно измѣненная (пелитизированная, т. е. полевошпатовое вещество превращено въ глинистое). Среди вкрапленниковъ больше кварца, чѣмъ въ № 9, а полевые шпаты болѣе свѣжіе.

Порода должна быть менѣе твердой и менѣе устойчивой, чѣмъ № 9; дѣйствительно, временное сопротивленіе раздробленію составляетъ только 300 пудовъ на кв. дюймъ.

Фиг. 15, табл. VIII. Порода карьера на общественной землѣ дер. Черниговки, противъ 12 версты главной линіи.

Микроскопически порода представляет однородную плотную массу черного цвѣта съ раковистымъ изломомъ и развитой плитняковой отдѣльностью.

Подъ микроскопомъ видно, что порода представляет фельзитовую массу, отчасти обломочнаго характера, такъ какъ рѣдкіе кристаллы полевого шпата находятся часто въ формѣ обломковъ. Черный цвѣтъ обусловленъ обильными выдѣленіями тонкихъ зеренъ магнитнаго желѣзняка, располагающихся полосами. Выдѣленія вторичнаго кварцита образуютъ гнѣзда и тонкіе прожилки; мѣстами появляется вторичный мусковитъ. Порода относится къ группѣ кварцевыхъ порфировъ, но отчасти туфоваго характера.

Судя по степени окремнѣнія породы, можно думать, что она представляетъ значительную прочность, но ослабляемую развитой отдѣльностью. Последняя заставляетъ высказаться противъ примѣненія этой породы для какихъ-либо сооружений, подвергающихся періодическому смачиванію и осушенію или обмерзанію.

### Андезиты и базальты.

Андезитами называютъ изверженныя вулканическія, т. е. излившіяся на поверхность породы, которыя сложены существенно изъ плагіоклаза и какихъ-нибудь желѣзисто-магнезіальныхъ (окрашенныхъ) силикатовъ; второстепенными составными частями могутъ быть кварцъ, апатитъ, магнетитъ, санидинъ и друг. Структура андезитовъ обычно порфировая, но въ различныхъ видоизмѣненіяхъ. По характеру окрашенныхъ силикатовъ различаютъ андезиты: слюдяный, роговообманковый, авгитовый, гиперстеновый.

Такъ какъ структура андезитовъ порфировая, т. е. существенно базальная, то при технической оцѣнкѣ приходится прежде всего обращать вниманіе на качества основной массы. Можно различить для основной массы этихъ породъ нѣсколько типовъ:

1. Основная масса равномерно кристаллически-зернистая безъ остатковъ стекловатаго вещества (грахитовая структура).
2. Основная масса изъ микроскопически малыхъ кристалловъ (микролитовъ) съ остатками стекловатаго базиса (пилотакситовая).
3. Основная масса преимущественно крупныхъ кристалловъ, между которыми распределены болѣе или менѣе значительныя части стекловатаго вещества (интерсертальная).
4. Основная масса преимущественно стекловатая (гіалопилитовая и микролитовая).

Можно было бы указать еще и другія разновидности структуры андезитовъ, въ зависимости отъ того, приближаются ли андезиты къ группѣ болѣе кислыхъ (трахитовыхъ) породъ или къ группѣ болѣе основныхъ (базальтовыхъ). Съ послѣдними имѣютъ наибольшее сходство именно авгитовые андезиты, для структуры которыхъ можно приложить тѣ же подраздѣленія, что и для базальтовъ.

Для послѣднихъ и авгитовыхъ андезитовъ независимо отъ той или иной структуры, различаемой въ петрографіи, слѣдуетъ обратить преимущественное вниманіе на способъ расположенія кристалловъ полевого шпата или авгита и на количественное отношеніе кристаллическихъ элементовъ и стекловатаго вещества. Интерсертальная структура (фиг. 16, табл. XI) соответствуетъ именно типу симплексъ расположенія кристалловъ полевого шпата; но такимъ же можетъ быть и расположеніе кристалловъ авгита. Также зерна авгита и плагіоклаза (фиг. 3, табл. X) могутъ быть только разсѣяны въ массѣ породы безъ всякой связи (дисперго); наконецъ, зерна авгита или плагіоклаза могутъ играть роль связывающаго вещества (синдетикъ) между другими составными частями. Конечно, эти различные типы строенія оказываютъ въ этихъ породахъ вліяніе на ихъ прочность только при маломъ количествѣ стекловатаго базиса; при его значительномъ количествѣ свойства породы зависятъ преимущественно отъ этого вещества. Часто замѣчаемое въ андезитахъ (также и въ базальтахъ) флюидалное расположеніе микролитовъ способствуетъ развитію тонкой плитняковой отдѣльности, а при вывѣтриваніи способствуетъ разлистыванію породы. При значительномъ преобладаніи стекловатаго базиса въ основной массѣ андезитовъ (также базальтовъ), породы обнаруживаютъ столь развитую трещиноватость, видимую уже въ естественныхъ обнаженіяхъ, что породы становятся совершенно непригодными для какихъ-нибудь строительныхъ цѣлей. Лучшими въ строительномъ отношеніи изъ андезитовъ являются породы съ интерсертальной и съ трахитовой структурами основной массы (то же самое для базальтовъ). Разновидности съ другими структурами, обусловливаемыми болѣе значительнымъ развитіемъ стекловатаго вещества, относятся къ числу плохихъ строительныхъ матеріаловъ, въ особенности для всѣхъ сооружений въ водѣ. Среди базальтовъ значительно больше высокосортныхъ строительныхъ матеріаловъ, чѣмъ среди андезитовъ.

Степень пористости андезитовъ зависитъ также отъ состоянія основной массы; обычно эти породы совершенно непригодны для гидротехническихъ сооружений.

Фиг. 3, табл. IX. Карьеръ на 25 верстѣ Пашковской временки.

Темно-сѣрая, почти чернаго цвѣта порода представляетъ авгитовый андезитъ съ развитой тонкой плитняковой отдѣльностью; въ отдѣльныхъ кускахъ изломъ породы гладкій, почти раковистый, на которомъ отчетливо видны мелкіе вкрапленники бѣлыхъ полевыхъ шпатовъ.

Подъ микроскопомъ видно, что основная масса, богатая стекловатымъ веществомъ, имѣетъ микролитовую структуру съ слабымъ флюидальнымъ расположеніемъ. Вкрапленники плагіоклаза и авгита разсѣяны въ этой основной массѣ. Всѣ составныя части отличаются свѣжестью.

Составъ и структура породы показываютъ, что въ отношеніи химическаго вывѣтриванія порода отличается значительной устойчивостью, но стекловатое развитіе основной массы, при тонкой плитняковой отдѣльности, дѣлаетъ породу слабой для механическаго вывѣтриванія, несмотря на плотность породы и отсутствіе поръ.

Фиг. 14, табл. IX. Породы карьера горы Богучанъ въ 1½ верстѣ отъ 50-ой версты главной линіи.

Темно-сѣрая, почти чернаго цвѣта, плотная порода представляетъ авгитовый андезитъ съ количествомъ стекловатаго вещества, значительно меньшимъ, чѣмъ въ породѣ № 3, и почти интерсертальнымъ расположеніемъ кристалловъ плагіоклаза; кристаллы и зерна авгита разсѣяны среди такой сѣти (типа симплексы) изъ кристалловъ плагіоклаза. Основная масса, распределенная въ петляхъ сѣти изъ плагіоклаза, имѣетъ микролитовую структуру. Зерна авгита часто разрушены, что обуславливаетъ довольно значительную пористость породы, по крайней мѣрѣ съ поверхности. Трещиноватость породы замѣтна уже при разсматриваніи породы при помощи лупы; подъ микроскопомъ видно, что болѣе крупныя вкрапленники, въ особенности авгита, подверглись разлому, вѣроятно, при передвиженіи еще не остывшаго вещества. По внѣшнему виду и строенію порода приближается къ полевошпатовымъ базальтамъ.

Порода, вѣроятно, болѣе высокаго сопротивленія раздробленію, чѣмъ порода № 3, но вслѣдствіе трещиноватости и пористости мало пригодная для облицовки крупныхъ сооружений.

Фиг. 16, табл. X. Породы карьера Гушковской сопки, близъ рѣки Архары; назначеніе для искусственныхъ сооружений 1-го участка Амурской желѣзной дороги.

Темно-сѣрая порода, съ поверхности шероховатая (трахитоваго облика) представляетъ авгитовый андезитъ интерсертальной структуры изъ довольно крупныхъ кристалловъ плагіоклаза, съ зажатými между ними зернами авгита и остатками стекловатой массы микролитоваго

типа. Порода грубо пористая съ поверхности отъ выкрашиванія зеренъ авгита; слѣдовъ химическаго измѣненія составныхъ частей незамѣтно, хотя на поверхности полевые шпаты помутнѣли. Значительная примѣсь зеренъ магнитнаго желѣзняка. Трещиноватости въ образцѣ не видно.

Сравнительно съ породами №№ 3 и 14 представляетъ болѣе устойчивый матеріалъ, который не слѣдуетъ тѣмъ не менѣе примѣнять для смачиваемыхъ водою частей сооружений.

Фиг. 51, табл. X. Базальтъ съ р. Рубахиной около Нижнеудинска.

Порода съ отчетливо развитой пластовой отдѣльностью. Строеніе породы зернисто-офитовое, т. е. кристаллы плагіоклаза образуютъ сѣтку по типу симплекса, а свободныя пространства петель заполнены зернами и кристаллами авгита, съ очень рѣдкими зернами оливина. Крупными выдѣленіями появляется также магнитный желѣзнякъ. Стекловатаго вещества нѣтъ совершенно.

Авгитъ частью измѣненъ въ зеленое волокнистое хлоритовое вещество. Рѣдкіе листочки біотита помутнѣли отъ выдѣленія вторичнаго магнитнаго желѣзняка.

Базальты этой части Сибири извѣстны подъ общимъ названіемъ трапповъ; эти породы очень распространены вдоль средне-сибирской желѣзной дороги отъ Красноярска до Нижнеудинска, но техническія качества этихъ породъ очень измѣнчивы не только для различныхъ мѣсто-нахожденій, но нерѣдко и для одного и того же карьера, причемъ техническая пригодность породы зависитъ отъ степени ея зернистости, характера отдѣльности и степени вывѣтриванія. Наиболѣе пригодными являются тонко- и среднезернистыя разности; крупнозернистыя легче вывѣтриваются. Породы, разбитыя шаровой и столбчатой отдѣльностями, мало пригодны для строительныхъ цѣлей, шаровая отдѣльность ведетъ къ быстрому разрушенію породы въ дресву; столбчатая, хотя и не вызываетъ такого полнаго разрушенія породы, но раздробляетъ ее настолько сильно, что камни, въ отдѣльныхъ кускахъ высокаго временнаго сопротивленія раздробленію, вовсе не могутъ быть получены крупными штуками. Напротивъ того, при развитой пластовой отдѣльности, которая хотя и является то тонкой, то толстой, порода можетъ дать камни любой величины.

Разности средне- и мелкозернистыя, вслѣдствіе малой пористости, сопротивляются превосходно механическому вывѣтриванію; стойкость породы достаточно обнаруживается характеромъ ея выходовъ, которые обыкновенно представляются утесами. Не въ такой степени эта порода устой-

чива противъ химическаго вывѣтриванія; часто можно видѣть, что порода въ нормальномъ ея видѣ почти чернаго цвѣта, съ поверхности покрыта слабой, легко отпадающей коркой бураго цвѣта; въ другихъ случаяхъ такое разрушеніе породы, проявляющееся вообще появленіемъ бурой окраски, нерѣдко глубоко проникаетъ въ тѣло породы, слѣдуя по трещинамъ отдѣльности. Такой процессъ разрушенія породы зависитъ главнѣйше отъ обилія оливина, легко измѣняющагося въ змѣвиковое вещество и водные окислы желѣза.

Порода съ р. Рубахиной относится какъ разъ къ среднезернистой разности сибирскихъ трапшовъ, съ малымъ содержаніемъ оливина и съ преобладающей пластовой отдѣльностью; эта разновидность базальта вполне пригодна для облицовки ледорѣзовъ, подферменныхъ камней, прокладныхъ рядовъ и карнизовъ. Временное сопротивленіе раздробленію составляетъ для нея 2690,31 кл. на 1 кв. см., или 1076 пуд. на 1 кв. д. Порода отличается очень слабой пористостью, и ея коэффициентъ насыщенія составляетъ по вѣсу всего 0,075<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Еще болѣе высокими качествами отличается подобный же базальтъ съ Черной сопки около Красноярска; временное сопротивленіе раздробленію его составляетъ 1500 пуд. на 1 кв. д. (3749 кл. на 1 кв. см.), но качества этой породы далеко не одинаковы даже въ одномъ и томъ же карьерѣ.

## ГЛАВА VI.

### Осадочныя горныя породы, какъ строительные матеріалы.

Изъ числа этихъ породъ имѣютъ наибольшее примѣненіе въ строительномъ дѣлѣ — песчаники, известняки и глинистые сланцы; доломиты распространены гораздо менѣе, а мергели и глины не примѣняются, какъ каменные строительные матеріалы.

#### Песчаники.

Одни изъ песчаниковъ представляютъ наиболѣе высокіе сорта строительныхъ камней, а другіе слѣдуетъ избѣгать, примѣняя ихъ развѣ только для бутовой кладки. Столь различныя техническія качества песчаниковъ зависятъ прежде всего отъ свойствъ цементирующаго вещества этихъ породъ <sup>1)</sup>.

Цементирующимъ веществомъ, какъ было указано, называютъ ту часть этой породы, которая связываетъ между собою зернистые элементы породы и опредѣляетъ, слѣдовательно, ея прочность. Цементирующее вещество можетъ быть троякаго рода: перваго рода, если оно связываетъ зерна, располагаясь непосредственно между поверхностями зеренъ; втораго рода, если оно заполняетъ угловатыя пространства, ограниченныя

---

<sup>1)</sup> Напр., песчаники съ р. Тымбурь, притока р. Кана, около средне-сибирской желѣзной дороги имѣютъ коэфф. временнаго сопрот. раздробленію 911 пудовъ. Извѣстные песчаники около гор. Красноярска (дер. Солонцы) имѣютъ временное сопр. раздр. для однихъ сортовъ 510 пуд., а для другихъ всего 240 пуд., что зависитъ только отъ цемента, хотя вторые болѣе мелкозернисты. Песчаники около Тулуна также изъ района средне-сибирской жел. дороги имѣютъ временное сопротивленіе раздробленію всего около 161 пуда на 1 кв. д.

не менѣе, какъ тремя или болѣе зернами (цементъ поръ); наконецъ, оно можетъ быть третьяго рода, если это вещество развивается въ такомъ количествѣ, что отдѣльныя зерна или группы ихъ только вкраплены въ немъ (базальный типъ цемента). Кромѣ цементирующаго вещества въ порахъ песчаника могутъ находиться рыхлыя мягкія скопленія, напр., каолина, охристаго образованія; очевидно, что такое вещество вовсе не играетъ роли цементирующаго, и его слѣдуетъ отмѣтить подъ названіемъ выполненія поръ.

Различные типы цемента и различный его вещественный составъ, опредѣляющіе техническія свойства песчаниковъ, могутъ быть изслѣдованы только посредствомъ микроскопа.

Въ кварцевыхъ песчаникахъ, опредѣляемыхъ кварцевымъ цементомъ перваго рода, можетъ быть и цементъ второго рода, глинистый, желѣзистый, мергелистый; равнымъ образомъ, можетъ быть и какое либо выполняющее поры вещество. Во всякомъ случаѣ, такіе песчаники относятся къ числу наилучшихъ каменныхъ строительныхъ матеріаловъ.

Въ глинистыхъ песчаникахъ цементомъ перваго рода служить глинистое вещество, которое также можетъ быть въ породѣ и въ роли цемента второго рода. При достаточной степени окремнѣнія цемента такіе песчаники могутъ быть хорошимъ строительнымъ камнемъ; въ противномъ случаѣ, они относятся къ слабымъ и легко вывѣтривающимся камнямъ, вслѣдствіе влагоемкости глинистаго вещества. Тоже самое можно сказать относительно мергелистыхъ песчаниковъ.

Известковистые песчаники имѣютъ цементомъ перваго и второго рода углекислый кальцій, часто съ примѣсю карбонатовъ магнезіи и желѣза. Если цементъ ясно кристаллическаго сложенія, или развивается даже въ формѣ базальнаго, то такіе песчаники относятся къ очень прочнымъ и устойчивымъ. Равнымъ образомъ, если въ цементѣ преобладаютъ окислы желѣза, обычно еще кремнистые (желѣзистый песчаникъ), то песчаники относятся къ категоріи очень хорошихъ камней. Увеличеніе органическихъ веществъ въ цементѣ (битуминозные песчаники) понижаетъ качества породы. Обильное появленіе слюды или другихъ подобныхъ минераловъ, какъ хлоритъ и талькъ, вызываетъ обычно сланцеватость песчаниковъ (слюдистые песчаники) и дѣлаетъ породу очень неустойчивой противъ вывѣтриванія.

Кромѣ вещественнаго состава цемента и его распредѣленія, на прочность песчаниковъ оказываютъ свое вліяніе также однородность или неоднородность самихъ зеренъ кварца, ихъ величина и форма, такъ какъ отъ этихъ условій зависитъ пористость породы. Далѣе, имѣетъ большое

значеніе степень слоистости породы; слоистость же въ свою очередь зависитъ отъ различныхъ причинъ, напр., отъ параллельнаго расположенія самихъ зеренъ кварца, отъ обособленія цементирующаго вещества параллельными полосами, отъ измѣненія величины зеренъ, отъ параллельнаго расположенія постороннихъ примѣсей, напр., слюды и т. д. Всѣ эти причины вызываютъ различный характеръ пористости, въ которой вообще слѣдуетъ различать тѣ три типа, которые были указаны уже раньше (стр. 59) и которые отражаются на различной степени сопротивленія породы вліянію мороза.

Не останавливаясь на подробностяхъ, замѣтимъ, что изслѣдованіе всякаго песчаника должно быть сдѣлано прежде всего при помощи сильной лупы, стальной иглы и слабой соляной кислоты. При помощи лупы и иглы можно различить характеръ зернистости и степень твердости цемента; въ песчаникахъ съ кремнистымъ цементомъ или сильно окремнѣлымъ цементомъ перваго рода только съ большимъ трудомъ удастся отдѣлать иглой зерна отъ цемента. При чистомъ кремнистомъ цементѣ поверхности излома, получаемыя при этомъ, имѣютъ стеклянный блескъ; при цементѣ смѣшаннаго характера получаются поверхности матовыя или даже окрашенные. Повторяя такое изслѣдованіе на сухой пробѣ и на пробѣ, предварительно долго смачиваемой, можно судить о степени размягченія породы, именно ея цемента (см. стр. 55); такое изслѣдованіе въ особенности важно для камней, предназначенныхъ для частей сооруженія, имѣющихъ оставаться въ водѣ. Изслѣдованіе кислотой позволяетъ судить о вещественномъ составѣ цемента, а изслѣдованіе иглой позволяетъ по твердости отличить чистый кварцевый цементъ отъ смѣшаннаго или чистаго глинистаго. Изслѣдованіе цвѣта породы также позволяетъ ближе опредѣлить характеръ цемента.

Изслѣдованіе подъ микроскопомъ, что требуетъ, конечно, уже болѣе специальныхъ знаній, позволяетъ опредѣлить характеръ пористости и слоистости, а изслѣдованіе въ механической лабораторіи даетъ временное сопротивленіе раздробленію. Изъ всего сказаннаго очевидно, что не слѣдуетъ ограничиваться только послѣднимъ изслѣдованіемъ, такъ какъ и при одинаковыхъ результатахъ такого изслѣдованія дѣйствительная пригодность матеріала для той или другой цѣли можетъ быть очень неодинаковой.

Напр., значительная примѣсь углистаго вещества въ цементѣ песчаника или присутствіе сѣрнаго колчедана, различный характеръ пористости и т. п., могутъ отразиться очень вредно на сопротивленіи песчаника дѣйствию мороза, даже при сравнительно высокомъ коэффициентѣ временнаго сопротивленія раздробленію.

Аркозовые песчаники, т.-е. состоящіе существенно изъ зеренъ полевого шпата, часто являются очень хорошимъ строительнымъ матеріаломъ вслѣдствіе именно кремнистости цемента; напр., такіе песчаники около Нижнеудинска, съ р. Рубахиной имѣютъ временное сопротивление раздробленію около 530 пудовъ на 1 кв. д.<sup>1)</sup>

Кварцевые песчаники связаны незамѣтными переходами съ кварцитами (см. стр. 28). Нѣкоторые изъ кварцитовъ являются высокосортными каменными матеріалами, но всегда страдающими трещиноватостью отъ развитія отдѣльности, на свѣжихъ камняхъ иногда даже не замѣтной. Это относится даже къ такому прекрасному матеріалу, какъ Шокшинскій (около Петрозаводска), изъ котораго сдѣланы, напр., пьедесталъ памятника Императора Николая I въ С.-Петербургѣ, внутренняя отдѣлка храма Спасителя въ Москвѣ и также гробница Наполеона I въ домѣ Инвалидовъ въ Парижѣ.

Фиг. 41, табл. XI. Песчаникъ съ р. Сиды въ Минусинскомъ округѣ.

Песчаникъ тонкозернистый, плотный, однородный полосчатый, красноватаго или желтоватаго цвѣта. Угловатыя зерна кварца и полевыхъ шпатовъ связаны известково-железистымъ цементомъ съ очень малой примѣсью глинистаго вещества; настолько малой, что глинистаго запаха нѣтъ вовсе; цементъ перваго и втораго рода. Однородность породы проявляется въ очень ровномъ изломѣ кусковъ; устойчивость противъ вывѣтриванія обнаруживается превосходнымъ сохраненіемъ плитъ этого песчаника на древнихъ курганахъ въ Минусинскомъ округѣ<sup>2)</sup>. Временное сопротивление раздробленію около 870 пуд. на 1 кв. д. (2173 кл. на 1 кв. см.).

По возрасту эти песчаники относятся къ палеозойскимъ (девонскимъ) отложеніямъ, а по минералогическому характеру отчасти къ аркозовымъ.

Фиг. 122, табл. XI. Песчаникъ съ берега р. Ангары близъ селенія Падунскаго.

Красноватаго цвѣта грубый песчаникъ составленъ изъ зеренъ кварца и полевого шпата, связанныхъ известково-глинистымъ и железистымъ цементомъ. Зерна полевого шпата сильно измѣнены процессомъ пелитизаціи, т.-е. частью превращены въ глинистое вещество. Цементъ по типу перваго и втораго рода.

По возрасту песчаникъ относится къ палеозойскимъ (кембро-силурийскимъ) отложеніямъ, а по минералогическому характеру частью къ арко-

<sup>1)</sup> Богдановичъ, Мат. по геол. Иркут. губ., стр. 36.

<sup>2)</sup> Богдановичъ, Горн. Журн. 1894 г. XI, стр. 64—65.

зовымъ. Какъ строительный матеріалъ, такой песчаникъ могъ бы быть пригоднымъ только для бутовой кладки, вслѣдствіе значительной глинистости цемента.

### Известняки.

Примѣненіе известняковъ крайне разнообразно; на одномъ концѣ стоятъ мраморы, на другомъ слоистые известняки, примѣняемые для бутовой кладки, настилки тротуаровъ и т. под.; одни сорта пригодны только для обжига на известь, другіе идутъ на цементное производство, а третьи представляютъ цѣнный литографскій камень.

Въ техникѣ различаютъ: 1) зернисто-кристаллическіе известняки, или мраморы, различного цвѣта и разной крупности зерна; 2) плотные известняки, въ которыхъ трудно различить зернистость простымъ глазомъ; различного цвѣта и съ различными примѣсами (мергелистый, желѣзистый, глауконитовый, песчанистый, битуминозный известняки), опредѣляющими иногда и техническое примѣненіе такихъ известняковъ; 3) оолитовый, техническое примѣненіе котораго такое же, какъ плотныхъ разностей (напр., известняки Парижа — *Pierre de Caen* и *Savonnières*; 4) мѣль, или землястаго состава известнякъ; 5) известковые туфы, обычно пористые, ячеистые, иногда тонкозернистые или землястые; болѣе плотныя разности представляютъ хорошій строительный камень (напр., Пятигорскіе туфы, травертины Рима).

Всѣ известняки образованы изъ минеральнаго вещества кальцита ( $\text{CaCO}_3$ ), и различіе между сортами известняковъ опредѣляется величиной, формой и въ особенности способомъ соединенія между собою частицъ (зеренъ) кальцита. Отъ этихъ причинъ зависитъ прочность и пористость, а значить и устойчивость противъ вывѣтриванія, известняковъ. Зерна кальцита могутъ соединяться между собою или непосредственно силами сцѣпленія, какъ въ мраморѣ, или при помощи цементирующаго вещества, которымъ могутъ быть известковое, известково-глинистое или известково-временное, причемъ и строеніе этого связующаго вещества можетъ быть или кристаллическое, разной степени тонкости, или землястое. Все сказанное относительно различныхъ типовъ цементации, пористости, вліянія послѣдней и землястаго характера цемента на влагоемкость и размягчаемость породъ, вполне приложимо и для известняковъ. Известняки, обычно называемые плотными или сливными, представляютъ породу тонкопористую и нерѣдко до извѣстной степени глинистую; этими двумя свойствами объясняется, напр., что значительная часть плотныхъ известняковъ Московскаго района легко расслаивается и растрескивается даже

въ сооруженіяхъ; эти качества известняковъ давно уже были замѣчены инженерами въ Москвѣ, и тамъ обычно предпочитаютъ для отвѣтственныхъ частей сооружений (облицовка) примѣнять песчаники изъ окрестныхъ каменоломенъ. Отличными известняками пользуются въ Парижѣ (грубый известнякъ и другіе), Вѣнѣ (лейтовый или пулліпоровый известнякъ), Берлинѣ (Ридерсдорфскій раковинный известнякъ); въ Петербургѣ наиболѣе распространены путиловская и тосненская плита.

Къ наиболѣе вреднымъ примѣсямъ въ известнякахъ относится сѣрный колчеданъ ( $FeS_2$ ), который при окисленіи даетъ сѣрную кислоту, очень быстро разрушающую породу. Наименѣе благоприятнымъ для прочности породы является тонкое и равномерное распредѣленіе въ ней сѣрнаго колчедана, опредѣляющее часто голубовато-сѣрый цвѣтъ известняка; съ поверхности такіе известняки обычно окрашены въ охристо-желтый цвѣтъ. При такомъ распредѣленіи сѣрнаго колчедана содержаніе его всего въ 0, 2<sup>0</sup>/<sub>0</sub> признается вреднымъ, въ особенности при одновременной глинистости известняка, способствующей его влагоемкости. При скопленіи сѣрнаго колчедана въ формѣ крупныхъ конкрецій, желваковъ или зеренъ, вредное вліяніе этой примѣси значительно уменьшается, вызывая лишь мѣстное поврежденіе камней, не отражающееся на ихъ общей прочности, напр., въ нѣкоторыхъ известнякахъ Черноморскаго побережья (Гагры).

Увеличеніе кремнистости, часто проявляющееся въ образованіи кремневыхъ стяженій, повышаетъ прочность известняковъ, затрудняя въ тоже время обработку камней.

Исслѣдованіе при помощи лупы позволяетъ опредѣлить крупность зерна и характеръ соединенія зеренъ; матовыя поверхности излома показываютъ землистый характеръ связующаго вещества. Посредствомъ стальной иглы можно опредѣлить твердость, слѣдовательно, кремнистость известняка; примѣсь зеренъ кварца опредѣляется раствореніемъ небольшой пробы въ соляной кислотѣ. Битуминозность опредѣляется по запаху при раскалываніи известняка или при накаливаніи пробы. Глинистость узнается также по запаху, по размягченію пробы въ водѣ.

По наружному виду и техническимъ свойствамъ очень близки къ известнякамъ доломиты, образованные веществомъ доломита, т.-е. двойной солью кальція и магнія.

Въ технику различаютъ: 1) зернистый доломитъ или доломитовый мраморъ, образованный зернами доломита, часто въ ясныхъ кристаллическихъ очертаніяхъ; 2) плотный доломитъ, подобный плотному известняку; 3) плитняковый доломитъ, если порода правильно наслоенная;

4) оолитовый и ячеистый доломиты, часто называемые также раухвакой. Нѣкоторые доломиты отличаются значительной кремнистостью, и въ такомъ случаѣ ихъ нерѣдко примѣняютъ на щебенъ для шоссе.

Табл. XIII, фиг. 1. Мраморъ изъ Каррары.

Этотъ образецъ можетъ служить иллюстраціей зернистаго строенія, причемъ зерна кальцита соединены какъ непосредственно силами сцѣпленія, такъ частью и развитіемъ между зернами тонкаго цементирующаго слоя изъ кристаллическаго же кальцита.

Этотъ сортъ мрамора съ разводами и пятнами сѣраго цвѣта (отъ развитія слюдистаго минерала и углистаго вещества) и частью брекчьеваго строенія (называется *bianco chiaro ordinario*) представляетъ одинъ изъ наиболѣе распространенныхъ матеріаловъ для декоративныхъ цѣлей.

Временное сопротивленіе раздробленію этого мрамора не менѣе 1200 кл. на 1 кв. см., т. е. около 480 пуд. на 1 кв. д. Для обыкновенныхъ известняковъ временное сопротивленіе колеблется въ очень широкихъ предѣлахъ отъ 100 кл. до 1900 кл. на 1 кв. см., т. е. отъ 40 пуд. до 760 пуд. на 1 кв. д. Къ высокимъ сортамъ известняка относятся напр., нѣкоторые известняки праваго берега Енисея выше Красноярска (вр. сопр. раздробленію 1868 кл., т. е. около 750 пуд. на 1 кв. д.).

Табл. XII. Доломитъ съ острова Эзеля.

Образецъ происходитъ изъ такъ называемаго Ивановскаго завода на сѣверномъ берегу острова Эзеля, изъ каменоломень въ 8 верстахъ отъ Оризаръ (Orrisaar). На о-вахъ Эзель и Монъ и прилежащихъ частяхъ Лифляндіи имѣютъ широкое распространеніе верхне-силурийскія отложения, которыя, подобно различнымъ частямъ и здѣшняго нижняго силура, даютъ разнообразныя и хорошихъ качествъ строительныя матеріалы. Каменоломни, дающіе доломиты и доломитовые известняки, сосредоточены кромѣ сѣвернаго берега острова Эзеля также около Аренсбурга, откуда и происходитъ обычное рыночное названіе этихъ камней—Аренсбургскіе.

Тѣмъ не менѣе между доломитами изъ каменоломень около Аренсбурга, напр. Куигъ-Аугъ, и породами сѣвернаго берега острова обнаруживается значительная разница по ихъ физическимъ свойствамъ; сѣрые и желтые доломиты южнаго берега отличаются пористостью, часто мергелистостью и вслѣдствіе этого значительной влагоемкостью и мягкостью въ свѣжемъ состояніи, тогда какъ желтые и сѣрые доломиты сѣвернаго берега острова представляютъ тонкокристаллическія породы, отдѣльные слои которыхъ отличаются значительной твердостью и ничтожной пористостью.

Изображенный на табл. XII, образец относится къ желтому доломиту, изъ котораго сдѣланы многія старинныя постройки на о-вѣ Эзелѣ и изъ котораго исполняется часть облицовки зданія Геологическаго Комитета.

Какъ видно по фотографіямъ, порода представляетъ очень тонкозернистый сахаровидный агрегатъ (увеличеніе около 100 разъ) кристаллическихъ зеренъ карбоната; отдѣльныя зерна съ кристаллическими очертаніями совершенно не обнаруживаютъ обычнаго для кальцита двойниковаго образованія и могутъ быть приняты съ большою вѣроятностью за зерна и кристаллы доломита.

Зерна соединены между собою очень тонкимъ кристаллическимъ же цементомъ, на фотографіяхъ передаваемымъ даже при такомъ увеличеніи только тонкой темной каемкой около каждаго зерна. Отдѣльныя поры, часто окаймленныя изнутри хорошо образованными кристаллами карбоната, являются слѣдствіемъ перекристаллизаціи породы при самомъ образованіи доломита изъ известняка; поры являются разбѣянными и не могутъ служить поводомъ къ порчѣ камней подъ вліяніемъ влажности и мороза; по крайней мѣрѣ на камняхъ старинныхъ построекъ, по словамъ мѣстныхъ инженеровъ и подрядчиковъ, не замѣчается никакихъ слѣдовъ разлитыванія породы, которая въ предѣлахъ отдѣльныхъ слоевъ не обнаруживаетъ никакого параллельно-линейнаго расположенія ни зеренъ, ни поръ.

Химическій анализъ породы, исполненный въ лабораторіи Геолог. Комитета г. Николаевымъ, далъ слѣдующіе результаты:

|                           |                     |
|---------------------------|---------------------|
| Нераств. остатка. . . . . | 3,20%               |
| $Al_2O_3$ . . . . .       | 1,28%               |
| $Fe_2O_3$ . . . . .       | 0,34%               |
| $FeO$ . . . . .           | 0,37%               |
| $CaO$ . . . . .           | 29,99 (29,88;30,19) |
| $MgO$ . . . . .           | 20,52 (20,48;20,56) |
| $CO_2$ . . . . .          | 43,82%              |
| <hr/>                     |                     |
|                           | 99,52%              |

Отношеніе  $MgO : CaO = 1 : 1$  ( $CaCO_3$ —53,15%,  $MgCO_3$ —43,14%), т. е. соотвѣтствуетъ составу нормальнаго доломита. Тѣмъ не менѣе порода по своему отношенію къ слабымъ кислотамъ прямо въ кускъ не соотвѣтствуетъ представленію о доломитѣ, и была принята мною за сильно доломитизированный известнякъ.

Химическій анализъ и микроскопическое изслѣдованіе показываютъ, что породу можно называть доломитомъ; ея бурная вскипаемость въ кускѣ и разлагаемость слабой кислотой зависятъ, повидимому, отъ нѣкотораго содержанія  $\text{CaCO}_3$  именно въ цементѣ между зернами породы, а также отъ присутствія въ породѣ въ преобладающемъ количествѣ простой механической смѣси зеренъ  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$ ; это подтверждается и уд. вѣсомъ породы, равнымъ 2,854, а для двойной соли карбоната кальція и магнія уд. в. = 2,872.

Временное сопротивленіе раздробленію желтаго доломита Ивановскихъ каменоломенъ составляетъ 420 пуд. на 1 кв. д. Временное сопротивленіе сѣраго доломита изъ Тагаферскихъ слоевъ сосѣднихъ каменоломенъ составляетъ 970 пуд., а желтаго Кармельскаго доломита всего 170 пуд. на 1 кв. д.

Въ общемъ можно сказать, что Ивановскій доломитъ о-ва Эзеля представляетъ высокаго качества строительный матеріалъ. Въ условіяхъ такого города, какъ Петербургъ, можно ожидать лишь со временемъ нежелательной порчи цвѣта облицовки подъ вліяніемъ неравномѣрнаго проникновенія съ поверхности углистыхъ частицъ, какъ это замѣчается на всѣхъ известнякахъ въ такихъ же условіяхъ.

Нѣкоторые камни обнаруживаютъ также грубую пещеристость, слѣды которой уже замѣтны подъ микроскопомъ; такая пещеристость не уменьшаетъ сопротивленія породы вліянію мороза, но портитъ наружный видъ камней; противъ этого приходится примѣнять особую замазку, которою покрываютъ пещеристыя мѣста поверхности камня, а можетъ быть было бы еще лучше покрывать и всю поверхность камня, такъ называемыми, флуатами, которые въ настоящее время все болѣе входятъ въ распространеніе.

### Глинистые сланцы.

Подъ этимъ названіемъ соединяютъ весьма различныя б. или м. твердыя сланцеватыя горныя породы. Существенными составными частями этихъ породъ являются зерна кварца, глинистое вещество и листочки слюды, часто другихъ чешуйчатыхъ минераловъ (хлоритъ, талькъ); въ видѣ примѣсей появляются карбонаты, углистое вещество, окислы желѣза, сѣрный колчеданъ.

Параллельное расположеніе составныхъ частей, въ особенности слюды, опредѣляетъ сланцеватость породы; кромѣ сланцеватости, параллельной слоистости, какъ слѣдствія процесса накопленія матеріала перѣдко въ

этихъ породахъ появляется сланцеватость подъ нѣкоторымъ угломъ къ первой; такая сланцеватость является слѣдствіемъ давленія, испытаннаго породой впослѣдствіи, и называется кливажемъ (или поперечной, ложной сланцеватостью).

Главнѣйшія разновидности, отличаемыя въ техникѣ, слѣдующія: 1) кремнисто-глинистый сланецъ, порода въ сильной степени окремниѣнія; 2) известково-глинистый сланецъ, съ значительнымъ содержаніемъ углекислаго кальція, иногда также углекислаго магнія; 3) желѣзисто-глинистый сланецъ, съ большимъ содержаніемъ окисловъ желѣза; 4) углистый сланецъ, окрашенный въ черный цвѣтъ углистымъ веществомъ; 5) слюдисто-глинистый и хлоритово-глинистый сланцы, съ обильными выдѣленіями листочковъ и чешуекъ слюды и хлорита.

Примѣненіе этихъ породъ болѣе ограниченное, чѣмъ песчаниковъ или известняковъ; въ Западной Европѣ онѣ широко примѣняются, какъ кровельные сланцы (*Dachschiefer*), у насъ главнѣйше для бутовой кладки.

Способность породы дѣлиться на тонкія пластины опредѣляетъ и ограничиваетъ ея примѣненіе.

Техническія свойства всѣхъ этихъ породъ опредѣляются количествомъ и расположеніемъ слюды (непрерывное или изолированное), степенью окварцеванія, обиліемъ зернистаго кварца, количествомъ и характеромъ углистаго вещества, присутствіемъ сѣрнаго колчедана.

Эти породы рѣдко примѣняются въ такихъ частяхъ сооружений, гдѣ требуется высокое временное сопротивленіе раздробленію, а гораздо чаще въ такихъ частяхъ, гдѣ необходима устойчивость въ отношеніи вывѣтриванія.

Вывѣтриваніе глинистыхъ сланцевъ, въ особенности кровельныхъ разновидностей, обнаруживается прежде всего измѣненіемъ ихъ цвѣта; черный цвѣтъ (см. стр. 65) измѣняется въ сѣрый, а при значительномъ содержаніи сѣрнаго колчедана въ охристый; только красные и зеленые сланцы, очень обычные въ этой группѣ породъ, отличаются постоянствомъ своего цвѣта. Совершенно естественно, что черные сланцы, цвѣтъ которыхъ зависитъ отъ присутствія графита или магнитнаго желѣзняка, также не измѣняютъ своего цвѣта, такъ какъ эти вещества не измѣняются. По мѣрѣ измѣненія цвѣта, уменьшается твердость породы и она начинаетъ разлистываться. Отъ присутствія сѣрнаго колчедана сланцы становятся пятнистыми, и около такихъ измѣненныхъ включеній поверхность породъ разлистывается и нѣсколько выпячивается.

Другіе сланцы подвергаются преимущественно механическому вывѣтриванію отъ дѣйствія мороза или солнечной инсоляціи, не обнаруживая

въ то же время никакихъ замѣтныхъ слѣдовъ химическаго измѣненія; таковы преимущественно кремнисто-глинистые сланцы. Вѣроятно, устойчивость хорошихъ сортовъ нѣкоторыхъ сланцевъ, при ихъ даже искусственномъ накаливаніи, зависитъ отъ очень равномернаго распредѣленія желѣзистыхъ и углистыхъ частицъ среди слюдяныхъ элементовъ.

При оцѣнкѣ сланцевъ можно приблизительно опредѣлить количество слюды по блеску поверхностей сланцеватости, его однородности и гладкости поверхностей; чѣмъ глаже поверхности, чѣмъ болѣе блестящи и блескъ однороднѣе, тѣмъ слюды больше; сланцы, бѣдные слюдой, имѣютъ матовыя поверхности сланцеватости. Степень окремниженія опредѣляется твердостью (при помощи иглы) на сухихъ и мокрыхъ пробахъ. Углистое вещество при накаливаніи сгораетъ, а сланцы окрашенные графитомъ или магнитнымъ желѣзнякомъ, при накаливаніи не измѣняютъ цвѣта.

Въ общемъ случаѣ, наиболѣе устойчивыми сланцами являются: болѣе богатые слюдой (хотя имѣются и отличные сланцы, бѣдные слюдой, если они кремнисты); не заключающіе углистыхъ веществъ; не измѣняющіе своей поверхности въ мокромъ видѣ; не заключающіе сѣрнаго колчедана или, по крайней мѣрѣ, одновременно сѣрнаго колчедана и извести; слабо пористые (съ коэффициентомъ насыщенія меньше 0,8); не имѣющіе кливажа.

Ограничимся однимъ примѣромъ, взятымъ съ линіи Амурской жел. дороги.

Табл. XIII, фиг. 2. Порода карьера горы Іюнь-Карани въ 1 верстѣ отъ 407 версты главной линіи; назначеніе для засыпки и укрѣпленія дамбъ при мостѣ черезъ р. Амуръ.

Порода представляетъ свѣтло-желтаго цвѣта глинисто-кремнистый сланецъ, состоящій изъ глинистаго вещества, въ весьма значительной степени окварцованнаго и пересѣченнаго многочисленными трещинками, заполненными зернистыми отложеніями кварца

Съ поверхности порода окрашена въ красный охристый цвѣтъ, что показываетъ довольно значительное содержаніе въ глинистомъ веществѣ желѣзистыхъ частицъ. Твердость породы значительная, но ея трещиноватость, достигающая степени брекчьеваго сложенія, не позволяетъ изъ нея получать крупныхъ камней и дѣлаетъ ее мало устойчивой противъ механическаго вывѣтриванія.

Сильная глинистость породы дѣлаетъ ее мало пригодной для частей сооружений на уровнѣ воды, и это необходимо имѣть въ виду при устройствѣ проектируемыхъ дамбъ.

Въ заключеніе настоящаго очерка отмѣтимъ еще разъ, что практическая оцѣнка горныхъ породъ, какъ строительныхъ матеріаловъ, должна быть основываема не только на всестороннемъ изслѣдованіи отдѣльнаго образца изъ каменоломни, но на изслѣдованіи цѣлаго ряда образцовъ, взятыхъ на мѣстѣ при осмотрѣ каменоломни. Изслѣдованіе естественныхъ и искусственныхъ выходовъ горной породы должно показать, какія части породы находятся въ благопріятныхъ условіяхъ по формѣ залеганія породы и ея отдѣльности, величину вскрыши и количество отброснаго матеріала, мощность отдѣльныхъ пластовъ, ихъ залеганіе, трещиноватость, характеръ вывѣтриванія и т. д. Нерѣдко только послѣ такого осмотра можно признать удовлетворительнымъ матеріалъ, давшій благопріятные результаты въ механической лабораторіи.

Только при такомъ осмотрѣ каменоломни можно правильно выбрать матеріалъ для испытанія. При взятіи пробъ можно посоветовать давать набросокъ карьера въ планѣ и разрѣзѣ, съ показаніемъ какъ мѣстъ и номеровъ взятыхъ пробъ, такъ и мощности слоевъ или пластообразныхъ частей породы.

Самыя пробы слѣдуетъ брать въ кускахъ по возможности въ наименьшей степени ихъ обработки, слѣдовательно въ глыбахъ такихъ размѣровъ, чтобы изъ нихъ можно было безъ затрудненій приготовить кубики для испытанія.

Къ этому можно прибавить, что въ Пруссіи продолжаетъ работать съ 1893 г. особая правительственная коммисія, по соглашенію министровъ Общественныхъ работъ и Торговли и Промышленности, имѣющая задачей систематическое изслѣдованіе каменныхъ строительныхъ матеріаловъ изъ всѣхъ каменоломенъ и сравнительное изученіе этихъ матеріаловъ съ камнями, взятыми изъ старыхъ построекъ общественныхъ и частныхъ.

Въ Россіи болѣе или менѣе систематическое изслѣдованіе каменныхъ матеріаловъ производится, преимущественно съ механической точки зрѣнія, Механической Лабораторіей Инст. инж. Путей Сообщенія и лабораторіями въ другихъ высшихъ учебныхъ заведеніяхъ, какъ нѣкоторые политехническіе институты, высшее художественное училище, Николаевская инженерная академія и друг.

Непрерывно возрастающее потребленіе естественныхъ каменныхъ строительныхъ матеріаловъ не только для искусственныхъ сооружений желѣзныхъ дорогъ, но и для гражданскихъ сооружений въ крупныхъ городахъ Россіи, и вмѣстѣ съ этимъ возрастающій ввозъ въ Россію естественныхъ камней изъ-за границы неизбѣжно должны вызвать и у насъ

развитіе добычи естественныхъ каменныхъ матеріаловъ, а для этого необходимо прежде всего распространіе среди инженеровъ и другихъ заинтересованныхъ лицъ правильныхъ представленій о горныхъ породахъ, какъ строительныхъ матеріалахъ.

---



Фиг. 1.

1—ортоклазъ.

2—кварцъ.

3—біотитъ.

4—роговая обманка.

Гранитъ. Структура типа дисперго.

Ув. 14. Свѣтъ поляризованный.



Фиг. 2.

1—полевої шпаты (плагіоклазъ) съ тремя зернами мусковита

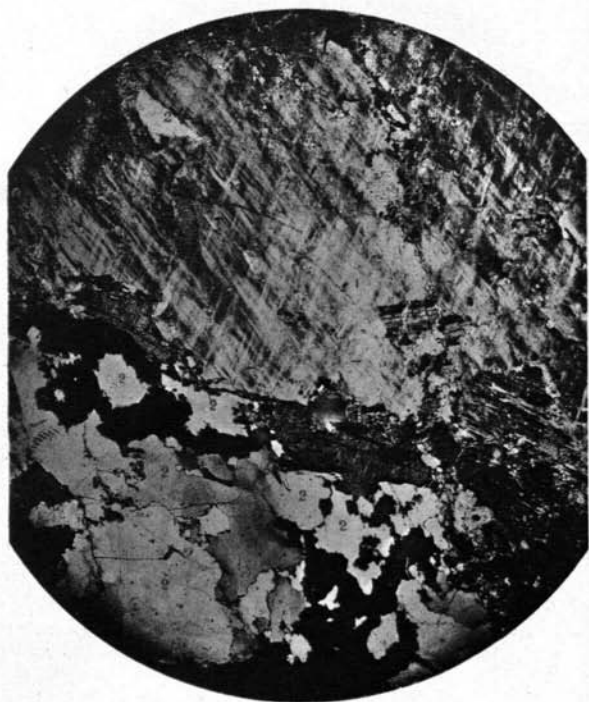
2—кварцъ

3—біотитъ.

Гранитъ. Структура приближается къ типу симплексъ

Полевой шпаты окруженъ каемкой новообразованій, по типу Mörtelstruktur.

Ув. 14. Свѣтъ поляризованный.



Фиг. 4.

1—микроклинъ.

1'—плагіоклазъ.

2—кварцъ.

3—біотитъ.

Гранитъ. Типъ структуры базальный.

Ув. 14. Свѣтъ поляризованный.



Фиг. 5.

1—ортоклазъ.

1'—плагіоклазъ.

2—кварцъ.

3—біотитъ.

4—роговая обманка.

Гранитъ. Типъ структуры базальный.

Ув. 14. Свѣтъ поляризованный.



Фиг. 6.

1—плагіоклазъ.

1'—ортоклазъ.

2—кварцъ.

3—біотитъ.

Гранитъ. Структура съ разсѣяннымъ распредѣленіемъ составныхъ частей, по типу дисперго.

Ув. 14. Свѣтъ поляризованный.



Фиг. 6<sup>В</sup>.

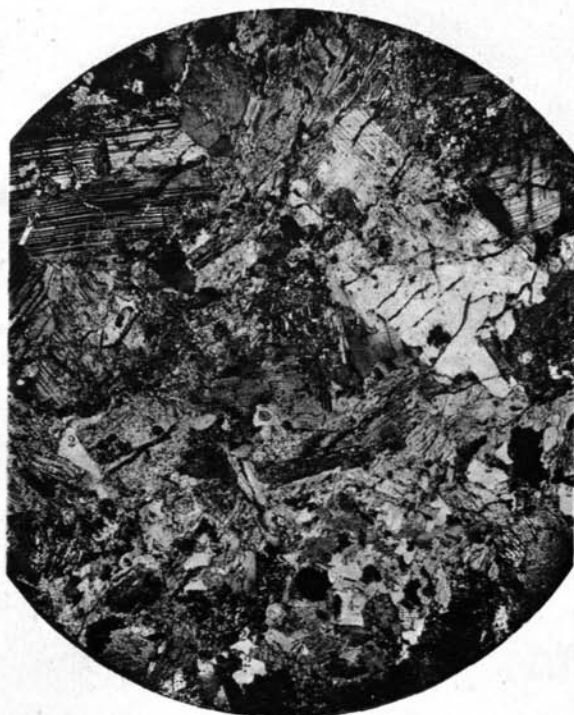
1—плагіоклазъ, частью ортоклазъ.

2—кварцъ.

3—біотитъ.

Гранитъ. Структура приближается къ типу симплекса.

Ув. 14. Свѣтъ поляризованный.



Фиг. 7.

1—плагіоклазъ.

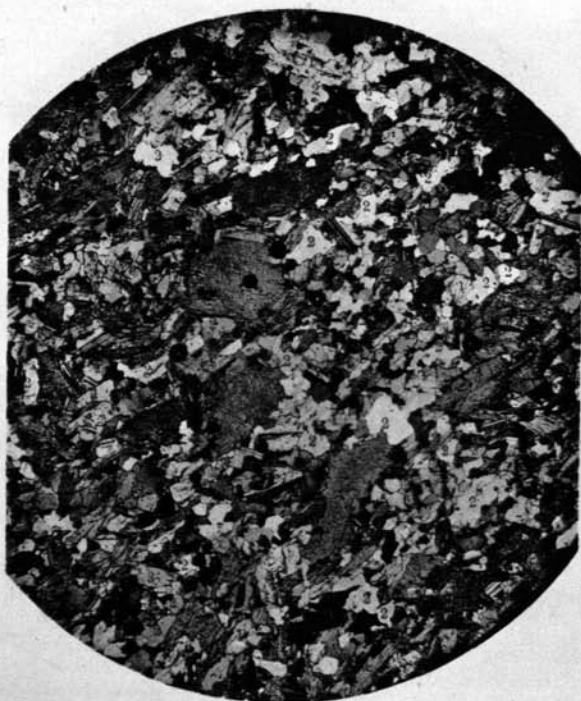
2—кварцъ.

3—біотитъ.

4—роговая обманка.

Гранитъ. Структура катакластическая.

Ув. 14. Свѣтъ поляризованный.



Фиг. 8.

1—плагіоклазъ

2—кварцъ.

3—біотитъ.

4—роговая обманка.

Гранитъ. Структура приближается къ типу симплексъ.

Ув. 14. Свѣтъ поляризованный.



Фиг. 11.

1—ортоклазъ.

1'—плагіоклазъ.

2—кварцъ.

3—біотитъ.

Гранитъ. Структура катакластическая.

Ув. 14. Свѣтъ поляризованный.



Фиг. 13.

1—ортоклазъ.

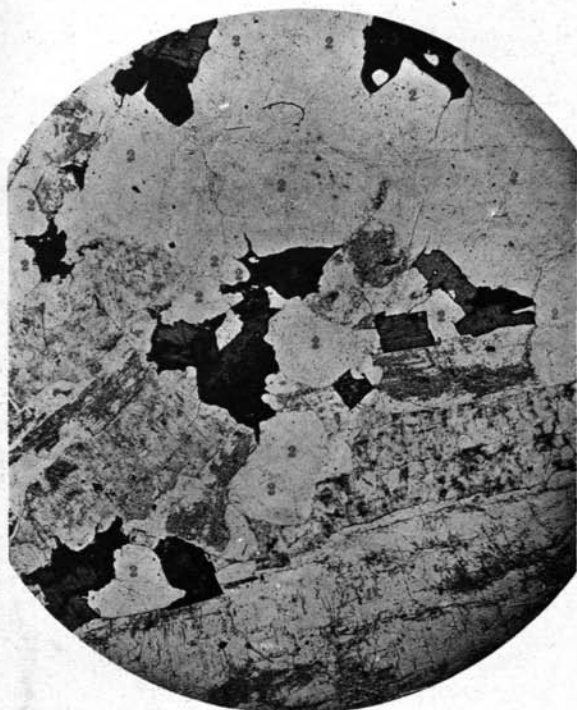
1'—плагіоклазъ.

2—кварцъ.

3—біотитъ.

Гранитъ. Структура катакластическая.

Ув. 14 Свѣтъ поляризованный.



Гранитъ Кавансари.

Ув. 14. Свѣтъ обыкновенный.

1—ортоклазъ, частью микроклинъ.

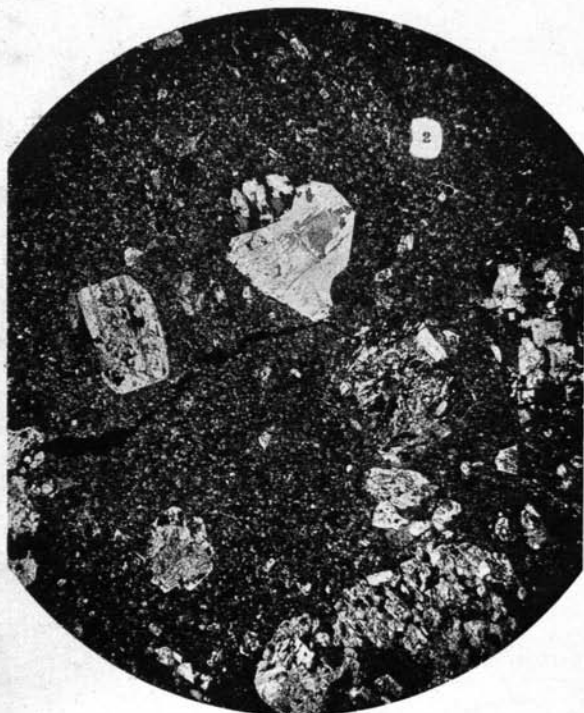
1<sup>1</sup>—плагіоклазъ.

2—кварцъ.

3—біотитъ.

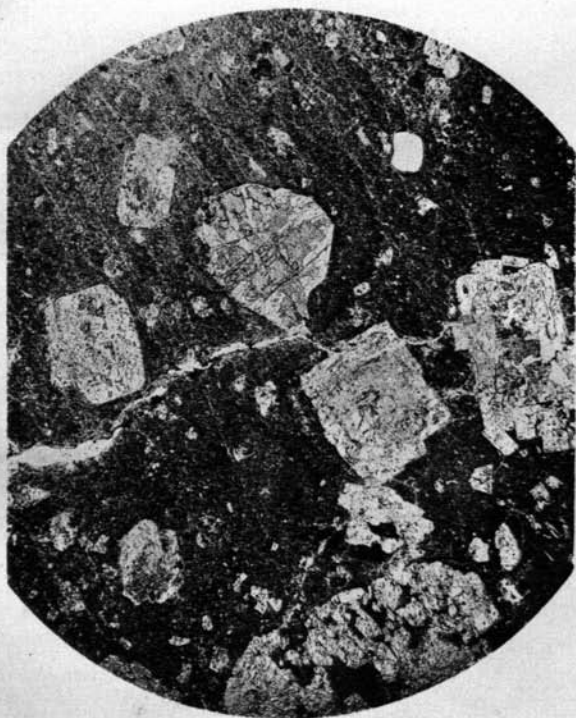


Та же порода, въ поляризованномъ свѣтѣ.



Фиг. 9.

- 1—ортоклазъ.  
1<sup>1</sup>—плагіоклазъ.  
2—кварцъ.  
3—роговая обманка.  
Кварцевый порфиръ.  
Ув. 14. Свѣтъ поляризованный.



То же самое въ обыкновенномъ свѣтѣ.



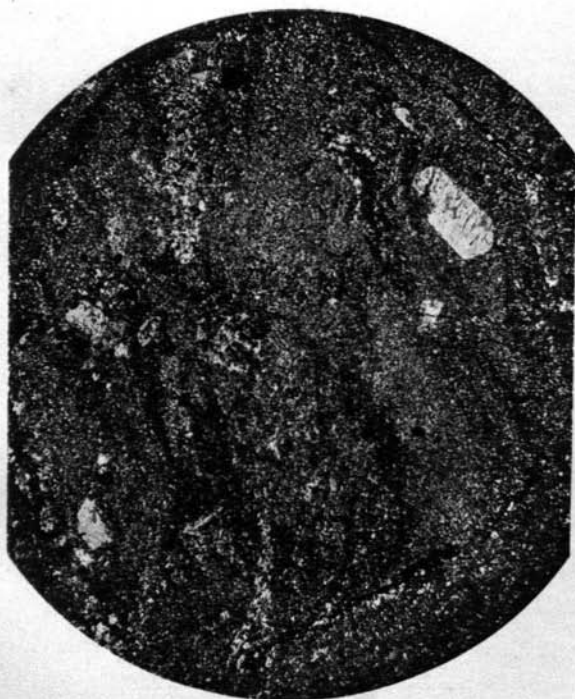
Фиг. 10.

1—ортоклазъ.

2—кварцъ.

Кварцевый порфиръ. Основная масса  
фельзитовая

Ув. 14. Свѣтъ поляризованный.



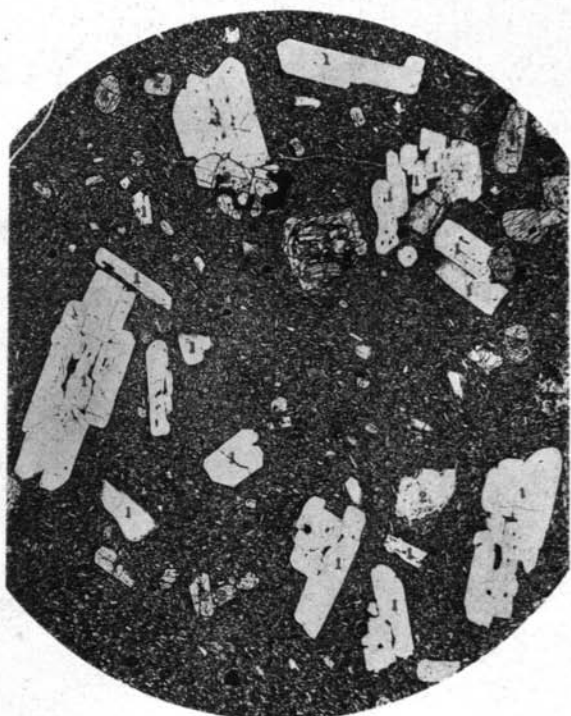
Фиг. 15.

1—ортоклазъ.

2—кварцъ, частью вторичный.

Кварцевый порфиръ. Основная масса  
фельзитовая, частью туфоваго харак-  
тера

Ув. 14. Свѣтъ поляризованный.



Фиг. 3.

1—плагіоклазъ.

2—авгитъ.

Авгитовый андезитъ. Основная масса микролитовой структуры, съ слабымъ флюидалнымъ расположеніемъ микролитовъ.

Ув. 14. Свѣтъ обыкновенный.



Фиг. 14.

1—плагіоклазъ.

2—авгитъ.

Авгитовый андезитъ. Структура типа симплексъ (интерсертальная).

Ув. 14. Свѣтъ обыкновенный.



Фиг. 16.

1—плагіоклазъ.

2—авгитъ.

Авгитовый андезитъ. Структура симплексъ; основная масса стекловатая, микролитовой структуры.

Ув. 14. Свѣтъ обыкновенный.



Фиг. 51.

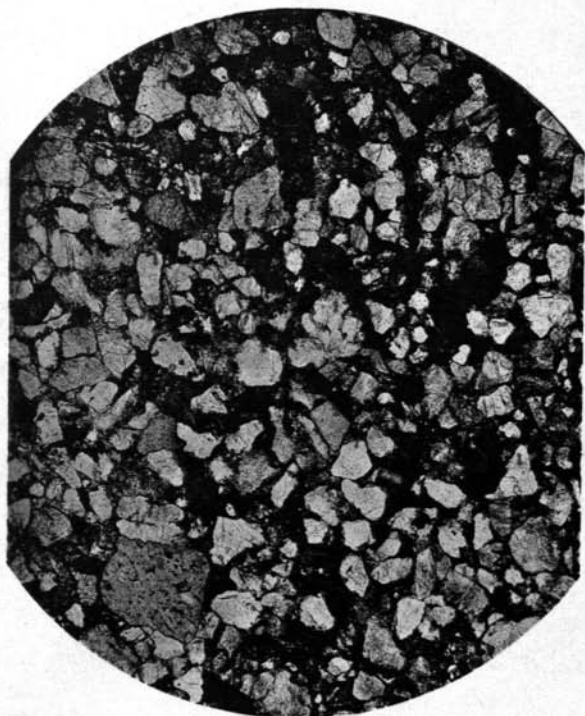
1—плагіоклазъ.

2—авгитъ.

3—магнитный желѣзнякъ.

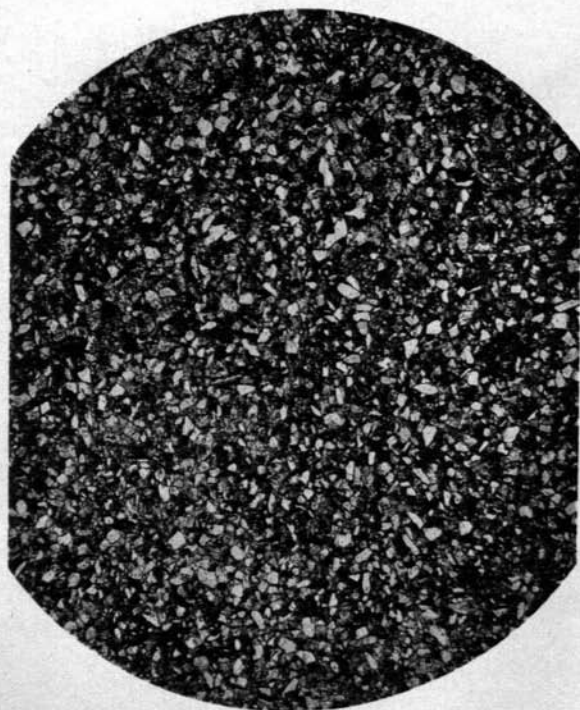
Базальтъ. Структура зернисто-офитовая. Типъ симплексъ.

Ув. 14. Свѣтъ поляризованный.



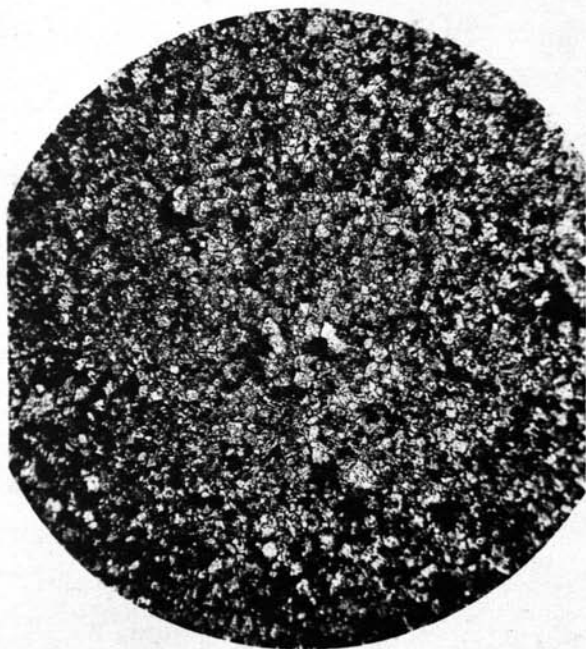
Фиг. 122.

1—кварцъ.  
2—полевоу шпату.  
3—цементъ перваго и втораго рода.  
Песчаникъ известково-глинистый.  
Ув. 14. Свѣтъ обыкновенный.



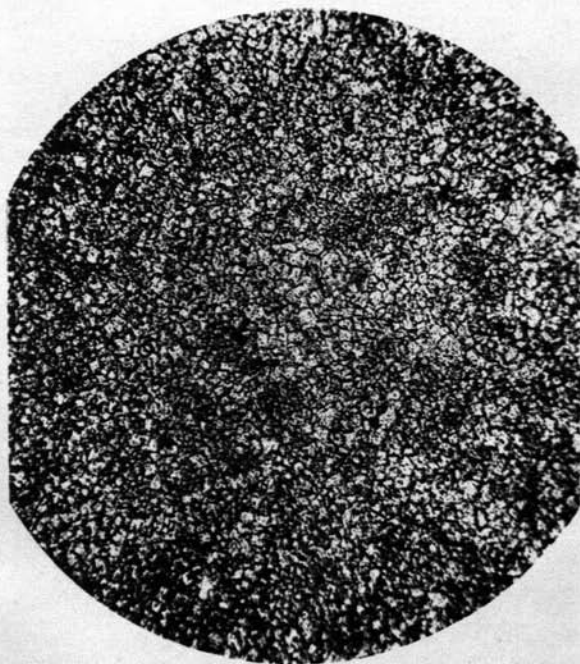
Фиг. 41.

Песчаникъ известково-железистый.  
Зерна кварца и полевоу шпатовъ; це-  
ментъ перваго и втораго рода.  
Ув. 14. Свѣтъ обыкновенный.



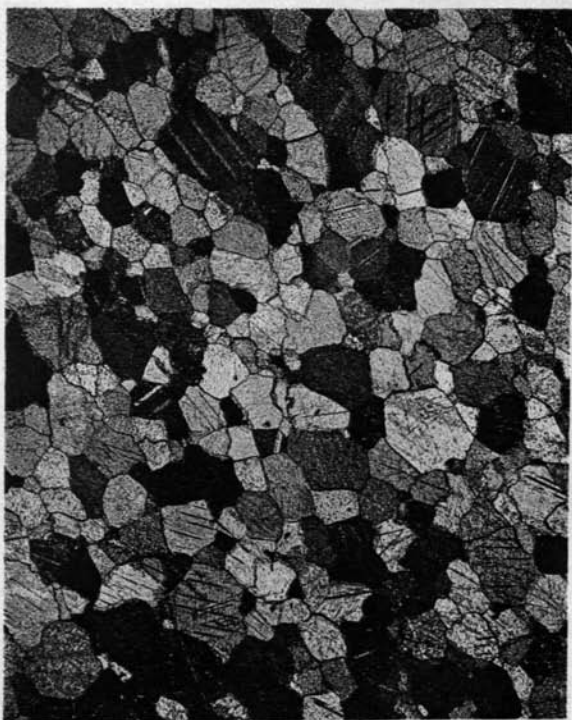
Доломитъ.

Ув. около 100. Свѣтъ поляризованный.  
Нѣкоторыя темныя пятна представляютъ  
поры, не замѣтныя въ простомъ свѣтѣ.



Та же порода, въ обыкновенномъ свѣтѣ.  
Зернистое строеніе отчетливо видно.

Нѣкоторыя отдѣльныя темныя пятна пред-  
ставляютъ поры, заполненныя глинисто-  
железистымъ веществомъ, а другія  
представляютъ то же карбонатное  
вещество, только окрашенное окис-  
лами желѣза.



Фиг. 1.

Мраморъ.

Ув. около 100. Свѣтъ поляризованный.  
Зерна кальцита соединены частью очень тонкимъ слоемъ изъ зеренъ кальцита же



Фиг. 2.

Глинисто-кремнистый сланецъ.

Глинистое вещество сильно окварцовано  
и пересѣчено жилками вторичнаго  
кварца.

Ув. 14. Свѣтъ поляризованный.