

Протодияконов Михаил Михайлович

**Давление горных пород и
рудничное крепление**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 82-3
ББК 84-4
М69

М69 **Михаил Михайлович П.**
Давление горных пород и рудничное крепление / Протодяконов Михаил Михайлович –
М.: Книга по Требованию, 2023. – 128 с.

ISBN 978-5-519-79692-7

ISBN 978-5-519-79692-7

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

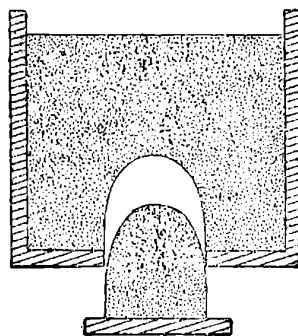
Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг — не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель — вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания — решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

значительном протяжении, как это бывает например в очистных работах (фиг. 8), садясь на почву выработки и на закладку, и т. д.

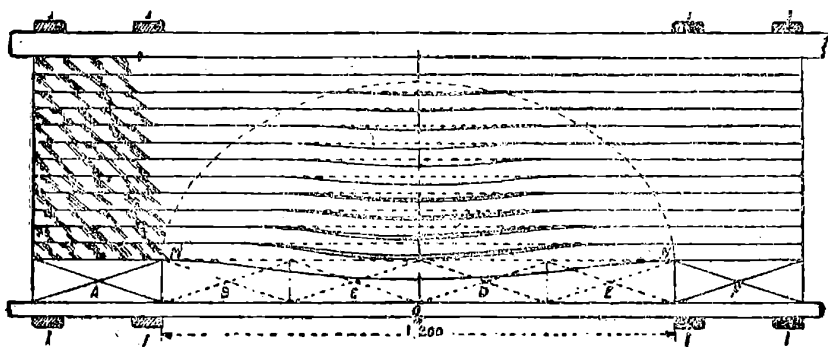
§ 4. Происходящие явления нетрудно воспроизвести на опыте. Чтобы получить свод, достаточно в ящик наложить сырого песка, а в дне ящика сделать вырез, закрытый сперва пластинкой; если затем ее отнять,

часть песка вывалится, оставшись на пластинке, а над отверстием образуется совершенно отчетливый свод (фиг. 9). В наших опытах¹ мы производили непосредственные измерения подобных сводов и нашли, что они приближаются к *параболическим*, только бывают сверху чуть-чуть шире настоящей параболы, что можно объяснить не вполне правильной симметрической фигурой сводов, неизбежно получающейся вследствие не полной однородности сырого песка. При круглом вырезе свод имеет фигуру вращения, при квадратном же вырезе его горизонтальные сечения сначала (снизу) имеют квадратную форму, затем постепенно все более округляются, и сечение принимает форму круга.



Фиг. 9.

§ 5. О том, что происходит в случае слоистых пород, дают представление опыты Фейля². Он брал например ряд плоских аллювиальных канатов (фиг. 10), клал их один на другой, а снизу подкладывал деревянные баклшки. Чтобы концы были зажаты, сверху накладывалась прочная железная лента и все стягивалось скобами. Если выдвигать баклшки, то полосы



Фиг. 10.

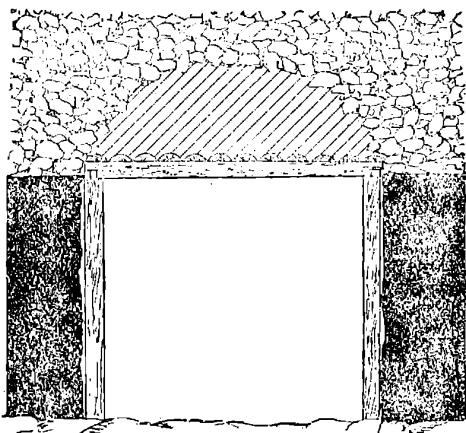
каната над образовавшимся пустым местом прогибаются; нижняя полоса — больше всего, следующая — меньше, следующая еще меньше и т. д. Наконец прогиб уже незаметен. Получилось, что полосы прогибаются

¹ М. Протодьяконов. Попытка опытного исследования законов давления пород на горные выработки. «Горн. журн.». Кн. 4—5. Стр. 31. 1912.

² Fayol. Note sur les mouvements de terrain, provoqués par l'exploitation des mines «Bull. de la Soc. de l'ind. min.». Стр. 805. 1885. Подробно см. главу вторую, §§ 24—26.

внутри *некоторого свода*. Подобных опытов Фейоль произвел множество и все они дают одинаковую картину.

§ 6. Указанное достаточно ясно рисует картину явлений, происходящих в породах после проведения горной выработки. Над выработкой сверху образуется естественный *свод*, за которым порода остается нетронутой. Внутри этого свода начнется постепенное разрушение породы.



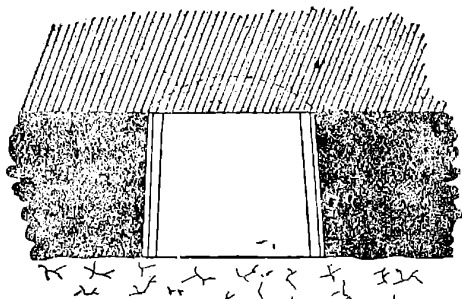
Фиг. 11.

Последнее выражается различно, смотря по обстоятельствам: если порода состоит из отдельных кусков, то части внутри свода просто выпадают в выработку, и свод образуется из кусков, зажатых давлением (фиг. 11); если порода слоистая, то слои внутри свода прогибаются, и свод является границей, за которую прогибание не распространяется (фиг. 10); если породы ломкие, то части внутри свода мало-помалу распадаются на куски, и свод является границей разрушения (фиг. 1); в вязких породах части внутри свода стремятся оторваться в виде купола от остальной массы (фиг. 9), а в крепких породах, где части эти оторваться не могут, они остаются подвешенными к своду, и потолок выработки может держаться плоско (фиг. 12). Как бы то ни было, всякое разрушение ограничивается сводом, и упасть в выработку могут только части внутри его.

рваться не могут, они остаются подвешенными к своду, и потолок выработки может держаться плоско (фиг. 12). Как бы то ни было, всякое разрушение ограничивается сводом, и упасть в выработку могут только части внутри его.

§ 7. Чтобы воспрепятствовать всему этому и сохранить первоначальную форму выработки, необходимо после проведения ее так или иначе ее *закрепить*. С этой целью могущие давить и обрушаться массы, так сказать, «подпираются» крепью, которая принимает на себя давление пород, делает невозможным опускание и выпадение кусков и вообще задерживает деформации, производящие процесс разрушения.

Для большей успешности действия крепления следует пользоваться данными многовековой практики, которая выработала некоторые определенные правила. Так всякое крепление прежде всего должно быть сделано возможно *туже*, т. е. как можно плотнее прилегать к породе. Цель этого понятна: если между породой и крепью остается промежуток, то порода получает возможность прогибаться; прогибаясь, она будет ломаться, деформации будут распространяться все дальше и дальше, вызывая новые и новые разрушения, над крепью будет появляться все больше и больше отделившихся кусков, а разрушенная порода



Фиг. 12.

давит всегда сильнее нетронутой, ибо она потеряла связь с остальной массой.

Затем крепление должно производиться возможно *скоро* после проведения выработки. Деформации в породах происходят не мгновенно, а требуют времени, иногда довольно продолжительного. Поэтому, когда выработка только проведена и в окружающих породах еще не заметно движения, давление на крепь невелико. Именно в это время и следует установить крепь, чтобы по возможности предупредить разрушения.

Наконец крепь всегда должна быть достаточно *прочна*: слабая крепь, будучи в состоянии удержать породу, позволяет ей деформироваться, т. е. опять-таки вызывает усиленное давление, тогда как усиленная крепь, сдерживая деформации, останавливает распространение давления на меньшей величине.

§ 8. Давление на крепь развивается не сразу. Когда движение в породах началось, давление постепенно возрастает все больше и больше и в конечном достигае некоторой наибольшей величины, иногда весьма значительной, усиленно ломая поставленную крепь. Конечно это зависит от того, что на крепь, кроме отделившихся кусков, давит еще остатки бывших до того в породе напряжений. Это явление носит название «первичного давления». Затем все мало-помалу успокаивается: в породах заканчивается перегруппировка напряжений, деформации затихают, все приближается к новому состоянию равновесия, и давление на крепь уменьшается. Поломок крепи становится все меньше и меньше, обваливающаяся порода собирают, поломанные оклады заменяют новыми, где нужно, ставят дополнительную крепь, и выработка начинает служить хорошо, портясь в дальнейшем уже главным образом только от гниения крепления и от случайных причин. На этом основано даже существующее в последнее время воззрение, противоположное указанному выше старинному правилу о необходимости тугого крепления: иногда умышленно предпочитают устраивать первоначальное крепление «податливым», т. е. способным, не ломаясь, несколько уступать давлению. Тогда первичное давление, все равно непреодолимое, только деформирует крепь, а потом, когда все приходит в равновесие, она будет стоять хорошо.

§ 9. Величина давления прежде всего и больше всего зависит от характера пород, от того, что называется их *крепостью*. Чем слабее связь между частями пород, тем большее давление последняя оказывает на крепь. Породы мягкие, вроде мягких глин, обломочные, вроде осыпей, налитые водой, вроде плавучих, распадающиеся на куски, вроде слабых сланцев, легко отстающие слоями, вроде «ложной кровли», — все производят наибольшее давление. Напротив, породы плотные, вроде плотных песчаников и известняков, и вообще породы, держащиеся одной монолитной массой, обнаруживают наименьшее давление.

Также общеизвестна роль *величины подработанной площади*. Чем меньше размеры выработки, тем меньше и давление на крепь. Во всякой породе (кроме разве только разжиженных грунтов) можно вообразить себе настолько малую выработку, что она будет держаться совсем без крепления, и наоборот, всякую породу можно подработать на столь значительное протяжение, что она обвалится.

Вопросом исключительной важности является влияние *глубины*. По всеобщему мнению, в обычных случаях величина давления не зависит от глубины, на которой находится выработка. Это непосредственно вытекает из

представления об образующейся сама собой некоторой фигуре равновесия, почему на крепь могут давить своим весом только отделяющиеся внутри этой фигуры части. «О действительном сопротивлении давлению, — говорит например Манцель¹, — в строгом смысле этого слова не может быть речи, ибо крепление препятствует лишь выпадению внутрь выработки отделяющихся давлением больших или меньших кусков». Основание такого взгляда понятно: рудничная крепь слишком слаба, чтобы выдержать громадный вес пород над выработкой. Легко рассчитать², что крепление штрека обыкновенного типа могло бы безопасно выдержать вес слоя пород толщиной всего лишь в 1 м. Отсюда естественно заключить, что если такая крепь в руднике благополучно стоит на глубине сотен метров под землей, то, значит, давление пород па нее всей массой не имеет места, значит, породы, собственно говоря, держатся сами собой, а на крепь давят только отделившиеся куски. Прямым следствием такого взгляда является то, что, во-первых, *давление на крепь обуславливается породой, а не глубиной*, а во-вторых, *если порода над крепью не разбита трещинами на отдельные куски, то крепь излишня*.

То же подтверждают решительно все опыты и наблюдения. Вот например наши данные³ (площадь, на которую производится давление, 4×4 см)

а) Сухой песок:

Глубина от поверхности	см	8	15	30
Давление	г	38	38	39

б) Льняное семя:

Глубина от поверхности	см	8	16	33
Давление	г	25	24	26

Таким образом, несмотря на изменение *счета* глубины, величина давления несомненно осталась одной и той же (конечно в пределах точности опытов). То же самое дают опыты Энгессера, Пранте и др., о которых речь будет дальше.

Что же касается обстоятельств, необходимых для того, чтобы части породы внутри свода отделились от него и упали в выработку, то условие, чтобы вес выпадающих кусков мог преодолеть силы сцепления, поддерживающие их, так сказать, к своду, очевидно само собой.

«Пока вес вышележащих пород, обнаруженных при подработке и грозящих обрушением, — говорит Бернгарди⁴, — не превосходит сил сцепления, нет никакой надобности в креплении: обрушение кровли не происходит с другой стороны, крепление необходимо, если вес подработанной кровли превосходит силы сцепления или если давление равно разности между силами сцепления и весом подработанной кровли».

И этот взгляд господствует среди работников горного дела. То же подтверждают, как увидим далее, и опыты и теория. Поэтому для расчетов

¹ Menzel. Ueber den Gebirgsdruck in den tieferen Gruben. «Sächsisches Jahrbuch» Стр. 92. 1894.

² См. главу вторую, § 12.

³ М. Протоdjакопов. Попытка опытного исследования законов давления пород на горные выработки. «Горн. журн.». Кн. 4—5. 1912.

⁴ Bernhardi. Ueber den Gebirgsdruck in den verschiedenen Tiefen. Русский перевод, см. «Горн. журн.». Кн. 9. 1903.

можно принимать, как правило, что *давление на крепь равно собственному весу породы внутри свода равновесия*. Правда, иногда, как мы видели, части внутри свода могут остаться подвешенными к своду или разбиться на куски только отчасти; тогда давление на крепь будет конечно меньше указанного; но так как всегда можно предполагать, что со временем разрушение дойдет до конца, то для *расчета* крепи можно принимать вес *тот полностью*.

§ 10. Более внимательное изучение однако показывает, что независимость от глубины, имеющая место в огромном большинстве случаев, не может быть принята безоговорочно.

Так *при весьма большой глубине* это сказывается в целом ряде особых явлений. Правда, наблюдать их не так-то легко: в рудниках о величине давления судят обыкновенно по толщине необходимого крепления, но оно так зависит от усмотрения, настолько может быть приписано изменившейся крепости породы и выражаться в таком незначительном увеличении толщины крепи (ибо диаметр переклада пропорционален лишь кубическому корню давления), что нужно особенно внимательно наблюдать, чтобы заметить разницу. Поэтому там, где рудники сравнительно неглубоки, обычно зависимость между давлением на крепь и глубиной ускользает от наблюдения. Впервые на серебро-свинцовом руднике Гольцаппель, где имеется 16 горизонтов, нам пришлось слышать определенное утверждение, что размеры крепи и стоимость ее ремонта в нижних горизонтах заметно больше, чем в верхних.

Ранним образом Стассар¹ указывает на то, что при глубине 1 150 м стоимость леса на тонну возросла до 85 сантимов вместо обычных 45 сантимов.

Мнение по этому поводу Беригарди² таково. В Верхней Силезии пока глубина не превосходила 100 м, штреки на значительном протяжении стояли без всякого крепления, причем величиной их сечения даже злоупотребляли. При работах между горизонтами 100—200 м наблюдался постепенный, часто едва заметный переход, но в 1873 г. катастрофа в Кенигсгрубе (глубина 160 м) открыла всем глаза и ясно обнаружила факт возрастания давления с глубиной. На глубине 200—300 м пришлось уже заранее отказаться от проведения широких штреков. Потолок в штреках, только что пройденных, но еще не закрепленных, сам собою начинал прогибаться и нередко обрушался. При глубине 300 м и более явления становились резче. Еще глубже давление пород стало явственно отражаться на более легкой добываемости угля и падении процента штучных кусков.

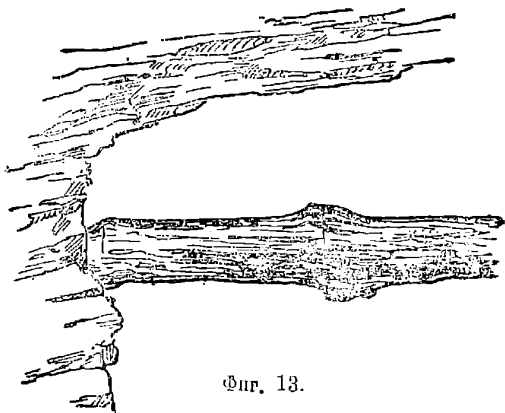
Аналогичные явления отмечает цитировавшийся выше Менцель³. Рудники около Цвиккау при глубине свыше 400 м отличаются весьма большим давлением. Когда проводится выработка, то непрерывно, медленно, но неудержимо начинают вдавливаться в нее — «расти» — грудь забоя, кровля и почва. Концы перекладов раздробляются почти немеленно, и только особый род крепления может сопротивляться этому действующему «как винт» («schraubenartig»), по выражению автора, давлению. Оно имеет только одно преимущество, а именно облегчает добычу угля, который «идет» почти сам собою, и ему нужно только помогать.

¹ Stassart. Les conditions d'exploitation à grande profondeur en Belgique. «Bull. de la Soc. de l'ind. min». T. VI. 1900.

² По русскому переводу в «Горн. жура.», кн. 9, стр. 293 и др., 1903, приводим в сокращенном изложении.

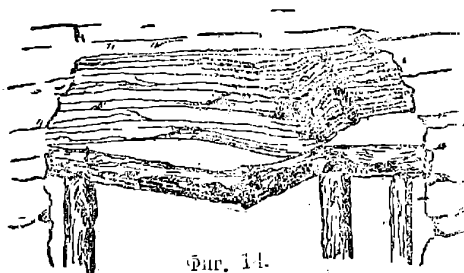
³ «Sachselsch. Jahrbuch». Стр. 92. 1894.

Из приведенных примеров, число которых нетрудно было бы увеличить, нельзя вывести другого заключения, как то, что при очень большой глубине давление пород несомненно возрастает и что независимо от глубины касается только не очень глубоких рудников.

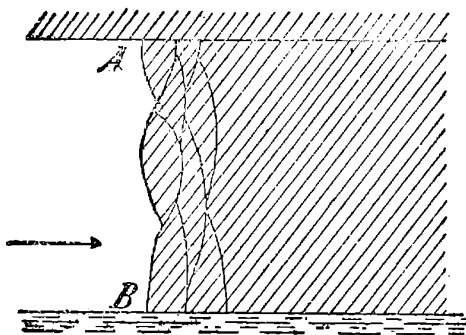


Фиг. 13.

описывает явления в Симплонском туннеле, где глубина от поверхности доходила до 2 км¹: «На южной стороне от 5,3 до 6,9 км туннель проходит по гнейсу и от 7,15 до 9,14 км по филлитовому сланцу. Оба штрека (главный и параллельный) сначала стояли крепко. Через некоторое время в кровле стали отслаиваться тонкие пластинки. Произшедшее продольное сдвигание перекладов (фиг. 13) обнаружилось сдвигание боков. Отделение кусков продолжалось. На перекладах нагнали значительные массы сланцев, и переклады местами прогнулись (фиг. 14). При замене их новыми оказалось, что большая часть отделенного сланца расслоилась, и образовавшиеся тонкие слои изогнулись в складки. В то же время и в почве вследствие подобных же образования складок стал заметно подниматься рельсовый путь».



Фиг. 14.



Фиг. 15.

Все такие явления с несомненностью указывают на существование при большой глубине значительного бокового давления.

§ 12. Вместе с тем обнаруживаются признаки крайне напряженного состояния породы.

В горной практике и при проделке туннелей хорошо известны так называемые «Bergschläge» («

рание» — по-польски; по-русски предложен термин «стрельные»). Явл

¹ Приводим в изложении. Kommerell. Statische Berechnung von Tunnelmauerwerk. Стр. 55.

не это заключается в том, что, когда проводится новая выработка, то в породах слышится треск, нередко достигающий по силе звука ружейного выстрела, и от обнаженной поверхности забоя отскакивают чрезвычайно разнообразные осколки и даже целые глыбы (фиг. 15). Эти обломки бывают неправильного вида; они толще к середине и тоньше к краям, причем замечательно, что отскочив они изменяют свой объем и уже не могут быть вложены в то место, откуда они отскочили. Вся порода кажется находящейся в состоянии крайнего внутреннего напряжения; достаточно например ударить молотком, чтобы вызвать успешное отделение кусков. Проф. Л. Ячевский¹ сравнивает такое состояние породы с состоянием закаленного стекла, не подвергавшегося отжигу. Отскочив, порода уже теряет свои напряженные свойства, точно она была сдвинута, тут получила возможность свободно расширяться. Чаще всего и сильнее его куски отделяются с боков выработки, реже в почве и еще реже — в ювеле. Отделение всегда параллельно обнаженной поверхности забоя и совершенно не зависит от напластования, слоистости или сдвиговых осей. Наблюдается описанное явление во всяких породах: в Силезии Домброве его наблюдают в угле, при проведении Сентотардского туннеля оно имело место в известняке, в Баттингерском туннеле — в гранитоиде, на Шишбрамских серебро-свинцовых рудниках — в граувакке; находят и в известняке, песчанике, в сланцах и т. д. Обнаруживаться «трещинное» может и не тотчас после проведения выработки, а иногда спустя несколько недель и даже месяцев. Равным образом продолжаться оно может долгое время, даже несколько лет, хотя и ослабевает со временем.

§ 13. Из сказанного выше следует, что при большой глубине явления влечения горных пород происходят совсем иначе, чем при сравнительно большой глубине; характерным является не образование в кровле разламывающего свода, а выдавливание боков в выработку. И в то время как при небольшой глубине важен лишь вес частей породы внутри свода, в больших глубинах приходится иметь дело со всем давящим столбом породы. Давление пород, говорит А. Гейм² в своей знаменитой теории образования, есть не что иное, как тяжесть толщ породы. Давление внутри их действует по всем направлениям (гидростатически). Отличие обыкновенного гидростатического давления заключается в том, что в породах нарушения равновесия должны достигнуть значительной степени, чтобы вызвать движение в них, и что последующее восстановление равновесия происходит очень медленно, потому что оно должно преодолеть значительные силы сцепления и внутреннее трение, т. е. должна быть предпринята большая механическая работа.

Во всякой породе можно представить себе столб такой высоты, что его вес превзойдет крепость породы, и подножие столба будет раздвинуто. В зависимости от большей или меньшей крепости породы высота этого столба будет больше или меньше, но всегда указанный случай возможен.

Подобным же образом и в земной коре с глубиной должно возрастать давление. Давящий столб может быть мысленно выделен из покрывающей его соответственной мощности. Под такой толщей существует следовательно давление, которое раздробило бы в порошок породу, если бы

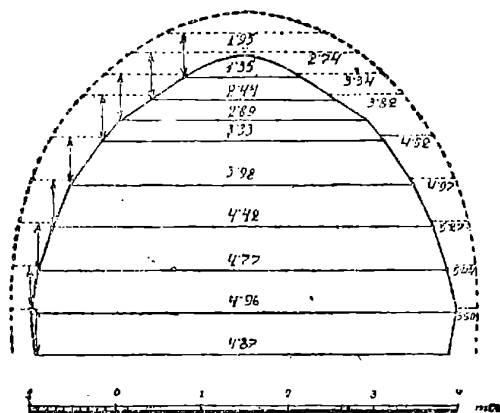
Л. Ячевский. О явлениях «таранис», или «стрелиния», в каменноугольных руд Домбровского бассейна. «Горн. журн.», Кн. 12. 1905.

А. Н. Гейм. Mechanismus der Gebirgsbildung. Basel 1878. Цитируем в извлечениях.

частицы ее были с какой-нибудь стороны свободны. Если же это, а следовательно и раздробление невозможно (так как частицы окружены с всех сторон другими такими же), то предел крепости все же превзойдет

то внутренние силы при внутреннем давлении настолько ослабевают, что изменение формы может происходить без излома: порода начинает течь, как течет лед в глетчерах.

Таким образом на известной глубине всякая порода является «скрытопластичной». Если же с какой-нибудь стороны убрать окружающие частицы (провести выработку), то уравновешивающего давления здесь уже не будет и бывшие до того внутренние напряжения выразятся в разрушении породы. Это и есть явление «стрелиния».



Фиг. 16.

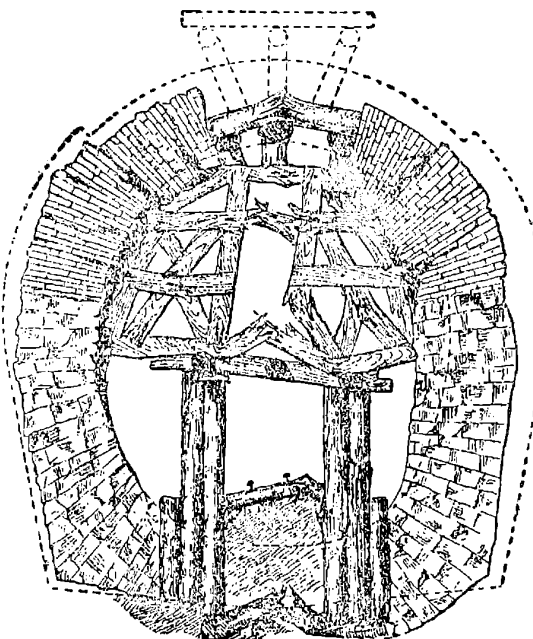
Изложенный взгляд находит подтверждение в многочисленных примерах равномерного сдвигания выработок. Фиг. 16 изображает тщательно произведенные замеры туннеля Штарца в Италии; на фиг. 17

показана деформация туннеля Кристиана и т. д.

Итак приходится в корне разделить изучение явлений при небольшой сравнительно глубине и при глубине весьма значительной. Для нас имеет значение лишь первый случай, ибо подавляющее большинство рудников еще не достигло того предела, за которым напряжения в породах подходят к пределу «скрытой пластичности». Поэтому все наши дальнейшие рассуждения основываются на образовании разгружающего свода, а следовательно и независимости от глубины.

§ 14. Кроме описанного, так сказать *нормального* случая давления горных пород, может быть множество

частных случаев, где местные обстоятельства маскируют общее явление. Пусть например в кровле существует случайная трещина, отрывающая кусок породы (фиг. 18) и являющаяся местом наименьшего



Фиг. 17.

ротивления. Тогда ясно, что вместо всякого свода выйдет просто гот кусок.

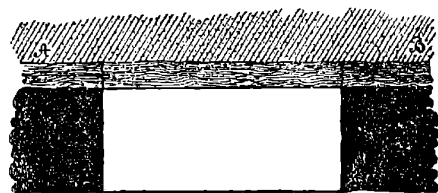
Возьмем другой часто встречающийся на рудниках случай. Пусть неведьке от потолка выработки (фиг. 19) залегает прочная доска мощного репкого песчаника *A*, а непосредственно в кровле пласта проходит нетолстый слой лабого сланца *B*, который легко отстает от песчаника — ак называемая «ложная кровля» («корж»). Ясно, что оталится и упадет в выработку только плоский слой сланца *B*.

Возьмем третий случай: пусть работают два пласта

для *A* и *B* (фиг. 20), разделенные лишь нетолстым слоем сланца *C*. Очевидно, что слой этот

удет изгибаться просто как балка с закрепленными концами.

Еще пример: пусть выработка проходит под антиклинальной складкой (фиг. 21). Тогда в положении 1 выработка будет прикрыта как бы естественным сводом, и давление здесь будет меньше, чем при положении 2. Поэтому в выработке, пересекающей всю эту складку, давление распределится как показано на чертеже.

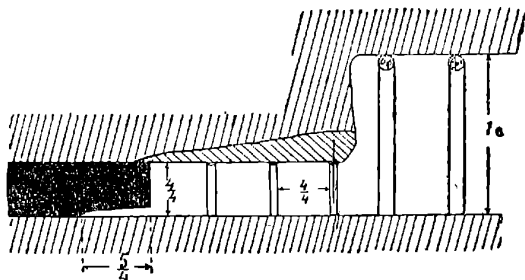


Фиг. 19.

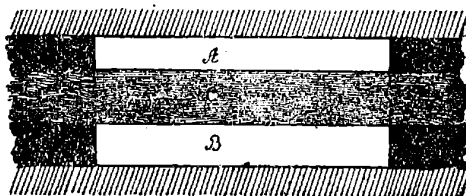
Подобных случаев может быть множество, но все они оказываются конечно чисто местными и для общей картины давления на крепь не характерными.

§ 15. Кроме рассмотренного обычного давления, вызываемого весом толщи пород над выработками, бывают случаи, когда давление вызывается совсем другими причинами. Таково например «поддувание» породы: некоторые горные породы способны увеличиваться в объеме после их пропитывания водой. Поэтому, если закрепить их до пропитывания, то впоследствии получается давление на крепь, иногда чрезвычайно большое.

При этом в одних случаях имеет место просто физическое напитывание породы водой, как например некоторые мергелевые породы. В других случаях соединение с водой бывает химическое. Таков ангидрид целного веса 3,2, дающий гипс удельного веса 2,2—2,4. Для вспучивания некоторых пород, как например соленосных мергелей, достаточно бывает уже влажного рудничного воздуха; мергели с тонковкрашенным



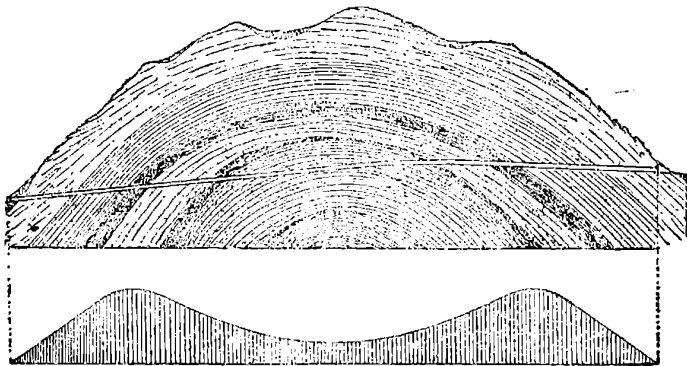
Фиг. 18.



Фиг. 20.

серным колчеданом, а равно уголь увеличиваются в объеме вследствие окисляющего действия кислорода воздуха и т. п.

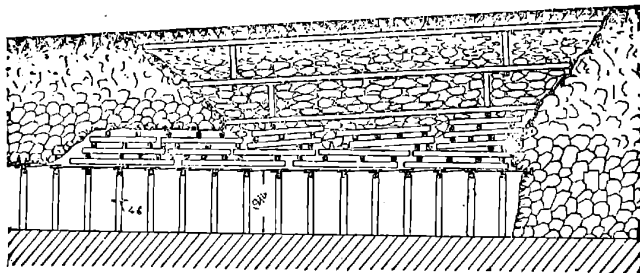
§ 16. Кроме явлений в самой выработке влияние горных работ отражается и на всей толще пройденной породы, иногда до самой поверхности. Это — так называемые *оседания поверхности*, имеющие чрезвычайно важное значение для сооружений над рудниками. Явление заключается в то



Фиг. 21.

что после проведения горных выработок поверхность над ними покрывается трещинами на значительном пространстве и оседает, а иногда образует воронки и провалы (фиг. 23). При этом конечно страдают имеющиеся постройки и сооружения — дома, мосты, железнодорожные линии и пр. Этот вопрос постоянно привлекал к себе особое внимание.

Вопрос об оседании поверхности имеет несколько сторон. Прежде всего необходимо выяснить *направление трещин излома* пород в зависимости от различных обстоятельств. Затем с этим непосредственно связаны вопросы о *предохранительных целиках*, которые необходимо оставлять



Фиг. 22.

при горных работах под теми сооружениями, которые желают предохранить от повреждения, и наконец вопрос о *безопасной глубине*, иначе сказать, на какой глубине подземные работы перестают оказывать влияние на поверхность.

§ 17. Такова фактическая картина явлений, наблюдаемых в породах при проведении горных выработок, которую можно установить, если систематизировать известные ныне факты.