

Горн. Инж. К. Ржоненицкий.

РУДНИЧНЫЙ ГАЗЪ

и

КАМЕННОУГОЛЬНАЯ ПЫЛЬ.



ИЗДАНИЕ
Бюро изслѣдованій почвы
М. Морская, 22.

Дозволено цензурою. С.-Петербургъ. 8 сентябры 1898 г.

Типографія П. П. Соикина. Стремянная, 12.

РУДНИЧНЫЙ ГАЗЪ И КАМЕННУГОЛЬНАЯ ПЫЛЬ.

Гор. Инж. К. Ржонсничнаго.

ВВЕДЕНІЕ.

Во многихъ каменноугольныхъ выработкахъ какъ самый уголь, такъ и окружающія его породы выдѣляютъ, такъ называемый, болотный, иначе рудничный газъ; отъ соединенія послѣдняго въ извѣстной пропорціи съ воздухомъ получается „гремячій газъ“ (Schlagende Wetter), т. е. смѣсь, воспламененіе которой сопровождается сильнымъ взрывомъ, со всѣми его гибельными для окружающаго послѣдствіями.

Первыя свѣдѣнія о появленіи въ выработкахъ рудничнаго газа находимъ у Роберта Плѣта, въ его „Natural History of Staffordshire. 1686“, который, перечисляя встрѣчаемые въ тамошнихъ рудникахъ газы, упоминаетъ и „fire damp“ или „wild fire“.

Въ концѣ XVI столѣтія газъ этотъ извѣстенъ уже и въ Бельгій и съ этого почти времени беретъ начало варварскій обычай, въ силу котораго одинъ изъ, такъ называемыхъ, „кающихся“ (penitente—fireman) передъ смѣной опускался въ выработки и, пробѣгая таковыя съ зажженнымъ факеломъ, сожигалъ накопившіеся тамъ рудничный газъ, жертвуя при-этомъ перѣдко жизнью.

Въ Германіи и Австріи появленіе гремучаго газа оставалось до половины настоящаго столѣтія исключительно явленіемъ спорадическимъ и удаленіе вредныхъ газовъ изъ выработокъ, при незначительной глубинѣ послѣднихъ и многошахтной системѣ разработки, являлось вопросомъ второстепеннымъ. Начиная почти только съ сороковыхъ годовъ

работы стали тамъ вестись на болѣе глубокихъ горизонтахъ; явилась необходимость сконцентрировать таковыя и ограничиться возможно меньшимъ числомъ шахтъ. Послѣдствія не замедлили обнаружиться; несмотря на замѣну удовлетворявшей до того времени естественной вентиляціи искусственной, несмотря на крупныя усовершенствованія, достигнутыя въ этомъ направленіи, климатическія условія выработокъ ухудшились, въ смыслѣ увеличившейся опасности взрывовъ гремучаго газа, которые все чаще и чаще стали повторяться, унося всякій разъ многочисленныя жертвы!

Такое положеніе дѣла не могло продолжаться долго. По почину Франціи, пригласившей въ 1877 году лучшія свои силы, какъ, напр., Berthelot, Mallard, Le Chatelier и такъ далѣе,— для изслѣдованія и всесторонняго изученія причинъ взрывовъ гремучаго газа и изысканія мѣръ предотвращенія таковыхъ, учреждена была двумя годами позже подобная же коммиссія въ Англіи и Бельгіи, въ 1881 году въ Пруссіи и Саксоніи и, наконецъ, въ 1885 году въ Австріи. Труды упомянутыхъ коммиссій, дополненные многочисленными частными изслѣдованіями и наблюденіями, выяснили многое, остававшееся до того времени неяснымъ и послужили для составленія многочисленныхъ правительственныхъ предписаній и инструкцій, обязательныхъ для рудниковъ съ гремучимъ газомъ, осмысленное примѣненіе которыхъ, хотя и не въ состояніи вполне устранить возможности взрывовъ, оказываетъ тѣмъ не менѣе громадныя услуги въ борьбѣ съ этимъ злѣйшимъ врагомъ каменноугольнаго дѣла.

I. Зависимость появленія рудничнаго газа отъ геологическаго возраста породъ, качествъ и условій залеганія угля.

Если до сихъ поръ, а равно и въ послѣдствіи, говоря о рудничномъ газѣ мы всегда имѣемъ въ виду лишь коменноугольныя выработки, то это объясняется тѣмъ обстоятельствомъ, что на практикѣ до сихъ поръ исключительно въ послѣднихъ газъ этотъ встрѣченъ въ такомъ количествѣ, что, несмотря на принимаемыя мѣры предосторожности, является всегда источникомъ серьезной опасности. Изъ этого, однако-жь, не слѣдуетъ, чтобы возможность его находженія исключена была и въ другихъ случаяхъ, гдѣ обстоятельства благопріятствовали его образованію, вполне при томъ независимо отъ геологическаго возраста породъ. Подтверждается это находженіемъ рудничнаго газа въ нѣкоторыхъ соля-

ныхъ копяхъ, въ залежахъ желѣзной руды и, наконецъ, въ изрядномъ даже количествѣ, во многихъ буро-угольныхъ выработкахъ третичной формаци.

Трудно тоже найти какую либо связь между качествами и условіями залеганія углей и количествомъ встрѣчаемаго въ нихъ рудничнаго газа. Въ то время, какъ въ Англіи, Бельгіи, Франціи и на копяхъ Саарбрюкена угли жирные, съ обильнымъ содержаніемъ летучихъ веществъ, являются болѣе богатыми этимъ газомъ, въ Вестфалии, въ окрестностяхъ Цвикау и, наконецъ, въ южной Силезіи, наблюдается совершенно обратное. Въ Силезіи напримѣръ, наиболѣе обильное выдѣленіе рудничнаго газа наблюдается въ нижнихъ пластахъ, несмотря на то, что уголь этотъ менѣе спекается и содержитъ менѣе летучихъ веществъ, чѣмъ уголь верхнихъ пластовъ. Въ С. Америкѣ, въ Пенсильваніи, наиболѣе богаты рудничнымъ газомъ антрациты; полуантрациты, встрѣчаемые здѣсь подобно тому какъ и у насъ на Югѣ между антрацитами и имѣющимися на западѣ жирными углями, обнаруживаютъ лишь незначительное включеніе этого газа, что, впрочемъ, отчасти объясняется незначительной, не превышающей 300 футь, глубиной здѣшнихъ выработокъ.

Несмотря, однако-жъ, на указанное нами разнообразіе условій нахожденія и содержанія въ угляхъ рудничнаго газа, на практикѣ установимъ слѣдующія на этотъ счетъ возрѣнія, подтверждаемыя въ большинствѣ случаевъ дѣйствительностью:

1) Если породы каменноугольной формаци имѣютъ непосредственные выходы на дневную поверхность, то на выходахъ круто-падающихъ пластовъ угля наблюдается значительное уменьшеніе количества рудничнаго газа, простирающееся, въ зависимости отъ качества угля, на болѣе или менѣе значительную глубину пласта. Известны, напр., случаи выдѣленія при подобныхъ условіяхъ газа до глубины 400 метровъ отъ поверхности. Пологопадающіе, въ особенности глубоко залегающіе, пласты являются, при прочихъ условіяхъ одинаковыхъ, обыкновенно болѣе богатыми газами.

2) Если пласты не имѣютъ выхода на дневную поверхность и въ особенности, если они прикрыты плотными, пластичными глинами, то въ крутопадающихъ пластахъ верхнія части обыкновенно содержатъ больше рудничнаго газа, чѣмъ болѣе глубокія.

3) Чѣмъ болѣе трещиновата и менѣе плотна прикрышка пластовъ

каменноугольной формации, тѣмъ слабѣе въ нихъ выдѣленіе рудничнаго газа.

4) Указанное въ пунктахъ 1 по 3 стремленіе рудничнаго газа занять верхніе горизонты и объясняемое незначительнымъ его удѣльнымъ вѣсомъ, лучше всего наблюдается при волнообразномъ залеганіи пластовъ, гдѣ сѣдла и прилегающія къ нимъ части пласта несравненно богачѣ этимъ газомъ, чѣмъ котловины.

5) Всѣ пустоты, раасѣлины и трещины въ сопровождающихъ уголь породахъ, происшедшія отъ сдвиговъ и другого рода дислокаціи пластовъ, содержатъ обыкновенно столько же рудничнаго газа, какъ и сосѣдніе съ ними пласты каменнаго угля.

6) Изъ плотнаго, твердаго угля выдѣленіе газа происходитъ всегда медленнѣе, чѣмъ изъ мягкихъ сортовъ послѣдняго.

7) Спекающіеся угли въ большинствѣ случаевъ богаче рудничнымъ газомъ чѣмъ угли тощіе.

8) Смолистые, трещиноватые глинистые сланцы, составляющіе нерѣдко кровлю угольнаго пласта, выдѣляютъ, при разработкѣ послѣдняго, часто болѣе газа, чѣмъ самый уголь, и наконецъ,

9) Въ одной и той же свитѣ пластовъ, пласты болѣе молодого возраста обыкновенно богаче газомъ, чѣмъ болѣе древніе.

2. Происхожденіе рудничнаго газа, количество, напряженіе и состояніе, въ какомъ послѣдній находится въ угляхъ.

Рудничный газъ, происхожденіе котораго приписывается нѣкоторыми наблюдателями химическимъ процессамъ, происходившимъ будто бы въ нѣдрахъ земли въ отложившемся углѣ и совершенно тождественнымъ съ наблюдаемыми при сухой перегонкѣ растительныхъ веществъ, находится включеннымъ въ угольной массѣ въ напряженномъ состояніи; достаточно, чтобы равновѣсіе нарушилось, т. е. въ извѣстномъ направленіи сопротивленіе выходу газовъ уменьшилось, какъ тотчасъ и начинается выдѣленіе послѣднихъ, сначала болѣе сильное, затѣмъ, постепенно ослабѣвающее и прекращающееся, наконецъ въ то время, когда болѣе отдаленныя частицы газа встрѣчаютъ на своемъ пути къ выходу, сопротивленіе, равнoсильное ихъ собственному напряженію, т. е. когда вновь наступаетъ равновѣсіе.

Въ какомъ собственно видѣ находится рудничный газъ въ угляхъ, въ газообразномъ-ли, жидкомъ или даже твердомъ остается до сихъ

поръ вопросомъ не вполне выясненнымъ, хотя первое является, какъ увидимъ дальше, наиболѣе вѣроятнымъ. Приверженцы жидкаго метана, составляющаго преобладающую часть рудничнаго газа, утверждаютъ, что послѣдній обладаетъ будто-бы громадною склонностью переходить въ газообразное состояніе и ссылаются главнымъ образомъ на обширныя изслѣдованія инспектора бельгійскихъ рудниковъ, инженера Arnould. Послѣдній указываетъ именно на фактъ находженія въ нѣкоторыхъ минералахъ жидкаго метана, или весьма близкаго къ нему углеводорода и утверждаетъ, основываясь на сравненіи объема вторгнувшихъ внезапно въ выработки газовъ, съ измѣреннымъ имъ многократно объемомъ тѣхъ пустотъ и трещинъ, изъ которыхъ вторженія эти произошли, что безъ превращенія газовъ въ жидкое или даже твердое тѣло, невозможно себѣ представить такого ихъ сжатія, при которомъ они могли бы помѣститься въ упомянутыхъ сборникахъ.

Большинство, однако-жь, занимавшихся этимъ вопросомъ инженеровъ, а въ томъ числѣ и Lindsay-Wood ¹⁾ и Mallard ²⁾ полагаютъ, что рудничный газъ, образованіе котораго совпадаетъ со временемъ отложенія залежей угля, находится включеннымъ въ порахъ послѣдняго въ газообразномъ видѣ. Не говоря о затруднительности, подчасъ даже невозможности, точнаго измѣренія Арнульдомъ первоначальныхъ вмѣстимости газовъ, которыя посредствомъ незамѣтныхъ для глаза трещинъ, легко могутъ находиться въ сообщеніи съ другими, несравненно быть можетъ болѣе просторными пустотами и трещинами горныхъ породъ,—они противопоставятъ въ свою очередь трудъ инженера Hubert'a, согласно изслѣдованію котораго, температура породъ на извѣстной глубинѣ, должна быть выше критической температуры метана ³⁾, т. е. той температуры, при которой какое бы то не было давленіе, не въ силахъ уже превратить его въ жидкость. Дѣйствительно, непосредственные опыты Natterer'a подтвердили, что при обыкновенной, напр., температурѣ невозможно достигнуть этого даже при давленіи въ 2,290 атмосферъ, и если Pictet удалось превращать въ жидкость нѣкоторые легкіе углеводороды, а въ томъ числѣ и метанъ, при давленіи въ 500 атмосферъ, то только благодаря охлажденію этихъ газовъ ниже 100° С.

¹⁾ Lindsay-Wood. Proceedings of the North England Institute of Mining and Mechanical Engineers. 1881. t. XXX, pag. 163.

²⁾ Mallard. Annales des mines 1882. 8-e ser. t. I, pag. 530.

³⁾ Критическая температура метана—75,5°, С., критическое давленіе—46,8 атмосферъ.

Наконецъ, какъ замѣчаетъ членъ австрійской комиссиі, инженеръ Sproth, предположеніе о жидкомъ состояніи металла не согласуется съ наблюдаемымъ на практикѣ. Переходъ его именно изъ этого состоянія въ газообразное, долженъ быть чѣмъ-либо обусловленъ; въ выработкахъ, напр., его могло бы вызвать обнаженіе угля т. е. соприкосновеніе послѣдняго съ воздухомъ, причемъ дѣйствіе проявилось бы лишь на нѣкоторомъ разстояніи отъ забоя, между тѣмъ какъ въ дѣйствительности сила напряженія газовъ въ углѣ значительно возрастаетъ по мѣрѣ удаленія отъ послѣдняго. Гораздо поэтому проще допустить, что газообразный метанъ находится включеннымъ въ уголь, благодаря лишь способности послѣдняго, на подобіе многихъ другихъ тѣлъ, сгущать газы въ своихъ порахъ въ громадномъ количествѣ. Такъ, напримѣръ, извѣстно, что губчатая платина въ состояніи поглотитъ 106 объемовъ кислорода, а палладіумъ, при благопріятныхъ обстоятельствахъ, даже 936 объемовъ водорода!

Для опредѣленія напряженія, въ какомъ находятся сгущенные въ угляхъ газы, предприняты были многочисленныя изслѣдованія. Всѣ они состояли въ томъ, что въ скважинахъ различной длины, пробуренныхъ въ забояхъ, помѣщались трубки, не доходяція вполне до конца скважины и кольцеобразное пространство, между трубкой и стѣнками послѣдней, забивалось возможно тщательно посредствомъ плотной глины, гипса, цемента и т. д. Выступающій наружу конецъ трубки соединялся, смотря по давленію, съ водянымъ, ртутнымъ либо пружиннымъ манометромъ, при помощи котораго и измѣрялось давленіе собирающихся въ трубкѣ газовъ. Изъ всѣхъ подобныхъ наблюденій выяснилось слѣдующее:

а) Давленіе, равно какъ и количество выдѣляющихся изъ угля газовъ, не только въ различныхъ мѣстностяхъ, но даже въ разныхъ пунктахъ одного и того-же пласта, далеко не одинаковы и колеблются зъ весьма широкихъ предѣлахъ; въ то время, какъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ давленіе это выражалось лишь нѣсколькими миллиметрами водяного столба, при другихъ наблюденіяхъ оно достигало 5 до 10 атмосферъ; въ Англіи, на копи Boldon, при длинѣ скважины въ 14,3 метра, найдено 32 атмосферы, а въ Бельгіи въ одномъ случаѣ даже 42,5 атмосферы!

б) Незначительное съ поверхности давленіе газовъ, возрастаетъ, хотя и не пропорціонально, по мѣрѣ удаленія отъ забоя; максимумъ

давленія наблюдается, однако-жь, въ различныхъ случаяхъ, далеко не въ одинаковомъ отъ послѣдняго разстояніи, которое, повидимому, обусловлено: продолжительностью времени, въ теченіи котораго забой, оставаясь открытымъ, выдѣляютъ газы, равно какъ и большей или меньшей способностью угля пропускать таковыя.

в) Давленіе газовъ совершенно не зависитъ отъ ихъ количества и въ свою очередь количество выдѣляющихся газовъ не столько зависитъ отъ давленія, сколько отъ качествъ самаго угля, т. е. его большей или меньшей пористости и твердости. Наиболѣе обильное выдѣленіе газовъ наблюдается обыкновенно на недалекомъ, не превышающемъ 2 метровъ, разстояніи отъ забоя.

г) Сравнивая, наконецъ, нѣсколько сосѣднихъ буровыхъ скважинъ между собою, необходимо допустить, что проницаемость угля, въ смыслѣ быстрого по немъ перемѣщенія частичекъ газа съ одного на другое мѣсто, весьма незначительна, между тѣмъ какъ колебанія въ давленіи газовъ передаются весьма быстро.

Если съ нѣкоторымъ вниманіемъ остановимся надъ вышеприведенными результатами наблюденій, то нельзя не согласиться, что таковыя въ сущности не выясняютъ и не могутъ выяснить вопроса о первоначальномъ давленіи включенныхъ въ уголь газовъ. Найденное такимъ путемъ давленіе можетъ скорѣе служить мѣриломъ большей или меньшей способности даннаго угля передавать таковое и пропускать газы, но не даетъ еще понятія о дѣйствительной степени сгущенія послѣднихъ, которое, судя по количеству газовъ, должно быть громадное!

Какой степени сжатія подвергаются сгущенные въ уголь газы можно составить себѣ понятіе изъ слѣдующаго примѣра, приводимаго инженеромъ Spoth въ его отчетѣ, представленномъ австрійской комиссіи.

Количество рудничнаго газа, выдѣляющагося въ сутки изъ шахты „Johann“ графа Лариша въ Карвинѣ, составляетъ среднимъ числомъ 39,571 куб. метр., т. е. 14.443,415 куб. метр. въ годъ. Часть этихъ газовъ происходитъ, безспорно, изъ окружающихъ уголь породъ ¹⁾, но преобладающую ихъ долю нужно приписать добываемому углю, такъ какъ

¹⁾ Во время посѣщенія мною этой копи, при спасательныхъ послѣ взрыва работахъ, въ восточной части поля, наблюдалось много трещинъ въ подошвѣ, съ весьма обильнымъ выдѣленіемъ газовъ.

дѣйствіе забоевъ остается въ данномъ случаѣ безъ особаго вліянія, ибо то количество газовъ, которое выдѣлится изъ послѣднихъ, не выдѣляется за то вполнѣдствіи изъ зарубленного кусковаго угля. Если, наконецъ, замѣтимъ, что послѣдній далеко не успѣваетъ выдѣлить въ выработкахъ всего количества заключающихся въ немъ газовъ и полное ихъ выдѣленіе можетъ быть вызвано лишь искусственнымъ путемъ (нагрѣваніемъ), то намъ кажется не преувеличеннымъ предположеніе Spoth'a, что только $\frac{1}{8}$ часть упомянутаго количества газовъ поступаетъ въ выработки изъ добытаго за это время угля. Зная годовую производительность шахты и принимая далѣе, что поры въ углѣ составляютъ даже 1%, его объема, оказывается, что въ данномъ случаѣ, для вмѣщенія всего количества газовъ, 2,500 куб. м. послѣднихъ должны быть сжаты до объема 1-го куб. метра, что соотвѣтствуетъ давленію въ 2,500 атмосферъ! Въ дѣйствительности давленіе это должно быть еще значительнѣе, такъ какъ газы слѣдуютъ закону Мариотта приблизительно лишь до 100 атмосферъ и дальнѣйшее уменьшеніе ихъ объема можетъ быть достигнуто лишь непропорціональнымъ увеличеніемъ давленія. Что подобныя давленія нигдѣ при наблюденіяхъ не обнаружены, нисколько не противорѣчитъ вышесказанному; сила, съ которой угли удерживаютъ въ себѣ сгущенные газы, не проявляется наружу и не измѣрима имѣющимися въ нашемъ распоряженіи средствами, какъ это лучше всего показываютъ слѣдующія наблюденія. Не обнаруживающей уже признаковъ газовъ кусковой уголь, помѣщенный въ реторту съ водою и нагрѣваемый до 100° С. въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени, всегда еще выдѣляетъ изъ себя нѣкоторое количество рудничнаго газа, которое, въ зависимости отъ качествъ угля и продолжительности его соприкосновенія съ воздухомъ, колеблется въ весьма широкихъ предѣлахъ. Такъ, 100 граммовъ изъ Durham въ Англіи дали при подобныхъ испытаніяхъ отъ 211 до 238 куб. сантим. рудничнаго газа; по опредѣленію Muck'a ¹⁾, германскіе угли выдѣляютъ отъ 13,6 до 91,2 куб. сантим., а при изслѣдованіи, предпринятомъ въ Австріи, получилось при 24 испытаніяхъ отъ 50 до 100, а въ 62 случаяхъ отъ 100 до 586 куб. сантиметровъ.

Если возьмемъ послѣдній случай, относящійся къ углю изъ пласта „Osmana“, около Iaclowetz въ Австріи, 100 грам. котораго выдѣлили 586

¹⁾ Dr. F. Muck. Steinkohlen-Chemie. Bonn. 1881 pag. 54.

куб. сантим. рудничнаго газа, и примемъ вновь, что поры въ углѣ составляютъ 1% его объема, то находимъ, что 586 куб. м. газовъ должны вмѣщаться въ объемъ поръ = 0,77 куб. сент., т. е. должны бы обнаруживать давленіе больше, чѣмъ въ 760 атмосферъ; между тѣмъ, какъ въ дѣйствительности, тотъ же уголь, помѣщенный въ закрытый сосудъ, сообщающійся съ водянымъ манометромъ, не проявлялъ даже признаковъ давленія.

Все это подтверждаетъ лишь высказанное раньше предположеніе, а именно, что: *уголь обладаетъ способностью сгущать, поглощать и удерживать въ своихъ порахъ иногда громадныя количества газовъ и что, въ такомъ именно состояніи, втрѣче всего, находится въ немъ и изучаемый нами рудничный газъ.*

Необходимо въ заключеніе замѣтить, что при лежаніи угля на воздухѣ, способность его поглощать и удерживать газы въ значительной мѣрѣ ослабѣваетъ. Въ вѣвѣтрелыхъ, кромѣ того, образцахъ угля всегда наблюдается, рядомъ съ уменьшеніемъ количества, и измѣненіе химическаго состава включенныхъ газовъ, происшедшее въ силу химическихъ процессовъ, какіе происходятъ внутри угля отъ поглощенія имъ кислорода воздуха.

3. Различные источники появленія рудничнаго газа въ выработкахъ: выдѣленіе изъ забоевъ; фонтаны или блезеры: dégagements instantanés и выработанныя пространства.

Еще ранѣе замѣчено нами, что въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ угольные пласты прикрыты рыхлыми, трещиноватыми породами, рудничный газъ проникаетъ въ послѣднія и можетъ при благоприятныхъ условіяхъ достигнуть даже поверхности земли и быть, вообще, встрѣченнымъ въ такихъ мѣстахъ, гдѣ присутствія его никоимъ образомъ подозрѣвать не было возможности. Неоднократно, напримѣръ, имѣли мѣсто взрывы газовъ при углубленіи колодцевъ и шахтъ въ то время, когда послѣдними проходили третичные пески или песчанистыя глины на значительномъ еще разстояніи отъ угольнаго пласта и гдѣ присутствіе газовъ могло быть объяснено исключительно указанной нами выше способностью его перемѣщаться вверхъ по пустымъ породамъ.

Гораздо чаще встрѣчаемся съ этимъ явленіемъ при проведеніи квершлаговъ или другихъ выработокъ по пустымъ породамъ, окружающимъ уголь. Появленіе въ нихъ газовъ, обусловленное пересѣченіемъ

выработками наполненных газомъ пустотъ и трещинъ, не можетъ, очевидно, оставаться постояннымъ; отсутствуя совершенно, они появляются вдругъ въ громадномъ иногда количествѣ, исключительно въ зависимости отъ размѣровъ и количества встрѣченныхъ на пути хранилищъ рудничнаго газа. При прохожденіи, впрочемъ, богатыхъ растительными остатками углистыхъ сланцевъ, выдѣленіе рудничнаго газа, образовавшагося въ самихъ сланцахъ, является болѣе постояннымъ; болѣе слабое, чѣмъ въ самомъ углѣ, оно наблюдается иногда въ теченіе продолжительнаго времени, чего не слѣдуетъ упускать изъ виду, въ случаѣ употребленія добываемой пустой породы на закладку выработанныхъ пространствъ.

Переходя къ главному мѣсторожденію рудничнаго газа, т. е. рассматривая появленіе его въ каменноугольныхъ выработкахъ, можно отмѣтить, что тутъ бываетъ оно либо нормальное, либо случайное.

Подъ нормальнымъ появленіемъ газовъ подразумѣваемъ выдѣленіе послѣднихъ свѣжими забоями угля и обнаженными частями окружающихъ уголь породъ. Выдѣленіе газовъ изъ свѣжихъ забоевъ угля сопровождается, въ большинствѣ случаевъ, явственно различаемымъ шумомъ (*chant de grisou*), похожимъ на звуки, издаваемые водою въ моментъ ея закипанія, и происходящимъ, повидимому, отъ откалыванія и разрушенія мельчайшихъ угольныхъ пластинокъ, встрѣчаемыхъ на пути газомъ и не выдерживающихъ того давленія, съ которымъ послѣдній устремляется наружу. Нѣмецкіе горнорабочіе весьма удачно подмѣтили сходство этого шума съ шепотомъ раковъ, сложенныхъ на кучу,—и явленіе это называютъ „*das Krebsen*“.

По истеченіи нѣкотораго времени шумъ этотъ ослабѣваетъ и, наконецъ, прекращается совершенно; забои оказываются освобожденными отъ газовъ на нѣкоторую толщугля, представляющую достаточное сопротивленіе выдѣленію послѣднихъ. Если по какимъ-либо причинамъ температура рудничнаго воздуха повысится, то выдѣленіе газовъ можетъ возобновиться на нѣкоторое время, хотя по наблюденіямъ „*Marsilly*“ имѣются и такіе угли, которые, при нормальной температурѣ выработокъ, успѣваютъ на нѣкоторомъ разстояніи отъ забоя, выдѣлить весь заключенный въ нихъ рудничный газъ, и нагрѣты затѣмъ даже до 300° С. присутствія послѣдняго уже болѣе не обнаруживаютъ.

Усиливающимъ выдѣленіе газовъ дѣйствіемъ возвышенной температуры объясняется отчасти наблюдаемое нерѣдко явленіе, что

въ рудникахъ, работающихъ на болѣе глубокихъ горизонтахъ, выдѣленіе газовъ болѣе обильно, чѣмъ въ выработкахъ того же пласта, расположенныхъ выше по возстанію, несмотря на совершенно одинаковыя прочія условія и тождественныя качества угля.

Что же касается мѣръ предосторожности противъ только что описаннаго появленія рудничнаго газа, то единственно раціональнымъ является дѣятельное провѣтриваніе забоевъ. Хорошо тоже производить работы съ такимъ расчетомъ, чтобы подвиганіе забоевъ происходило съ остановками на нѣкоторое время, въ теченіе котораго они успѣли бы освободиться до нѣкоторой степени отъ включенныхъ въ нихъ газовъ.

Кромѣ нормальнаго выдѣленія газовъ изъ забоевъ наблюдаются нерѣдко еще и случайныя; внезапныя ихъ появленія, несравненно болѣе опасныя, какъ по своей неожиданности, такъ и по громадному иногда количеству проникающаго въ выработки рудничнаго газа.

Къ числу подобныхъ явленій нужно отнести: выдѣленіе газовъ изъ такъ называемыхъ фонтановъ ¹⁾ или блезеровъ (Bläser-soufflardblowers), затѣмъ бельгійскіе „dégagements instantanés“ и наконецъ, англійскіе „sudden outburst“.

Фонтаны или блезеры въ рѣдкихъ только случаяхъ берутъ свое начало въ самомъ углѣ, чаще въ окружающихъ его породахъ, и встрѣчаются преимущественно въ мѣстахъ дислокаціи пластовъ, т. е. вблизи сбросовъ, сдвиговъ и другихъ нарушеній напластыванія. Образовавшіяся при этомъ пустоты и трещины содержатъ въ себѣ огромное иногда количество старыхъ газовъ (нерѣдко съ водою) и встрѣченныя во время работъ являются источникомъ обильнаго выдѣленія послѣднихъ. Интенсивность этого выдѣленія со временемъ ослабѣваетъ, но нерѣдко, вслѣдствіе ли пополненія пустотъ изъ насыщенныхъ газомъ окружающихъ породъ или вслѣдствіе сообщенія ихъ съ другими обширными такими же пустотами, выдѣленіе изъ нихъ газовъ продолжается весьма долго. Такъ, на примѣръ, на копи „Tune“, въ Англіи, встрѣченъ былъ фонтанъ, дававшій въ теченіе года около 190 куб. мет. рудничнаго газа въ минуту, а на рудникѣ „Weilweiler“ въ Саарбрюкенѣ, дѣйствіе фонтана продолжалось въ теченіи 50 лѣтъ! Вы-

¹⁾ Вслѣдствіе нѣкотораго сходства явленія съ наблюдаемыми при буреніи на нефть, терминъ „фонтанъ“, кажется намъ довольно подходящимъ.

дѣляющіися такимъ образомъ газъ, уловленный и выведенный посредствомъ трубъ на поверхность, можетъ получить даже практическое примѣненіе; такъ, напримѣръ, согласно „Iage“, еще въ прошломъ столѣтіи освѣщался рудничнымъ газомъ маякъ на берегу „Whitehaven“ и подобнымъ же образомъ утилизировался этотъ газъ Стифенсономъ для освѣщенія съ 1831 по 1835 годъ поверхности рудника Wilmington.

Встрѣча фонтановъ гораздо опаснѣе, нежели нормальное выдѣленіе газовъ изъ угля; громадное количество, устремляющагося при этомъ въ выработки, рудничнаго газа легко можетъ, несмотря на весьма дѣятельную вентиляцію, придать рудничному воздуху свойство гремучей смѣси. Нельзя не посовѣтовать поэтому во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, гдѣ можно подозрѣвать присутствіе фонтановъ, преимущественно приближаясь выработками къ сбросамъ и сдвигамъ, проводить, по направленію подвиганія забоевъ, развѣдочныя буровыя скважины, и вслучаѣ обнаруженія посредствомъ таковыхъ фонтана, немедленно заботиться отведеніемъ изъ выработокъ выдѣляющихъ изъ него газовъ.

Еще болѣе опасными и трудно объяснимыми являются внезапныя вторженія въ выработки газовъ, наблюдаемыя съ 1847 года въ Бельгій, названныя тамъ „dégagements instantanés“ и отличающіяся отъ подобныхъ же явленій въ Англіи (sudden outburst) лишь тѣмъ, что первыя берутъ, повидимому, свое начало изъ угольнаго цѣлика въ то время, какъ послѣднія, происходятъ въ большинствѣ случаевъ изъ подошвы или потолка выработокъ.

Dégagements instantanés, описываемые подробно Арнульдомъ ¹⁾ наблюдаются почти въ рудникахъ, глубина которыхъ превосходитъ 250 метровъ и имѣютъ, повидимому, нѣкоторую связь съ нахожденіемъ въ углѣ особаго горючаго, называемаго въ Бельгій „huile daloïde“, во Франціи „Susain“, а въ Англіи „danty coal“. Эта чрезвычайно нѣжная, волокнистая угольная мелочь оказывается, при изслѣдованіи, ничѣмъ инымъ какъ древеснымъ углемъ и выбрасывается обыкновенно, при вторженіи газовъ, въ громадномъ количествѣ, заполняя собою на протяженіи какихъ-нибудь 30 до 40 метровъ всѣ прилегающіе штреки по самыя потолки и погребая не успѣвшихъ спастись бѣгствомъ горнорабочихъ.

Внезапное это вторженіе газовъ сопровождается, кромѣ того, зна-

¹⁾ G. Arnould. Etude sur les dégagements instantanés de grisou dans les mines de huile du bassin belge. Bruxelles 1879.

чительнымъ пониженіемъ температуры въ выработкахъ и, прикасаясь къ выброшенной угольной мелочи, получается впечатлѣніе сильнаго холода; обстоятельство это приводится Арнльдтомъ какъ одно изъ доказательствъ его теоріи о жидкомъ металѣ, переходъ котораго въ газообразное состояніе долженъ сопровождаться поглощеніемъ значительнаго количества теплорада.

Какъ не внезапнымъ являются *dégagements instantanés*, тѣмъ не менѣе, за нѣсколько минутъ до ихъ появленія, наблюдаются нѣкоторыя предвѣщающія ихъ явленія. Такъ, согласно „Ichon“ и „Lombardy“ прежде всего слышенъ свистъ, переходящій скоро въ сильный гулъ, сопровождающійся трескомъ въ углѣ и въ крѣпи и рабочіе, не успѣвшіе удалиться, видѣли нерѣдко, какъ цѣлые забои угля, откалываясь отъ цѣлика, подвигались на нихъ по выработкамъ! Сила вторгнувшихъ газовъ настолько велика, что лампы моментально тухнутъ и рабочіе бывають опрокинуты.

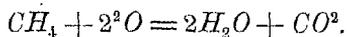
Чтобы составить себѣ нѣкоторое понятіе о количествѣ проникающихъ въ подобныхъ случаяхъ въ выработки газовъ, приводимъ здѣсь въ сокращеніи описаніе „Harze“ подобной катастрофы, имѣвшей мѣсто на копи „l'Agrappe à la Frameries“ 17-го апрѣля 1879 года и стоившей жизни слишкомъ 130 горнорабочихъ.

„Ворвавшіеся въ выработки газы увлекли съ собою слишкомъ 4,000 гектолитровъ угольной мелочи, наполнили собою моментально все выработки и проникли черезъ подъемную шахту наружу; загорѣвшись случайно, отъ находившагося въ подъемномъ зданіи небольшого очага, они продолжали горѣть въ теченіе 2 часовъ гигантскимъ пламенемъ въ 30 до 40 метровъ высокою. Какъ надшахтное зданіе, такъ и все подъемное приспособленіе сдѣлалось жертвою пламени, которое потухло только вслѣдъ за первымъ взрывомъ внутри копи. Послѣ перваго взрыва, послѣдовало еще пять другихъ, а 50 минутъ спустя, послѣдній, самый сильный. Согласно подробному подсчету, количество выдѣливаемаго при этомъ рудничнаго газа опредѣляется въ 350,000 куб. метровъ“. Несмотря на слишкомъ сорокалѣтній промежутокъ, истекшій со времени появленія *dégagements instantanés*, до сихъ поръ не имѣется еще удовлетворительнаго ихъ объясненія. Въ какомъ состояніи находится при этомъ рудничный газъ, гдѣ помѣщаются такія его неимоверно большія количества и откуда берется, наконецъ, теплота, необходимая для столь быстраго расширенія газовъ,—все это вопросы до сихъ

поръ не выясненныя и потому, быть можетъ, всѣ мѣры предосторожности оказываются въ борьбѣ съ этими явленіями до сихъ поръ вполне безуспѣшными.

Весьма часто, наконецъ, источникомъ появленія въ выработкахъ рудничнаго газа, служатъ старыя, выработанныя пространства (der alte Mann). Выдѣляющійся изъ забоевъ газъ смѣшивается отчасти съ рудничнымъ воздухомъ и уносится съ таковымъ наружу, отчасти скопляется у потолковъ выработокъ и, распространяясь медленно вдоль послѣднихъ, пропикаетъ въ старыя, выработанныя пространства, не провѣтриваемыя въ большинствѣ случаевъ наравнѣ съ остальными выработками, накопляясь тамъ со временемъ въ весьма значительномъ количествѣ. Къ этому, прибывшему, такъ сказать, извнѣ рудничному газу присоединяется еще и газъ, выдѣляющійся изъ обнаженныхъ породъ и оставшихся столбовъ угля, и выработанныя пространства являюся такимъ образомъ громадными сборниками воздуха, насыщеннаго рудничнымъ газомъ, который, при обрушеніи или осѣданіи кровли, быстро паденіи барометрическаго давленія и т. д., легко можетъ быть вытѣсненъ въ выработки и вызвать тамъ катастрофу.

О мѣрахъ предосторожности противъ подобнаго вторженія въ выработку газовъ изъ выработанныхъ пространствъ будетъ нами говорить подробнѣе въ послѣдствіи, а потому ограничимся здѣсь лишь замѣчаніемъ, что рудничный газъ, оставаясь продолжительное время въ старыхъ, выработанныхъ пространствахъ, подвергается медленному окисленію, по формулѣ:



Такое превращеніе метана въ углекислоту наблюдалось, напримеръ, на рудникахъ Blanzy, Trenil, Bességes и т. д. во всѣхъ случаяхъ, гдѣ потребовалось проведеніе вновь штрековъ по выработаннымъ пространствамъ, съ весьма обильнымъ, первоначально, содержаніемъ рудничнаго газа.

4. Интенсивность выдѣленія рудничнаго газа, въ зависимо стиотъ барометрическаго давленія, время года, температуры и влажности воздуха.

Вліяніе колебаній почвы и системы разработки.

Давно уже замѣчено, что интенсивность выдѣленія рудничнаго газа изъ забоевъ угля неодинакова; въ извѣстное время присутствіе его въ выработкахъ можетъ быть обнаружено лишь посредствомъ весьма чув-

ствительныхъ приборовъ или путемъ химическаго анализа воздуха, въ другихъ случаяхъ, появляясь сразу въ значительномъ количествѣ, онъ образуетъ съ воздухомъ выработокъ опасную гремучую смѣсь.

Еще въ началѣ настоящаго столѣтія французскій инженеръ Baillet указалъ на нѣкоторую зависимость выдѣленія газовъ отъ барометрическаго давленія. Взглядъ этотъ, подтвержденный впоследствии „Buddle“ ¹⁾ и Combes ²⁾, приобрѣлъ особенно много приверженцевъ послѣ публикаціи изслѣдованій английскихъ инженеровъ Scoth и W. Galloway, которые, сопоставляя цѣлый рядъ взрывовъ гремучаго газа въ копяхъ съ тогдашними показаніями барометра, указывали на несомнѣнную зависимость интенсивности выдѣленія газовъ отъ состоянія послѣдняго, а именно на ея возрастаніе съ уменьшеніемъ атмосфернаго давленія.

Вѣрный, какъ увидимъ дальше, въ принципѣ взглядъ Galloway, но выведенный на основаніи невѣрныхъ данныхъ, т. е. совершенно случайнаго совпаденія взрывовъ гремучаго газа съ низкимъ состояніемъ барометра, не могъ не породить сомнѣній. Сомнѣнія эти возросли съ тѣхъ поръ, какъ упомянутая нами французская коммиссія ¹⁾ высказала убѣжденіе, что если и существуетъ нѣкоторая связь между количествомъ газа, выдѣляющагося изъ забоевъ угля и переменами въ атмосферномъ давленіи, зависимость эта настолько незначительна, что въ выработкахъ съ искусственной вентиляціей ею можно пренебречь. Барометрическія наблюденія не могутъ быть поэтому никоимъ образомъ причислены къ разряду предохранительныхъ мѣръ, обязательныхъ для рудниковъ съ гремучимъ газомъ.

Не мало, повидимому, содѣйствовали этому взгляду труды Le Chatelier, который съ большимъ остроуміемъ оспариваетъ правильность выводовъ Galloway и указываетъ на какихъ шаткихъ основаніяхъ послѣдніе построены и одновременно опровергаетъ теоретическія соображенія Soulagu, старавшагося доказать правильность воззрѣнія Galloway.

Такимъ образомъ, до 1881 года вопросъ этотъ считался открытымъ, и только благодаря наблюденіямъ инженеровъ Nasse и Hilt въ Германіи и Mayer'a въ Австріи, онъ можетъ въ настоящее время считаться рѣшеннымъ.

¹⁾ Buddle. Annalen d. Phys. de Gilbert t. XXXVII. 1835.

²⁾ Combes. Traité d'exploit des mines. t. II, pag. 535—1844.

¹⁾ Schlussbericht der französischen Schlagwetter commission: deutsch von Hasslacher. Zeits. f. B. H. und S. W. Bd. 29.

Разсмотримъ вкратцѣ эти наблюденія.

Инженеръ Nasse ¹⁾, измѣряя въ теченіе года на копи Gerhard количество метана въ рудничномъ воздухѣ и отмѣчая въ тоже время показанія барометра, составилъ двѣ кривыя, изъ коихъ первая показываетъ колебанія барометра, другая—интенсивность выдѣленія въ тоже время газа. Сравнивая обѣ кривыя, приходитъ „Nasse“ къ слѣдующимъ заключеніямъ:

а) Изъ единичнаго наблюденія барометра и сравненія его показанія со среднимъ годовымъ барометрическимъ давленіемъ данной мѣстности невозможно выводить какихъ-либо заключеній объ интенсивности выдѣленія рудничнаго газа, такъ какъ выдѣленіе это, въ сильной даже степени, можетъ имѣть мѣсто, при только что начавшемся паденіи барометра, но высокомъ еще его состояніи, въ сравненіи со среднимъ годовымъ.

б) Уменьшеніе атмосфернаго давленія благопріятствуетъ вообще выдѣленію газовъ. Въ періодъ наблюденій послѣдніе начинали выдѣляться всегда при пониженіи барометра и выдѣленіе прекращалось лишь послѣ того, какъ барометръ сталъ подниматься.

в) При продолжительномъ пониженіи барометра, присутствіе рудничнаго газа всегда могло быть обнаружено въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ онъ имѣлъ обыкновеніе раньше всего появляться и гдѣ до пониженія барометра присутствіе его не замѣчалось;

г) Такъ какъ пониженіе барометра можетъ быть тѣмъ значительнѣе и продолжительнѣе, чѣмъ выше онъ первоначально стоялъ, то съ практической точки зрѣнія высокое состояніе барометра, какъ предвѣстникъ возможнаго пониженія, гораздо опаснѣе, чѣмъ наиболѣе низкое, разъ только при послѣднемъ не наблюдается большаго скопленія газовъ.

Въ заключеніе Nasse замѣчаетъ, что въ большинствѣ случаевъ выдѣленіе газовъ прекращалось лишь тогда, когда поднимающійся барометръ переходилъ то показаніе, при которомъ, въ періодъ его пониженія, началось впервые выдѣленіе газовъ.

Наблюденія Nasse страдаютъ однимъ большимъ недостаткомъ.

Какъ извѣстно, свѣжіе забои угля и обнаруженные выработкими

¹⁾ Nasse. Beobachtungen über die Beziehungen des Auftretens Schlagender-Wetter in Steinkohlengruben zu den Veränderungen des Luftdruckes Zeits. f. B. H. und S. W. 1877. B. XXV. H. 5.

породы выдѣляютъ рудничныи газъ въ болѣе или менѣе сильной степени, но—постоянно. Часть этого газа, смѣшиваясь съ воздухомъ, уходится послѣднимъ изъ выработокъ наружу, другая же часть попадаетъ въ старыя выработанныя пространства и другія различныя пустоты, не провѣтриваемыя вовсе или въ слабой только степени, и, распространяясь по таковымъ, собирается тамъ въ значительномъ иногда количествѣ. Можно было предполагать а priori, какъ это даже замѣчено Combes, что измѣненія въ атмосферномъ давленіи прежде всего могутъ и должны отразиться на этихъ сборникахъ газа, одинаковаго съ рудничнымъ воздухомъ напряженія, между тѣмъ какъ наблюденія Nasse вопроса этого вовсе не затрагиваютъ.

Благодаря только инженеру С. Hilt ¹⁾, производившему наблюденія по порученію прусской Wetter-Commission на рудникахъ „Gemeinschaft и Ath-Gouley близъ Аахена, выяснилось впервые преобладающее, въ данномъ случаѣ, значеніе выработанныхъ пространствъ. Выводы Hilt'a, выраженные въ краткихъ словахъ, сводятся къ слѣдующему:

1) Интенсивность выдѣленія рудничнаго газа увеличивается по мѣрѣ уменьшенія атмосфернаго давленія;

2) вліяніе колебаній давленія на выдѣленіе газа изъ забоевъ угля весьма ничтожно; болѣе значительное выдѣленіе изъ нихъ газовъ, совпадающее случайно съ низкимъ состояніемъ барометра, можетъ имѣть совершенно другія причины, какъ, напр., быстрое подвиганіе забоевъ, встрѣченныя въ нихъ трещины и т. д.

3) Состояніе барометра оказываетъ напротивъ огромное вліяніе на подвижность газовъ, выдѣлившихся уже раньше и скопившихся въ выработанныхъ пространствахъ или другихъ пустотахъ потолка выработокъ. Съ уменьшеніемъ давленія, часть этихъ газовъ выступаетъ наружу и смѣшиваясь съ протекающей въ сосѣдствѣ струей воздуха, легко можетъ проникнуть и въ остальныя части выработокъ.

Къ совершенно такимъ же заключеніямъ привели изслѣдованія австрійской комиссіи, производившіяся подъ руководствомъ инженера Маттера. Изъ всѣхъ подобнаго рода наблюденій, послѣднія заслуживаютъ, повидимому, особеннаго вниманія, какъ по обширности и обдуманности своей программы, такъ и по тщательности ея исполненія. Наблюденія коснулись нѣсколькихъ угольныхъ полей, изъ коихъ одни

¹⁾ С. Hilt. Bericht über Versuche betreffend den Einfluss des wechselnden Luftdruckes auf die Entwicklung des Grubengases. Zeit. f. B., H. und S. 1886. B. XXXIV. H. 1.

представляли собою исключительно подготовительныя работы въ богатыхъ и бѣдныхъ рудничнымъ газомъ пластахъ, другія заключали, кромѣ того, еще и обширныя выработанныя пространства, со значительнымъ въ нихъ скопленіемъ послѣдняго.

Работы эти, продолжавшіяся въ итогѣ нѣсколько мѣсяцевъ, состояли въ слѣдующемъ: три раза ежедневно въ опредѣленныхъ мѣстахъ изслѣдуемаго угольного поля бралась проба рудничнаго воздуха, для опредѣленія въ немъ химическимъ путемъ содержанія метана, углекислоты и влаги. Одновременно, въ тѣхъ же мѣстахъ выработокъ опредѣлялась посредствомъ анемометра, установленнаго въ центрѣ сѣченія, скорость движущагося по штреку воздуха и его температура, на поверхности же отмѣчались въ это время показанія барометра, термометра и психрометра (т. е. прибора, показывающаго степени влажности воздуха), а равно и общее состояніе погоды. Кромѣ того, записывалось число находящихся въ выработкахъ горнорабочихъ, и количество зарубленнаго и выданнаго на поверхность угля; разница между двумя послѣдними числами указывала на количество кусковаго угля, остававагося у забоевъ до слѣдующей смѣны, который, какъ извѣстно, вслѣдствіе усиленнаго выдѣленія газовъ, легко могъ оказывать вліяніе на увеличеніе содержанія послѣднихъ въ рудничномъ воздухѣ. Наконецъ, въ каждой смѣнѣ опредѣлялась съ возможной тщательностью площадь вновь обнаженныхъ забоевъ. Какъ замѣчено выше, результатомъ этихъ наблюденій явились положенія, которыя въ томъ, что касается вліянія переменнаго давленія воздуха на выдѣленіе газовъ изъ забоевъ и выработанныхъ пространствъ, совершенно подтвердили взгляды Нилта. Ограничимся поэтому здѣсь лишь указаніемъ на зависимость выдѣленія газовъ отъ измѣненій температуры наружнаго воздуха, степени его влажности и общаго, наконецъ, состоянія погоды.

Изъ лабораторныхъ опытовъ извѣстно, что возвышеніе температуры ускоряетъ въ значительной степени выдѣленіе заключенныхъ въ углѣ газовъ. Тѣмъ не менѣе, значительныя даже колебанія температуры наружнаго воздуха не передаются, какъ увидимъ въ послѣдствіи, забоямъ угля; въ недалекомъ именно разстояніи отъ шахты, служащей для поступающаго въ выработку воздуха, температура послѣдняго выравнивается, воспринимая температуру выработокъ и съ тѣхъ поръ до выхода своего наружу подвергается лишь весьма незначительнымъ колебаніямъ.

Не отрицая поэтому возможности мѣстныхъ, случайныхъ возвышеній температуры, напр., отъ болѣе слабого провѣтриванія отдѣльных пунктовъ, большаго скопленія рабочихъ, нагрѣванія угля и т. д., слѣдовательно и ускореннаго отъ этого выдѣленія въ данномъ мѣстѣ газовъ,—можно смѣло высказать, что колебанія температуры на поверхности замѣтнаго вліянія на количество выдѣляемаго углемъ газа не оказываютъ.

Необходимо при этомъ, однако-жъ, замѣтить, что колебанія эти остаются не безъ вліянія на усиленіе или ослабленіе тяги воздуха по выработкамъ, а слѣдовательно, и на большую или меньшую скорость удаленія выдѣлившихся газовъ, чего не слѣдуетъ упускать изъ виду и нужно избѣгать, регулируя соотвѣтственнымъ образомъ ходъ вентилятора.

Относительно воздѣйствія степени влажности воздуха на выдѣленіе газовъ можно замѣтить слѣдующее.

Количество влаги въ атмосферномъ воздухѣ колеблется, какъ извѣстно, въ зависимости отъ его температуры въ весьма широкихъ предѣлахъ. Если насыщенный влагой воздухъ постушаетъ въ выработки, имѣя при томъ болѣе низкую температуру, чѣмъ послѣднія, то нагрѣваясь онъ весьма быстро поглотитъ еще нѣкоторое количество воды, и наоборотъ, въ случаѣ охлажденія, сейчасъ же выдѣлитъ излишекъ послѣдней. Отсюда слѣдуетъ, что, въ силу указаннаго нами раньше постоянства температуры воздуха въ выработкахъ, содержаніе влаги въ рудничномъ воздухѣ подвергается лишь весьма ничтожнымъ измѣненіямъ, а слѣдовательно, и не можетъ воздѣйствовать на интенсивность выдѣленія газовъ.

Отсутствіе ощутительной зависимости между выдѣленіемъ газовъ въ выработкахъ и измѣненіями температуры и степени влажности атмосфернаго воздуха обуславливаетъ, что и общее состояніе погоды времена года и т. д. проходятъ, такъ сказать, безслѣдно для выработокъ.

Сильныя бури и вѣтры важны лишь въ томъ отношеніи, что, при слабомъ провѣтриваніи, преимущественно, слѣдовательно, при естественной вентилляціи, могутъ вызвать еще большее ослабленіе послѣдней и способствовать такимъ образомъ обогащенію рудничнаго воздуха вредными газами; при вентиляторахъ, наиболѣе сильныя ураганы и удары вѣтра ощущаются не далѣе всасывающаго канала, гдѣ въ такомъ слу-

чаѣ указатель депрессіи даетъ зигзагообразную и болѣе толстую кривую, но существовавшее до того движеніе воздуха по выработкамъ при этомъ не нарушается.

Изъ всего вышесказаннаго видно, что за исключеніемъ выработокъ съ естественной вентиляціей или такихъ, которыя примыкаютъ къ открытымъ (не изолированнымъ) выработаннымъ пространствамъ и сообщаются съ ними узкими, слабо провѣтриваемыми штреками и гдѣ незначительное даже выдѣленіе газовъ вслѣдствіе пониженія барометра можетъ создать уже извѣстную опасность, вообще измѣненія въ давленіи атмосфернаго воздуха не представляютъ такого серьезнаго значенія, какое имъ не рѣдко приписывается.

Барометрическія наблюденія обязательны, тѣмъ не менѣе, во всѣхъ государствахъ, за исключеніемъ одной только Франціи,—причемъ для предупрежденія опасности, предписывается усиливать каждый разъ провѣтриваніе выработокъ, коль скоро наблюдаются рѣзкія колебанія или замѣтное пониженіе барометра. Такъ напр. на рудникѣ Crachet-Picquery, богатаго въ гремучіи газъ южнаго угольнаго бассейна Бельгій, въ машинномъ зданіи вентиляторовъ имѣется барометръ рядомъ съ предписаніемъ, согласно которому депрессію воздуха въ выработкахъ производятъ въ зависимости отъ показаній барометра, а именно:

| | |
|-------------------------|------------------|
| при давленіи въ 760 мм. | депрессія 70 мм. |
| „ „ „ 750 мм. | „ 80 мм. |
| „ „ „ 740 мм. | „ 90 мм. |

увеличивая ее такимъ образомъ каждый разъ на 10 мм., если на такую же величину понижается барометръ; при рѣзкомъ паденіи послѣдняго (10 мм. въ теченіи 8 часовъ) депрессію увеличиваютъ на 20 мм.

Кромѣ того воспрещены совершенно, въ случаѣ сильнаго паденія барометра, порохострѣльные работы въ забояхъ, что впрочемъ соблюдается и на всѣхъ остальныхъ копяхъ упомянутаго бассейна.

Въ заключеніе замѣтимъ, что сдѣланы были попытки регулировать автоматически ходъ вентилятора въ зависимости отъ показаній барометра. По проѣкту М. Timmermans, въ мастерскихъ Marginelle et Couillet, построенъ былъ такой вентиляторъ, который однакожь практическаго значенія не получилъ.

Къ числу факторовъ, обуславливающихъ будто-бы усиленное выдѣленіе рудничнаго газа, стали зачислять въ послѣднее время еще и

колебанія почвы *). Предположеніе это основано на данныхъ изъ практики; обширныя иногда и насыщенные газомъ пустоты и трещины въ окружающихъ уголь породахъ, при незначительныхъ даже колебаніяхъ почвы, могутъ легко, посредствомъ образовавшихся при этомъ новыхъ трещинъ, прійти въ сообщеніе съ выработками. Смотра по величинѣ этихъ трещинъ, т. е. по болѣе или менѣе свободному проходу по нимъ газовъ, можетъ получиться либо внезапное вторженіе въ выработки громаднаго количества послѣднихъ, либо усиленное только ихъ выдѣленіе.

Всѣ колебанія почвы, не говоря о возможности незначительныхъ перемѣщеній отъ производимыхъ въ ея нѣдрахъ работъ, могутъ быть причислены къ одной изъ слѣдующихъ двухъ категорій:

а) Толчки и дрожанія почвы или вѣриѣ рядъ ударовъ, ощущаемыхъ въ вертикальномъ либо горизонтальномъ направленіи и слѣдующихъ другъ за другомъ въ промежуткахъ весьма различной продолжительности, т. е. такъ называемое землетрясеніе,—и

б) микросейсмическія движенія почвы, т. е. волнообразныя, болѣе менѣе постоянныя движенія, весьма слабой напряженности и продолжающіяся нерѣдко въ теченіи нѣсколькихъ часовъ, иногда нѣсколькихъ дней, въ различныхъ мѣстностяхъ земной поверхности.'

Разница между этими явленіями заключается такимъ образомъ преимущественно, въ неодинаковой силѣ дѣйствія; въ то время, какъ при землетрясеніяхъ маятникъ длиною въ 1 до 2 метровъ въ состояніи отклоняться на нѣсколько градусовъ,—микросейсмическія колебанія наблюдаемы быть могутъ только при помощи тромометра, т. е. такого-же маятника, въ которомъ устранено вліяніе силы тяжести и колебанія котораго замѣчаютъ посредствомъ микроскопа.

Существованіе микросейсмическаго движенія почвы доказано для Италіи профессоромъ Bertelli и Rossi, для Англіи Дарвиномъ, для Франціи Bouquet de la Grye и т. д.

Первыя указанія на возможность вліянія микросейсмическаго движенія на выдѣленіе рудничныхъ газовъ и на необходимость болѣе тщательнаго изученія этого вопроса, сдѣланы проф. Rossi въ 1875 году въ „Bulletino del vulcanismo Italiano. Спустя только 9 лѣтъ, т. е. въ 1884 году началось изслѣдованіе сначала въ Японіи, на рудникѣ Takoschima,

*) Lallemand et Chesneau: Annales des mines 8 sér. t. IX 1886. et t. XIII 1888.

подъ руководствомъ проф. John Milne, а немного позже и на кояхъ Anzin, въ сѣверномъ угольномъ бассейнѣ Франціи. Какъ тутъ, такъ и тамъ, въ программу занятій, кромѣ опредѣленія въ рудничномъ воздухѣ содержанія метана, вошли еще наблюденія надъ:

- а) микросейсмическими движеніями почвы;
- б) перемѣщеніями кровли и подошвы выработокъ;
- в) барометрическимъ давленіемъ, электричествомъ воздуха, термометромъ и высотой морскихъ приливовъ и отливовъ.

По даннымъ Chesneau, сообщившаго въ Annales des mines результаты 11-ти мѣсячныхъ изслѣдованій, кривая микросейсмическихъ движеній, совпадаетъ съ кривою изображающею содержаніе въ выработкахъ метана. Особенно наглядно проявляется, будто бы, зависимость выдѣленія газовъ во время такъ называемыхъ баросейсмическихъ штормовъ, т. е. когда съ низкимъ состояніемъ барометра совпадаютъ усиленные микросейсмическія колебанія, а равно и при столь продолжительномъ дѣйствіи послѣднихъ, какое, напримѣръ, наблюдалось въ Англии съ 6-го по 8-ое Декабря 1886 года.

Въ заключеніе замѣтимъ, что изученіе описываемыхъ явленій, представляетъ повидимому наибольшій покуда интересъ для Бельгій, сѣверной Франціи и Англии, такъ какъ быть можетъ имѣютъ они нѣкоторое соотношеніе къ наблюдаемымъ тамъ dégage-ments instantanés и sudden outburst,—о которыхъ говорилось нами раньше.

Остается намъ рассмотретьъ вкратцѣ вліяніе усиленія производительности копи и системы разработки на количество выдѣляемыхъ углемъ газовъ. Къ вопросу этому мы вернемся еще впоследствии и ограничимся покуда лишь замѣчаніемъ, что увеличеніе напр. производительности копи, не можетъ вообще увеличить интенсивности выдѣленія газовъ, хотя общее количество послѣднихъ въ единицу времени можетъ значительно возрасти въ выработкахъ, вслѣдствіе увеличенія числа свѣжихъ забоевъ, т. е. обнаженныхъ и способныхъ выдѣлять газы плоскостей угля. Если напр. открытое нашими шахтами поле, предполагалось выработать въ 30 лѣтъ, но усиленный спросъ или какія либо другія причины заставляютъ увеличить производительность копи въ два раза, т. е. выработать весь уголь въ 15 лѣтъ, то очевидно, что и количество газовъ, заключающееся въ этой части угольнаго пласта, выдѣлится въ двойномъ противъ перваго случая количествѣ и наши выработки считавшіяся первоначально бѣдными рудничными

газами, могутъ сразу попасть въ разрядъ весьма богатыхъ послѣдними и потребовать немедленно примѣненія къ нимъ всѣхъ тѣхъ мѣръ предосторожности, которыя до того являлись излишними.

Однимъ словомъ, размѣръ добычи угля можетъ служить весьма надежнымъ указателемъ количества выдѣляющихся изъ даннаго пласта газовъ, которые, въ зависимости отъ увеличенія или уменьшенія производительности копи, должны появляться въ выработкахъ въ большемъ или меньшемъ количествѣ.

Необходимо однакожъ замѣтить, что непродолжительное, въ теченіи нѣсколькихъ смѣтъ усиленіе добычи, въ особенности при правильной организаціи откатки и выдачи угля на поверхность, вслѣдствіе чего послѣдній не остается въ зарубленномъ видѣ долго передъ забоями, хотя въ общемъ и увеличиваетъ количество газовъ, но происходитъ это настолько медленно, что,—при скоромъ возвращеніи къ нормальной работѣ,—въ большинствѣ случаевъ остается безъ существеннаго вліянія на климатическія условія выработокъ.

Разматривая, наконецъ, двѣ наиболѣе нынѣ распространенныя системы разработки угольныхъ пластовъ, а именно столбовую и сплошную выемку уступами, мы видимъ, что при первой изъ нихъ, въ періодъ подготовительныхъ работъ, т. е. нарѣзки столбовъ, площадь свѣжаго забоя сравнительно меньше, чѣмъ при сплошной выемкѣ. Выдѣленіе газовъ остается въ виду этого нѣсколько слабѣе и не увеличивается замѣтно даже во время очистныхъ работъ, такъ какъ нѣкоторая ихъ часть успѣла уже раньше выдѣлиться изъ столбовъ. Выработанныя за то пространства служить, при этой системѣ, въ большинствѣ случаевъ, мѣстомъ скопленія громаднаго количества газовъ, тѣмъ болѣе опасныхъ, что осѣданіе и внезапныя обрушенія кровли ничѣмъ въ данномъ случаѣ не предотвращены.

При горизонтальной, потолокѣ или почвоуступной выемкѣ, съ закладкой выработаннаго пространства пустою породой, отдѣленіе газовъ всегда нѣсколько сильнѣе и устраненіе ихъ требуетъ,—болѣе, чѣмъ въ первомъ случаѣ, дѣятельнаго провѣтриванія, но за то, при тщательномъ исполненіи закладки, опасность, угрожающая со стороны выработанныхъ пространствъ, несравненно менѣе, чѣмъ при столбовой выемкѣ.

5. Химическія, физическія и фізіологическія свойства рудничнаго газа.

Вопросъ о химическомъ составѣ рудничнаго газа не можетъ покуда считаться окончательно выясненнымъ. Въ то время, какъ по мнѣнію Le Chatelier и англійской комиссіи съ достовѣрностью доказаннымъ является лишь присутствие въ немъ метана,—Haton de Goupilliere и прусская Wetter-commission допускаетъ еще возможность примѣси въ нѣкоторыхъ случаяхъ этана, этилена, амила и другихъ углеводородовъ, присутствие которыхъ было-бы важно въ томъ смыслѣ, что образующіеся при ихъ участіи гремучіи газъ воспламеняется гораздо легче и возможность взрыва увеличивается такимъ образомъ въ значительной степени.

Какъ будто подтвержденіемъ этому служитъ распространенное среди англійскихъ углекоповъ мнѣніе о существованіи какого то особаго рудничнаго газа (*quick, sharp, silver gas*), который отличается тѣмъ отъ обыкновеннаго, что не образуя на лампахъ характернаго для метана ореола, способенъ въ половинномъ даже, въ сравненіи съ послѣднимъ, количествѣ придать рудничному воздуху свойства гремучей смѣси.

Явленіе это, не проверенное путемъ химическаго анализа, мало кажется, однакожь, вѣроятнымъ и объясняется не столько качественнымъ измѣненіемъ рудничнаго газа, сколько различнымъ способомъ появленія его въ выработкахъ.—При содержаніи въ воздухѣ метана не превышающемъ 2%, въ рѣдкихъ только случаяхъ наблюдается ореолъ на пламени обыкновенныхъ предохранительныхъ лампъ; внезапное поэтому выдѣленіе гдѣ либо газовъ, увеличивая сразу содержаніе метана до 5%—6%, т. е. дѣлая дальнѣйшее пребываніе рабочихъ въ выработкахъ не безопаснымъ, легко можетъ приписываться послѣдними, появленію какого то особаго *silver gas*, въ отличіе отъ чаще всего наблюдаемаго, постепеннаго, а слѣдовательно и легче замѣчаемаго рабочими, обогащенія рудничнаго воздуха метаномъ.

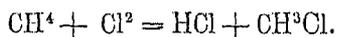
Трудно однакожь, намъ кажется, отрицать вполне возможность нахождения въ рудничномъ газѣ, ввидѣ примѣсей и другихъ углеводородовъ. Присутствіе, по крайней мѣрѣ этана, въ незначительномъ впрочемъ количествѣ констатировано Schondorff'омъ въ рудничномъ газѣ кони Gerhard, König, Waldenburg и другихъ, при чемъ на кони Schainburg около Оберкирхенъ, количество этого газа достигаетъ 37,6%!

Точно также Thomas указывает на незначительную примѣсь этого газа на одной изъ коней въ Wales. Какъ бы то не было, но примѣсь другихъ углеводородовъ представляетъ собою рѣдкія сравнительно исключенія и главной составной частью, въ количествѣ отъ 80% до 95% по объему, рудничнаго газа, является болотный газъ, иначе метанъ CH_4 .—Кромѣ того наблюдается всегда нѣкоторое количество CO^2 кислорода и азота, какъ это впрочемъ лучше всего видно изъ прилагаемой таблички анализовъ рудничнаго газа изъ различныхъ мѣстностей.

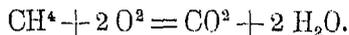
| ПРОИСХОЖДЕНІЕ ГАЗА. | Въ 100 частяхъ рудничнаго газа содержалось по объему. | | | | | | Испытаніе произв. водилъ. |
|--|---|------------------------|---------------|-------|-------|------|---------------------------|
| | CH_4 | C^2H^6 | CO^2 | O | N | H | |
| 1. Garsood Hall Colliery | 84,16 | — | 0,86 | 2,65 | 12,33 | — | W. Kellner. |
| 2. Фонтанъ изъ Obernkirchen | 90,53 | — | 2,61 | 0,45 | 7,16 | — | Bunsen. |
| 3. Kronprinz Fried. Will. (Saarbrücken). | 23,57 | — | — | 16,09 | 60,34 | — | Meier. |
| 4. «Gerhard» (Saarbrücken) | 93,66 | 0,884 | 0,628 | 4,824 | — | — | Schondorff. |
| 5. «Bonifacius» около Essen | 90,94 | — | 0,30 | 7,36 | 1,40 | — | |
| 6. «Konsolidation» (Вестфалія). | 89,88 | — | 0,67 | 3,61 | 5,84 | — | |
| 7. «Schamvoek» » | 83,97 | — | 0,77 | 13,11 | 2,15 | — | |
| 8. «König»—Саарбрюкенъ | 84,89 | 1,62 | 0,65 | 12,84 | — | — | Французск. комиссія. |
| 9. Фонтанъ изъ Вальденбургъ | 57,33 | 0,32 | 0,12 | 42,23 | — | — | |
| 10. «Réussite»—Франція | 93,51 | — | 3,97 | 0,21 | 1,07 | 2,24 | |
| 11. «Betina» (Домброво-Силленія) | 95,11 | — | 0,48 | 0,34 | 4,07 | — | Австрійск. комиссія. |
| 12. «Johann» (Карвингъ) | 94,59 | — | 0,18 | 0,75 | 4,48 | — | |
| 13. » пластъ № 19 | 99,10 | — | 0,20 | — | 0,70 | — | |
| 14. «Ida»—пластъ Франциска | 79,16 | — | 3,19 | 0,61 | 17,04 | — | |
| 15. «Hubert» » | 87,93 | — | 0,83 | 0,99 | 10,25 | — | |
| 16. «Eugen-Peterswald» » | 90,00 | — | 0,15 | 0,60 | 9,25 | — | |
| 17. Пластъ бурого угля въ «Trifail» | 83,61 | — | 7,70 | — | 7,30 | 1,40 | |
| 18. Газъ изъ углест. сланцевъ около IX пласта въ «Iaklowetz» | 65,30 | — | 15,26 | — | 19,04 | — | |

Въ табличкѣ этой приведены нами анализы рудничнаго газа, взятаго изъ фонтановъ или изъ буровыхъ скважинъ, проведенныхъ въ углѣ. Если послѣдній оставался болѣе или менѣе продолжительное время выставленнымъ на дѣйствіе рудничнаго воздуха, то собранный изъ него газъ, выкажетъ всегда нѣкоторое уменьшеніе количества метана и взаимнъ этого увеличеніе содержанія углекислоты и азота,—происшедшее отъ превращенія перваго въ углекислоту, удерживаемую въ углѣ вмѣстѣ съ азотомъ, не вступающимъ ни въ какое химическое соединеніе.—Окисляющее дѣйствіе воздуха тѣмъ энергичнѣе, чѣмъ болѣе молодого происхожденія уголь; такъ, напримѣръ, въ буроугольныхъ выработкахъ, какъ я имѣлъ случай высказаться въ другомъ мѣстѣ ¹⁾—въ свѣжихъ даже забояхъ, въ особенности если они сухіе, наблюдается уже въ значительной мѣрѣ выше указанное поглощеніе и разложеніе углемъ рудничнаго воздуха.

Главная составная часть рудничнаго газа, метанъ, CH_4 ,—принадлежитъ къ ряду легкихъ углеводородовъ парафиноваго ряда, не имѣетъ цвѣта, запаха и вкуса; удѣльный вѣсъ его колеблется отъ 0,552 до 0,559.—Въ присутствіи Cl и Br , часть или весь водородъ метана замѣщается однимъ изъ этихъ металлоидовъ; такъ смѣсь CH_4 съ Cl , при пропусканіи электрической искры, реагируетъ по слѣдующей формулѣ: $\text{CH}_4 + \text{Cl} = \text{C} + 4 \text{HCl}$. Подъ вліяніемъ солнечныхъ лучей реакція происходитъ слабѣе, а именно:



Наибольшее средство обнаруживаетъ однаковая метанъ къ кислороду воздуха, отчего и происходитъ опасность присутствія его въ рудничномъ воздухѣ. Для полного сгоранія метана требуется двойной объемъ кислорода, а слѣдовательно $9\frac{1}{2}$ объемовъ воздуха.



До тѣхъ поръ покуда образовавшаяся при этомъ вода остается въ газообразномъ состояніи, не происходитъ измѣненій въ объемѣ. Конденсація паровъ уменьшаетъ объемъ газовъ до двойнаго, въ сравненіи съ первоначальнымъ объемомъ метана.

¹⁾ Условія эксплуатаціи, качества и будущность бурого угля въ Южной Россіи. Горный Журналъ 1891 г. II. 4, 5 и 6-ой.

Въ водѣ метанъ растворяется немного; коэффициентъ его растворимости по Бунаэну

$$C = 0,05449 - 0,0011807 t + 0,000010278 t^2 \text{ т. е.}$$

напримѣръ при $t = 20^\circ\text{C}$, $c = 0,0349$, или одинъ литръ воды поглощаетъ при этой температурѣ около 35 куб. сантиметровъ метана.

Газъ этотъ, какъ замѣчено раньше, безцвѣтенъ, но, по мнѣшю нѣкоторыхъ, преломляетъ свѣтовые лучи иначе, чѣмъ воздухъ; этимъ объясняютъ напр. наблюдаемое часто явленіе, что, приближаясь къ слабо или вовсе не провѣтриваемымъ забоямъ,—видны, какъ будто, шпички паутины, протягивающіяся отъ послѣднихъ къ потолку выработокъ и которыя суть ни что другое, какъ рудничный газъ, выдѣляющійся и поднимающійся вверхъ, не смѣшиваясь съ воздухомъ.

Точно также, въ сущности безъ запаха, на практикѣ рудничный газъ издаетъ слабый запахъ, нѣсколько напоминающій смѣсь эфира со скипидаромъ, который происходитъ вѣроятно отъ примѣси тяжелыхъ углеводородовъ въ столь ничтожномъ количествѣ, что присутствіе ихъ не можетъ быть доказано химическимъ путемъ. По N. Walker'у опытные рабочіе обнаруживаютъ обоняніемъ присутствіе рудничнаго газа даже въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ въ чувствительныхъ лампахъ не наблюдается еще характерныхъ измѣненій пламени.

Что же касается фізіологическаго дѣйствія метана, то замѣтимъ, что хотя газъ этотъ самъ по себѣ не ядовитъ, тѣмъ не менѣе нѣсколько большее его содержаніе въ воздухѣ можетъ имѣть дурныя послѣдствія. По наблюденіямъ F. Lusser, какъ у животныхъ такъ и у людей замѣчается при этомъ сильное головокруженіе и сонливость и если оставаться долѣе въ тѣхъ же условіяхъ, то можетъ наступить смерть; съ переходомъ своевременно въ чистый воздухъ указанныя явленія прекращаются почти моментально. Согласно Combes (t II pag. 302) если метанъ составляетъ по объему $\frac{1}{3}$ воздуха, то смѣсь такая дѣйствуетъ уже удушливымъ образомъ.

6. Образованіе гремучаго газа; температура воспламененія и скорость сгорания послѣдняго. Взрывъ и продукты сгорания.—Диффузія газовъ.

Всякій газъ, обладающій способностью горѣнія, будучи смѣшанъ въ известной пропорціи съ воздухомъ, можетъ при воспламененіи дать взрывъ. Преобладающій въ рудничномъ воздухѣ углеводородъ метанъ,

смѣшиваясь въ выработкахъ съ воздухомъ, способенъ слѣдовательно тоже образовать взрывчатую смѣсь, т. е. такъ называемый гремучій газъ.

Во всѣхъ случаяхъ дѣйствіе взрыва получается наиболѣе сильное въ то время, когда въ смѣси содержится столько кислорода, сколько его нужно для полного сгорания газа, въ гремучемъ слѣдовательно газѣ, когда на 1 объемъ метана приходится 9,57 объемовъ воздуха или, что все равно,—когда въ смѣси находится 9,46% метана по объему.— Съ уменьшеніемъ и съ увеличеніемъ содержанія послѣдняго, сила взрыва ослабѣваетъ и въ обѣ стороны существуютъ границы, дальше которыхъ смѣсь не только утрачиваетъ свойства взрывчатой, но даже не воспламеняется, т. е. гдѣ, отъ присутствія рудничнаго газа, кромѣ ухудшенія климатическихъ условій выработокъ, никакая опасность не угрожаетъ.

Очевидно, что съ практической точки зрѣнія весьма важно установить съ точностью нижнюю границу, т. е. опредѣлить наименьшее содержаніе метана, при которомъ рудничный воздухъ, пріобрѣтаетъ уже свойства гремучаго газа. Для выясненія этого вопроса предприняты были многочисленныя наблюденія, результаты коихъ можно выразить слѣдующимъ образомъ.

| | Смѣсь содержитъ СН ⁴ по объему. | т. е. смѣсь объ- емовъ | |
|--------------------------------|---|---------------------------|----------|
| | | метана. | воздуха. |
| Нижняя граница | 6,6% | 1 | 14 |
| Верхняя граница | 16,6% | 1 | 5 |
| Самый сильный взрывъ | 10%—11% | 1 | 8—9 |
| Нѣтъ взрыва | 20% | 1 | 4 |
| Нѣтъ взрыва | 5,8% | 1 | 16 |

Mallard и Le Chatelier идутъ даже далѣе, утверждая, что смѣсь, содержащая 5,8% метана, не можетъ даже воспламениться и что при содержаніи послѣдняго меньшемъ 7,7% взрывовъ не бываетъ. Напротивъ при опытахъ, предпринятыхъ австрійскою комиссіей, профессоромъ Schoffes и химикомъ Jeller, найдено, что уже при содержаніи въ воздухѣ 6,2% метана взрывы начинаются, при чемъ констатировано одновременно, что какъ

воспламеняемость, такъ и способность давать взрывы примѣшанныхъ къ воздуху газовъ, зависить до нѣкоторой степени отъ давленія, возрастаютъ именно съ увеличеніемъ послѣдняго. Особенно рѣзко обнаруживается эта зависимость при измѣненіяхъ давленія ниже атмосфернаго. Такъ, напр. воздухъ съ примѣсью 7,6% метана, при пониженіи давленія до 200 мм. не давалъ болѣе взрыва и не подлежитъ сомнѣнію, что даже наиболѣе сильный гремучій газъ, (9,5% метана) при соотвѣтственной степени разрѣженія обнаружилъ-бы подобную же индифферентноеть.

Воспламеняемость и скорость сгорания газовъ находится, повидимому, тоже въ нѣкоторой зависимости отъ ихъ объема и величины пламени, отъ котораго они воспламеняются. При опытахъ англійской комиссіи выяснено именно, что съ увеличеніемъ сѣченія сосуда, воспламеняемость метана и скорость передачи пламени возрастаетъ. Такъ напримѣръ, смѣсь, содержащая $4\frac{1}{2}\%$ метана, не воспламенявшаяся въ эвдиометрѣ, ни отъ электрической искры, ни отъ пламени свѣчи, загоралась легко, будучи помѣщенной въ трубки діаметромъ въ $4\frac{1}{2}$ сант. а въ трубкахъ въ 7,6 см, сгорала кругомъ свѣчи, явственнымъ синимъ пламенемъ.—Въ тѣхъ же трубкахъ смѣсь, содержащая 6% CH_4 не только воспламенялась отъ пламени свѣчи, но горѣніе передавалось быстро по всей длинѣ трубки и не подлежитъ сомнѣнію, что, увеличивая сѣченіе послѣдней до размѣровъ напр. штрековъ, подобная смѣсь сгорѣла бы со всеми явленіями взрыва.

Вообще, необходимо замѣтить, что вышеприведенныя данныя, являясь результатомъ лабораторныхъ опытовъ, въ маломъ слѣдовательно масштабѣ, при совершенно однородномъ составѣ смѣси и спокойномъ состояніи воздуха, интересны только съ теоретической точки зрѣнія. На практикѣ было-бы ошибочнымъ придерживаться указанныхъ раньше границъ; возможность весьма быстрого и трудно замѣчаемаго обогащенія рудничнаго воздуха метаномъ, примѣсь въ немъ угольной пыли, большой объемъ и сильная тяга, все это факторы, увеличивающіе въ значительной степени возможность и опасность взрыва и въ виду этого содержащіе въ выработкахъ 4% до 5% метана должно считаться уже опаснымъ и требующимъ безотлагательнаго примѣненія соотвѣтственныхъ предосторожностей.

Точно также, хотя говорилось раньше, что гремучій газъ, съ содержаниемъ около 10% метана, разъ онъ воспламенится, дастъ наиболѣе сильный взрывъ,—не надо полагать, что такой составъ рудничнаго

воздуха наиболѣе опасенъ, такъ какъ въ дѣйствительности оказывается, что воспламененіе подобной смѣси вообще происходитъ не легко, а отъ предохранительной лампы почти не можетъ имѣть мѣста, по слѣдующимъ причинамъ:

Не только во всѣхъ другихъ предохранительныхъ лампахъ, въ которыхъ доступъ воздуха и выходъ продуктовъ сгоранія встрѣчаетъ бо- не препятствій, но даже въ лампахъ Деви, гдѣ это совершается гораздо свободнѣе, присутствіе внутри сѣтки угольной кислоты, водяныхъ паровъ и продуктовъ возгонка не успѣвашаго сгорѣть масла, затрудняютъ, въ значительной мѣрѣ, доступъ воздуха къ пламени. Если поэтому въ воздухѣ имѣется еще значительная примѣсь метана, при сгораніи котораго кругомъ пламени лампы образуется много углекислоты, легко можетъ случиться, что количество воздуха притекающаго къ пламени не достаточно для поддержанія горѣнія и лампа потухнетъ.

Исслѣдованія англійской комиссіи ¹⁾, состоявшія въ томъ, что предохранительная лампа помѣщалась въ особаго рода сосудѣ, достаточной длины и сѣченія, по которому, подобно тому какъ въ штрекахъ двигался гремучій газъ различнаго состава,—доказали, что послѣдній при содержаніи въ немъ 10⁰/₀ метана оказывается не въ силахъ поддержать горѣнія лампы и послѣдняя весьма быстро тухнетъ. Если содержаніе метана понизить до 8⁰/₀, то и въ такомъ случаѣ лампы еще тухнутъ; начиная только съ 7⁰/₀ имѣется въ воздухѣ достаточно кислорода для горѣнія не только самой лампы но и воспламенившихся и выполняющихъ таковую газовъ. Наиболѣе же сильныя явленія взрывовъ внутри лампы наблюдались при 5¹/₂⁰/₀ метана.

Kreischer и Winkler нашли тоже, что въ лампахъ Слуну при содержаніи въ воздухѣ 5⁰/₀ до 6⁰/₀ метана, пламя тухнетъ, но газы продолжаютъ горѣть внутри сѣтки, и раскаляя послѣднюю, способны передать взрывъ наружу.

Нельзя, наконецъ, не упомянуть объ опытахъ Wüllner'a и Lohmann'a коснувшихся воспламеняемости гремучаго газа отъ раскаленной посредствомъ тока проволоки, электрическихъ искръ и искръ, получаемыхъ при ударѣ стали о камень.—И тутъ найдено, что при составѣ гремучаго газа, соответствующимъ наибольшему механическому дѣйствию взрыва, т. е. при 9⁰/₀ до 10⁰/₀ метана, воспламененіе происходитъ

¹⁾ Schorn: Comptes rendus: Annales des travaux publics. T. XIV. 1887.

труднѣе, чѣмъ въ смѣсяхъ болѣе или менѣе богатыхъ воздухомъ; смѣсь, напримѣръ, съ $5\frac{1}{2}\%$ и съ $12,5\%$ метана обнаруживала большую склонность къ взрыву, чѣмъ предъидущая,—а при $14,3\%$ метана взрыва болѣе не наблюдалось.

При опытахъ этихъ выяснилось кромѣ того, что способность воспламеняться обусловлена въ значительной мѣрѣ природой раскаленного тѣла, его объемомъ и продолжительностью соприкосновенія его со смѣсью. Такъ, напр. гремучій газъ, не воспламеняющійся отъ электрической искры, загорался въ соприкосновеніи съ раскаленной проволокой,—болѣе энергичное дѣйствіе которой объясняется ея большей поверхностью соприкосновенія и болѣе продолжительными воздѣйствіями. Вообще искры, получаемыя изъ желѣза электрическимъ путемъ или отъ удара о камень, найдены; по вышеизложенной причинѣ,—совершенно безопасными.

Переходя къ указанію температуры воспламененія и скорости сгорания гремучаго газа, мы должны замѣтить, что какъ и въ другихъ взрывчатыхъ смѣсяхъ, такъ и въ данномъ случаѣ, первая воспламенившаяся частица передаетъ сосѣдней лишь столько тепла, сколько нужно, чтобы ее нагрѣть до температуры воспламененія. Чѣмъ больше поэтому разниа между температурой, развиваемой при сгораніи газа, и температурой его воспламененія и чѣмъ выше температура выработокъ (т. е. первоначальная температура газовъ) тѣмъ передача эта совершается быстрѣе по всей массѣ газа. По изслѣдованіямъ Mallard и Le Chatelier температура сгорания гремучаго газа можетъ быть принята въ $2,150^{\circ}$ Ц.—температура же воспламененія рудничнаго газа и его смѣсей въ 650° при чемъ медленное его сгораніе начинается уже при 450° ,—а въ присутствіи пористыхъ тѣлъ, какова, напр., губчатая платина, даже при 200° Ц.

Кромѣ того, они указываютъ на одну особенность гремучаго газа, присущую впрочемъ и другимъ взрывчатымъ смѣсямъ, но не столь рѣзко у нихъ выраженную,—особенность, благодаря которой газъ этотъ, помещенный въ среду, имѣющую температуру близкую къ температурѣ его воспламененія (650°), не воспламеняется моментально, а лишь по истеченіи извѣстнаго промежутка времени, тѣмъ болѣе короткаго, чѣмъ выше температура; такъ при 650° воспламененіе гремучаго газа происходитъ только по истеченіи 10 секундъ,—при 1000° Ц. напримѣръ, уже послѣ одной секунды.

До этихъ изслѣдованій существовало убѣжденіе, что для воспламененія метана требуется по меньшей мѣрѣ 750° до 780° Ц. Миніе это основано было главнымъ образомъ на извѣстномъ фактѣ, что гремучій газъ въ соприкосновеніи съ разогрѣтымъ до краснаго каленія (т. е. 650°) желѣзомъ, сѣткой въ лампахъ, сигарой и т. д. не воспламенялся. Явленіе это, наблюдаемое дѣйствительно не рѣдко, — объясняется вполнѣ хорошо только что описанной особенностью гремучаго газа; во всѣхъ подобныхъ случаяхъ время прикосновенія частичекъ газа съ раскаленнымъ тѣломъ слишкомъ ничтожное, чтобы послѣднія могли воспринять отъ него необходимую для ихъ воспламененія температуру.

На практикѣ было-бы, конечно, рискованно производить подобныя эксперименты, никогда нельзя поручиться, что какаѣ-либо частичка газа, по необъяснимымъ причинамъ, вмѣсто оттолкнуться не останется нѣкоторое, болѣе продолжительное время въ прикосновеніи съ раскаленнымъ тѣломъ и воспламенившись не передастъ пламени сосѣднимъ.

Скорость сгоранія гремучаго газа зависитъ отъ содержанія въ немъ метана, температуры воздуха и отъ того, находится-ли послѣдній въ движеніи или въ совершенно спокойномъ состояніи. Разъясненіемъ этого вопроса занимались Bunsen, Schloesing, Mondesir, Le Chatelier и Mallard и выводы, къ которымъ они пришли, можно резюмировать слѣдующимъ образомъ:

а) Если содержаніе метана въ смѣси ниже 6% или выше 16% — то скорость сгоранія нуль, т. е. такой гремучій газъ не горитъ; между этими границами скорость достигаетъ своего максимумъ 0,62 метра въ 1 секунду при содержаніи 12% метана.

б) Наблюденія эти относятся къ смѣси, имѣющей температуру въ 15° Ц., — съ возвышеніемъ послѣдней, облегчается воспламененіе и увеличивается скорость сгоранія.

в) При только что указанной скорости сгоранія въ 0,62 метра въ секунду, наблюдаемой при совершенно спокойномъ состояніи гремучаго газа, — механическое дѣйствіе взрыва было-бы ничтожное и рабочіе легко могли-бы спастись бѣгствомъ. На практикѣ наблюдается совершенно другое. Движеніе воздуха по выработкамъ, сильный механическій толчекъ, происходящій отъ расширенія продуктовъ сгоранія, возвышеніе температуры сразу до 1850° Ц. и присутствіе, наконецъ, угольной пыли — обуславливаютъ, что скорость сгоранія газовъ въ выработ-

гахъ во время взрывовъ чрезвычайно возрастаетъ и безъ преувеличенія можетъ быть принята въ нѣсколько сотъ метровъ въ секунду!

Высокая температура, развиваемая при сгораніи метана обуславливаетъ, какъ только что замѣчено, значительное увеличеніе первоначальнаго объема продуктовъ сгоранія,—водяныхъ паровъ и воздуха, чѣмъ и объясняется механическое дѣйствіе взрыва. По наблюденіямъ Thenard, объемъ газовъ при взрывѣ увеличивается въ 7 или 8 разъ,—французская-же коммиссія находитъ, что при содержаніи 12⁰/₁₀₀ до 14⁰/₁₀₀ метана, напряженіе газовъ, въ моментъ взрыва, достигаетъ 6½ атмосферъ. Распространеніе взрыва происходитъ обыкновенно въ направленіи противоположномъ движенію воздуха по выработкамъ, т. е. на встрѣчу свѣжей струи послѣдняго, какъ представляющей наибольшій запасъ кислорода, необходимаго для его питанія. Послѣ взрыва въ большинствѣ случаевъ имѣетъ мѣсто такъ называемый „обратный ударъ“, по своей силѣ почти не уступающій первоначальному и получающійся отъ того, что въ мѣстахъ возникновенія взрыва образуется, вслѣдствіе охлажденія и сгущенія газовъ и водяныхъ паровъ, разреженное пространство, куда и устремляются обратно газы; послѣдніе содержатъ нерѣдко еще нѣкоторое количество не сгорѣвшаго метана, который, воспламенившись здѣсь, даетъ вторичный взрывъ,—затѣмъ опять обратный ударъ и т. д., явленіе это можетъ повторяться иногда нѣсколько разъ.

Продукты сгоранія гремучаго газа послѣ взрыва (Nachschwaden) состоятъ изъ углекислоты, водяныхъ паровъ, механически примѣшаннаго азота, и при неполномъ сгораніи метана и въ присутствіи угольной пыли, еще и окиси углерода. Французскою коммиссіею найдено, что если въ моментъ взрыва содержаніе метана въ воздухѣ не превышаетъ 9,5⁰/₁₀₀, то при взрывѣ образуется только CO^2 и водяные пары; при высшемъ его содержаніи получается еще CO , часть несгорѣвшаго метана и водородъ. Такъ, напримѣръ, при содержаніи CH^4 въ 12⁰/₁₀₀, анализъ воздуха послѣ взрыва далъ:

$$\begin{aligned} CO^2 &= 4,8\% \\ CO &= 3,9\% \\ CH^4 &= 2,5\% \\ H^2 &= 3,5\% \\ N &= 82,5\% \end{aligned}$$

Отсюда мы видимъ, какъ убійственны для всякаго животнаго организма климатическія условія выработокъ послѣ взрыва; если кто-либо изъ присутствовавшихъ въ сферѣ распространенія послѣдняго и не былъ убитъ или сожженъ его пламенемъ, то въ большинствѣ случаевъ гибнетъ впоследствии, задохался или отравляясь ядовитой окисью углерода.

Вскорости послѣ взрыва углекислота, какъ болѣе тяжелая, занимавшая низшіе горизонты выработокъ, поднимается съ возобновленіемъ вентиляціи—постепенно въ болѣе высокіе; окисъ углерода, собравшаяся наоборотъ у потолковъ, проникаетъ по возстающимъ штрекамъ къ шахтамъ. Происходитъ-ли это распредѣленіе газовъ по ихъ удѣльному вѣсу непосредственно послѣ взрыва или спустя нѣкоторое время, рѣшить трудно, но положеніе и видъ потерпѣвшихъ приэтомъ рабочихъ, говоритъ скорѣе въ пользу перваго предположенія или по крайней мѣрѣ весьма быстрой диссоціи этихъ газовъ.

Спасательныя послѣ взрыва работы сопряжены, на первыхъ порахъ, съ громадной опасностью, въ особенности въ шахтахъ и возстающихъ штрекахъ, переполненныхъ убійственной окисью углерода. Дѣятельное провѣтриваніе, единственное въ данномъ случаѣ подспорье, но къ сожалѣнію оно въ большинствѣ случаевъ можетъ быть возстановлено слишкомъ поздно, т. е. когда къ жертвамъ взрыва прибавились еще новыя, изъ числа самоотверженныхъ героевъ, постигшихъ въ помощь погибающимъ товарищамъ!

Остается намъ еще сказать нѣсколько словъ о диффузіи рудничнаго газа.

Скорость, съ которой метанъ, выдѣлившійся и собравшійся у потолковъ выработокъ, — смѣшивается съ рудничнымъ воздухомъ, была предметомъ наблюденій французскаго инженера Coquillon, равно какъ и прусской и австрійской комиссіи, причемъ, какъ результатъ этихъ изслѣдованій, можетъ быть принято слѣдующее: въ выработкахъ, въ которыхъ выдѣленіе метана происходитъ постоянно, распространеніе послѣдняго въ рудничномъ воздухѣ не равномерно и всегда содержаніе его увеличивается по мѣрѣ удаленія отъ подошвы и приближенія къ потолку. Только тогда, когда струя воздуха попадаетъ въ такія мѣста, гдѣ газы не выдѣляются совершенно или въ весьма ничтожномъ количествѣ, наступаетъ болѣе совершенная диффузія. Смѣшеніе газовъ при этомъ тѣмъ совершеннѣе, тѣмъ больше протяженіе такихъ

безгазыхъ выработокъ и чѣмъ болѣе поворотовъ дѣлаетъ струя воздуха. Полнаго однако-же смѣшенія метана съ воздухомъ, въ движущейся струѣ послѣдняго, по даннымъ прусской комиссіи, — никогда не наблюдается.

7. Способы открытія присутствія и опредѣленія количества метана въ рудничномъ воздухѣ. Лампы Мюзелера, Вольфа и Пилера. Производство наблюденій и провѣрка явленій наблюдаемыхъ въ лампахъ.

Количество метана, заключающагося въ рудничномъ воздухѣ, можетъ быть опредѣлено вполне точно, лишь путемъ химическаго анализа. Несмотря, однако-же, на существованіе приборовъ, позволяющихъ производить анализъ весьма быстро и съ большою точностью, — способъ этотъ не примѣнимъ въ самихъ выработкахъ, между тѣмъ какъ на практикѣ весьма важно, чтобы техническій надзоръ, а также и болѣе опытные рабочіе, имѣли возможность въ каждый моментъ и во всякомъ мѣстѣ рудника, не только констатировать присутствіе этого газа, но и опредѣляя, хотя приблизительно, процентное его содержаніе въ воздухѣ, составить себѣ понятіе, объ угрожающей съ этой стороны опасности.

Для удовлетворенія этой потребности, придумано весьма много остроумныхъ приборовъ, такъ называемыхъ индикаторовъ гремучаго газа, которые однако-же до сихъ поръ на практикѣ широкаго распространенія не получили и, какъ представляющіе собою почти исключительно теоретическій интересъ, разсмотрѣны будутъ нами впоследствии.

Единственно практичной и наиболѣе распространенной въ роли индикатора, является все еще — предохранительная лампа, съ пламенемъ которой происходятъ, въ присутствіи метана, настолько характерныя явленія, что значеніе ихъ можетъ быть замѣчено и понято даже мало опытными рабочими.

Примѣсъ метана къ рудничному воздуху вызываетъ на пламени предохранительной лампы двоякаго рода явленія:

а) образуетъ ореоль, т. е. кругомъ пламени лампы появляется другое пламя, синяго цвѣта и конусообразной формы, получающееся отъ сгоранія метана;

б) вызываетъ удлиненіе пламени лампы. Послѣднее происходитъ отъ того, что пламя вынуждено, для сгоранія масла, увеличить свою

поверхность соприкосновения съ воздухомъ, болѣе бѣднаго кислородомъ, такъ какъ значительная часть послѣдняго уходитъ на сгораніе метана.

Величина ореола зависитъ не только отъ количества имѣющагося въ воздухѣ метана но и отъ величины пламени; при нормальной напр., величинѣ послѣдняго и 5% метана, конусъ ореола можетъ достигать высоты въ 0,1 метра, а въ той-же смѣси, опуская въ лампѣ фитиль на столько, чтобы только поддержать горѣніе, понижаемъ и конусъ до 2 мм. или 3 мм.,—причемъ послѣдній становится болѣе явственнымъ

Кромѣ обыкновенной лампы Devu, чувствительность которой значительно увеличиваетъ приспособленіе, по указанію Бельгійской коммисіи, соответственной ширмочки, при которой возможно обнаружить содержаніе въ воздухѣ даже 1% CH_4 , наиболѣе распространены нынѣ какъ индикаторы: масляная лампа Мюзелера,—бензиновая Вольфа и спиртовая Пилера. Послѣдняя представляетъ собою лишь видоизмѣненіе лампы Devu и является, безъ сомнѣнія, однимъ изъ наиболѣе чувствительныхъ индикаторовъ, указывая содержаніе даже $\frac{1}{2}$ % метана въ воздухѣ. Лампа эта должна быть снабжена защитительной ширмой иначе она тухнетъ при нѣсколько болѣе сильномъ движеніи воздуха, а при нѣсколько большемъ содержаніи метана ($2\frac{1}{2}$ % до 3%) она крайне опасна, вызывая легко взрывы. Явленія, совершающіяся съ пламенемъ упомянутыхъ трехъ лампъ, въ зависимости отъ количества метана въ воздухѣ, представлены нами наглядно въ нижеслѣдующей табличкѣ и на прилагаемыхъ рисункахъ (Таб. I, II и III-я), изображающихъ пламя лампъ въ натуральную величину. Послѣдніе позаимствованы нами изъ отчета R. Schneider'a, имѣющагося въ „Трудахъ австрійской коммисіи“, въ томѣ 3-мъ на 216-ой страницѣ.

Разница въ температурѣ воздуха, въ примѣси въ немъ другихъ газовъ (CO_2 , N и O), чистотѣ наконецъ и качествахъ употребляемыхъ въ лампахъ освѣтительныхъ матеріаловъ, могутъ вызвать нѣкоторыя отклоненія отъ только что указанныхъ въ табличкѣ явленій съ пламенемъ лампъ, но отклоненія эти въ большинствѣ случаевъ настолько незначительны, что, пользуясь приведенными данными, возможно при нѣкоторомъ навыкѣ, опредѣлять содержаніе метана въ воздухѣ съ точностью до $\frac{1}{2}$ процента. Необходимо однакожь имѣть въ виду, что, производя наблюденія при сильной тягѣ воздуха,—получаются результаты преувеличенные, т. е. показанія пламени опереживаютъ содержаніе метана

на 1⁰/₀; при содержаніи, напримѣръ 4⁰/₀ послѣдняго, наблюдаются въ лампѣ явленія, указанныя въ таблицѣ для 5⁰/₀ смѣси и т. д.

Лампа Пиллера служитъ для производства наблюденій при содержаніи въ воздухѣ метана не превышающемъ 2¹/₂%,—при 2% до 4¹/₂⁰/₀ лучше всего примѣнять лампу Вольфа, а при 3⁰/₀ до 6⁰/₀ лампу Мюзелера. Если содержаніе метана превышастъ 6⁰/₀, то ни одна изъ упомянутыхъ лампъ не даетъ вѣрныхъ показаній, и производство наблюденій является, въ особенности при движеніи воздуха, крайне опаснымъ, но въ нихъ и не имѣется надобности, такъ какъ на практикѣ, въ подобныхъ случаяхъ, необходимо прикрыть лампу и съ осторожностью, держа ее у самой подошвы выработокъ,—немедленно удалиться изъ таковыхъ.

Относительно самого хода наблюденій и соблюдаемыхъ при этомъ осторожностей можно замѣтить слѣдующее:

а) Лампы индикаторы должны быть всегда въ полной исправности и содержаться чисто.

б) Освѣтительные матеріалы для нихъ должны быть лучшихъ качествъ и, по возможности, всегда одинаковаго достоинства;

в) При сильной тягѣ и нѣсколько болѣе обильномъ выдѣленіи метана, лампа Пиллера, должна быть непременно защищена окружающею ея ширмой. По Chesneau ореолъ въ этой лампѣ становится болѣе явственнымъ, отъ прибавленія къ спирту нѣкотораго количества полухлористой мѣди.

г) Наблюденія слѣдуетъ начинать посредствомъ лампы Вольфа или Мюзелера, медленно лишь подвигаясь впередъ и постоянно наблюдая измѣненія пламени. Если при этомъ обнаружится присутствіе 3⁰/₀ метана, то лампу Пиллера слѣдуетъ оставить совершенно и вообще ее употреблять только тогда, когда посредствомъ двухъ другихъ мы не можемъ открыть присутствія этого газа.

д) Наблюденія производятся при опущенномъ ad minimum фитилѣ, поднимая лампу медленно отъ подошвы до потолка выработокъ.

е) Желательно, чтобы наблюденія производились по возможности всегда однимъ и тѣмъ же лицомъ, вполне опытнымъ и глазъ котораго привыкъ къ измѣненіямъ, происходящимъ въ лампахъ.

з) Мѣра эта, влияющая на точность наблюденій, имѣетъ важное значеніе по отношенію къ лампѣ Пиллера, которая, какъ крайне опасная, не должна ни въ какомъ случаѣ передаваться въ неопытныя руки.

По отношенію къ лампѣ Шиллера можноеще замѣтить, что весьма цѣлесообразнымъ ¹⁾ является снабженіе ея устройствомъ, похожимъ на то, какое имѣется въ лампахъ Fumat, въ силу котораго лампа тухнетъ, коль скоро содержащіе метана въ воздухъ превосходятъ границы безопасности.

Въ заключеніе мы должны замѣтить, что ввиду возможности нѣкоторыхъ отклоненій отъ приведенныхъ данныхъ, какъ въ табличкахъ, такъ и на рисункахъ,—и обусловленныхъ мѣстными причинами, какъ-то: инымъ составомъ рудничнаго газа, другими качествами освѣтительныхъ матеріаловъ, малеьшкѡй даже разницѡй въ размѣрахъ лампъ и т. д.,—весьма полезнымъ является, на нашъ взглядъ, для каждаго отдѣльнаго рудника, провѣрка и исправленіе таблички и рисунковъ. Производство подобныхъ наблюденій не сопряжено съ какими-либо трудностями и важно еще въ томъ отношеніи, что нужные для этого приборы могутъ служить впоследствии для демонстрированія передъ рабочими всѣхъ явленій, вызываемыхъ рудничнымъ газомъ въ лампахъ что усваивается послѣдними несравненно легче и лучше, чѣмъ многократныя объясненія, по хорошимъ даже рисункамъ.

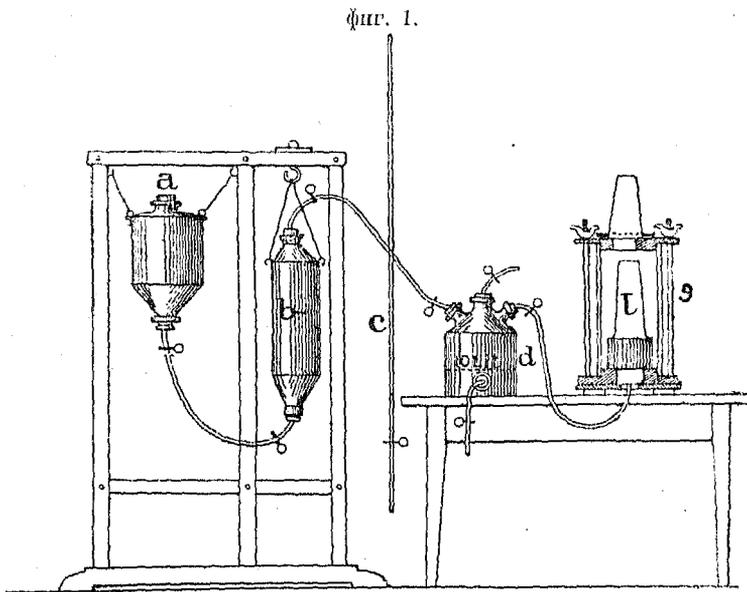
Не лишнимъ поэтому считаемъ указать здѣсь вкратцѣ, на способъ производства подобныхъ наблюденій, такъ какъ они производились австрійской комиссіей и описываются въ упомянутомъ отчетѣ Schneider'a. Наблюденія состоятъ въ сущности изъ: 1) взятія въ выработкахъ пробы рудничнаго газа; 2) опредѣленія въ немъ посредствомъ анализа содержаніе метана и 3) смѣшеніе рудничнаго газа съ воздухомъ, для полученія гремучаго газа съ желаемымъ въ немъ количествомъ метана и введенія затѣмъ такого газа въ лампу, для наблюденія производимыхъ имъ измѣненій пламени.

При взятіи пробы газовъ, выдѣляемыхъ углемъ, поступаютъ слѣдующимъ образомъ: въ свѣжлыхъ, не имѣющихъ замѣтныхъ трещинъ, забояхъ пробуриваютъ скважину діаметромъ около 10 см. и длиною отъ 7 до 9 метровъ. На такой же длины газовую трубку, діаметромъ въ 2 см. надѣваютъ съ конца деревянное кольцо, съ укрѣпленными къ нему стальными полосками, согнутыми такъ, что удерживаютъ трубку въ центрѣ скважины и служатъ такимъ образомъ направляющими, во время вдвиганія трубки препятствуя одновременно засорѣнію послѣдней угольной мелочью, оставшейся въ буровой скважинѣ. Вставивъ при-

¹⁾ Annales des mines. 9^e serie t. II. pag. 203. 1892.

способленную такимъ образомъ трубку, почти до конца скважины, загоняютъ между ея и стѣнками скважины деревянную кольцеобразную пробку и къ выступающему наружу почти на 0,5 метра концу трубки, укрѣпляютъ гуттаперчевую съ зажимомъ. По истеченіи 24 часовъ соединяютъ послѣднюю съ жестянымъ сосудомъ *b* (фиг. 1), вмѣстимостью въ 10 литровъ, наполненнымъ водою, по мѣрѣ истеченія которой сосудъ наполняется собравшимися въ трубкѣ газами. Когда вся вода вытекла, всѣ зажимы закрываютъ и сосудъ *b* переносятъ въ лабораторію для химическаго опредѣленія содержанія въ газѣ метана. Когда это сдѣлано, то можно приступить къ наблюденіямъ съ лампами.

Для этого приготовляемъ прежде всего смѣсь рудничнаго газа съ воздухомъ съ опредѣленнымъ содержаніемъ метана.



Обыкновенную Вульфовскую банку *d*, съ тремя горлышками, соединяютъ, какъ представлено на фиг. 1, съ одной стороны съ приборомъ *e*, въ которомъ помѣщаются испытываемыя лампы, съ другой стороны, съ вышеупомянутымъ сосудомъ *b*, наполненнымъ рудничнымъ газомъ и сообщаемымъ въ свою очередь съ сосудомъ *a*, наполненнымъ водою. Трубка *c* служитъ для полученія воды, подъ нѣкоторымъ напоромъ. Наполнивъ водою банку *d*, вмѣщающую отъ 12 до 13 литровъ, открываютъ нижній зажимъ и спускаютъ воду прочь до истеченія ровно 10 литровъ, тщательно при этомъ измѣряемыхъ, т. е. находятъ гори-

зонть воды, выше котораго вмѣстимость банки составляетъ ровно 10 метровъ. Въ этомъ мѣстѣ дѣлають на стеклѣ черту. Зная составъ рудничнаго газа, мы всегда можемъ рассчитать, сколько надо прибавить къ нему воздуха, чтобы въ 10 литрахъ смѣси получился гремучій газъ желаннаго состава. Такъ, напримѣръ, еслибы для получения 1% смѣси, требовалось 1 литръ рудничнаго газа и 9 метровъ воздуха, то, сообщая наполненную водою бутылъ *d* съ сосудомъ *b*, мы спускаемъ 1 литръ воды и разобщаемъ оба сосуда; затѣмъ спускаемъ воду до опредѣленной нами ранѣе черты, открывъ одновременно верхній зажимъ, сообщающій бутылъ съ воздухомъ.

Оставшаяся въ бутылѣ вода служить впоследствии для лучнаго, при встряхиваніи, смѣшенія рудничнаго газа съ воздухомъ.

Приборъ *e* состоитъ изъ стекляннаго цилиндра, діаметромъ въ 10 см. высотой 33 см., установленнаго на деревянной подставкѣ, снабженнои по серединѣ отверстиемъ, закрываемымъ каучуковой пробкой со стеклянной трубкой, служащей для соединенія прибора съ банкой *d*. Верхняя, нѣсколько расширенная, часть этого отверстия въ подставкѣ прикрыта двойной металлической сѣткой. Стеклянный цилиндръ прикрывается сверху деревянной крышкѣй, имѣющей въ центрѣ отверстие въ 4 см., надъ которымъ, во время опыта, устанавливается жестяная, коническая трубка, для лучшей тяги. Между стекляннымъ цилиндромъ, подставкой и крышкѣй прокладываются резиновые кружки и все сжимается въ одно цѣлое посредствомъ двухъ винтовъ.

Послѣ помѣщенія въ приборѣ зажженной лампы *l*, соединяють его съ банкой *d*. Сообщивъ затѣмъ съ нижнее отверстие съ трубкой *e* выжимають водою приготовленную ранѣе смѣсь газовъ въ приборъ *e*, и сожигая тамъ таковыя, наблюдаютъ происходящія при этомъ измѣненія.

Опредѣленіе въ выработкахъ состава гремучаго газа при помощи лампъ индикаторовъ, должно всегда считаться лишь приблизительнымъ, причѣмъ степень его точности, зависитъ главнымъ образомъ отъ навыка и опытности наблюдателя и субъективной его вообще способности, замѣчать происходящія въ лампахъ измѣненія пламени. Кромѣ того, способъ этотъ, страдаетъ еще и тѣмъ недостаткомъ, что все пространство на 0,20 метра отъ потолка выработокъ, т. е. тамъ гдѣ скопленіе гремучаго газа бываетъ наиболѣе обильное, ускользаетъ, такъ сказать, отъ наблюденія, такъ какъ помѣститъ тамъ лампу въ отвѣсномъ положеніи невозможно, при наклоненіи же ея, она обыкновенно тухнетъ.

Если на практикѣ лампы индикаторы пользуются такимъ обширнымъ распространениемъ, то это объясняется отчасти малою практичностью и недостатками другихъ подобнаго рода приборовъ, къ краткому перечисленію которыхъ и приступаемъ въ нижеслѣдующемъ.

8. Другіе индикаторы гремучаго газа; приборъ Liveing'a и американскій Schaw Gas-Tester. Индикаторъ Ansell'a, Forbes и Blackley, Coquillon, Le Chatelier, Perry и Groesbeck.—Сожиганіе метана въ выработкахъ.—Взятіе пробы и анализъ рудничнаго газа.

Изъ индикаторовъ, основанныхъ на томъ же принципѣ какъ въ лампахъ, т. е. на химическомъ сродствѣ метана къ кислороду воздуха, обойдемъ молчаніемъ аппараты Joung'a, Casella, Bayolt et App и т. д. какъ оказавшіеся на практикѣ малопрігодными и остановимся на нѣсколько болѣе подробномъ разсмотрѣніи прибора „Liveing“ и весьма распространеннаго въ С. Америкѣ аппарата Thomas Schaw, такъ называемаго „Schaws Gas-Tester“. Послѣдній не представляетъ собою индикатора въ тѣсномъ смыслѣ этого слова и является скорѣе лабораторнымъ приборомъ, при помощи котораго, вмѣстѣ химическаго анализа, опредѣляютъ съ достаточной для практики точностью и весьма быстро, содержаніе метана во взятой предварительно пробѣ рудничнаго воздуха.

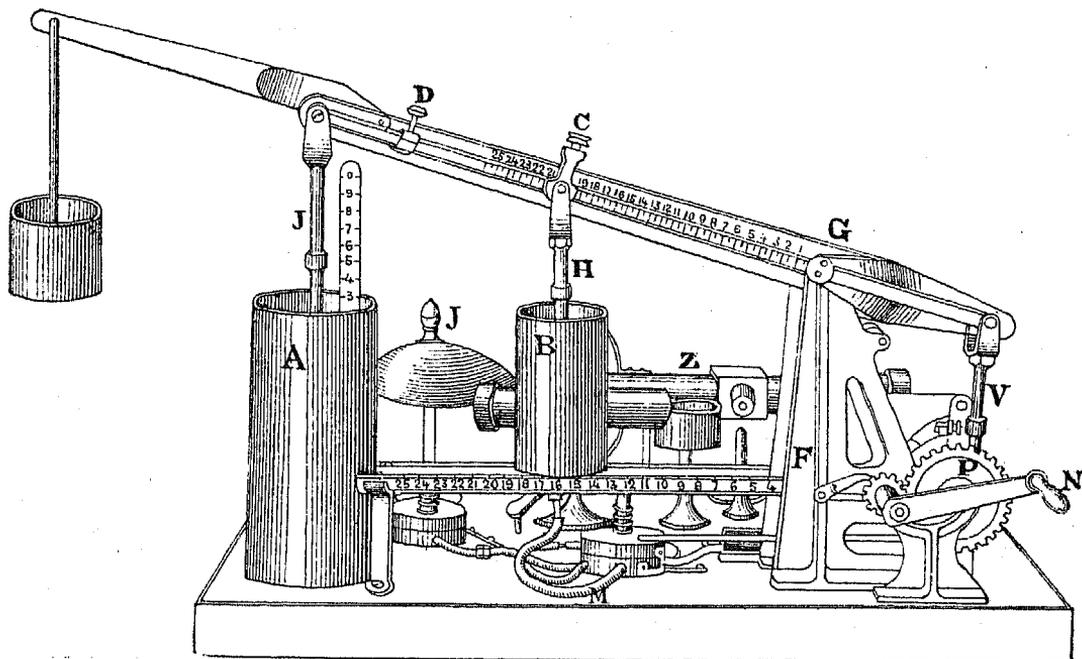
Наблюденія съ этимъ приборомъ ¹⁾ состоятъ въ томъ, что къ опредѣленному объему испытываемаго рудничнаго воздуха прибавляютъ немного свѣтильнаго газа до тѣхъ поръ, покуда смѣсь эта, при воспламененіи, не дастъ взрыва; вычитая употребленное при этомъ количество свѣтильнаго газа изъ того его количества, которое потребовалось бы для образованія взрывчатой смѣси съ чистымъ воздухомъ, получаютъ указаніе на примѣсь углеводородовъ въ рудничномъ воздухѣ.

На фиг. 2-й изображены нами этотъ аппаратъ; къ металлической доскѣ укрѣплены двѣ колонны FF, поддерживающія неравнобѣрный рычагъ G. Короткое плечо послѣдняго соединено посредствомъ тяги V съ колѣнчатимъ валомъ диска E, длинный же колець помощью тяги I съ поршнемъ цилиндра A и штангой H съ поршнемъ передвижнаго цилиндра B. Вращая рукояткой N приводимъ при помощи зубчатой передачи P рычагъ G въ качательное движеніе; одному обороту диска E соответствуетъ полный ходъ поршня A, причемъ объемъ, описы-

¹⁾ R. Broja. Der Steinkohlenbergbau in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika—Leipzig. 1894.

ваемый при этомъ поршень составляетъ 800 куб. см. Цилиндръ В можно передвигать по направляющимъ SS и устанавливать въ любомъ мѣстѣ, укрѣпляя тягу Н посредствомъ нажима С. Такимъ образомъ является возможность увеличить либо уменьшить величину хода поршня В, а имѣющіяся на направляющихъ дѣленія указываютъ непосредственно объемъ описываемый послѣднимъ, выраженный въ процентахъ объема большаго цилиндра.

Фиг. 2.



Для обоихъ цилиндровъ имѣется одинъ общій клапанъ L. Послѣдній состоитъ изъ двухъ, пришлифованныхъ и прижатыхъ другъ къ другу пружиною, металлическихъ кружковъ, изъ которыхъ нижній укрѣпленъ неподвижно, верхній же, при вращеніи диска Е, поворачивается при помощи особаго приспособленія такимъ образомъ, что при подъемѣ поршней воздушный цилиндръ приходитъ въ сообщеніе съ атмосферой или съ сосудомъ содержащимъ испытуемый рудничный воздухъ и цилиндръ В съ сосудомъ со свѣтильнымъ газомъ, а при ихъ опусканіи оба цилиндра сообщаются съ аппаратомъ К, гдѣ происходитъ тщательное смѣшеніе воздуха съ газомъ и откуда смѣсь эта поступаетъ въ Z, т. е. въ приборъ, въ которомъ происходитъ взрывъ.

последней. Z представляет собою прочную металлическую трубку съ боковымъ отросткомъ, въ передней стѣнкѣ котораго имѣется небольшое отверстіе, черезъ которое происходитъ воспламенение смѣси отъ имѣющейся тутъ-же газовой горѣлки.

Съ правой стороны трубки Z имѣется кромѣ того малое отверстіе для выхода воздуха во время наполненія трубки гремучимъ газомъ, съ лѣвой же стороны (т. е. съ противоположнаго конца трубки) находится клапанъ, въ видѣ шарика, удерживаемый на мѣстѣ пружинной и ударяющей въ моментъ взрыва въ звонокъ I.

Ходъ наблюденій слѣдующій. Прежде всего необходимо опредѣлить для каждаго свѣтильнаго газа то его количество, какое нужно прибавить къ чистому воздуху, чтобы получился взрывъ. Газовый цилиндръ B устанавливаютъ поэтому въ такомъ положеніи, чтобы получить смѣсь, взрывчатыхъ свойствъ приблизительно, съ $5\frac{1}{2}\%$ газа. Сообщивъ цилиндръ A съ атмосфернымъ воздухомъ, а B съ сосудомъ, со свѣтильнымъ газомъ, вращаютъ рукояткой N и послѣ каждаго ея оборота, подвигаютъ медленно B влѣво, т. е. увеличиваютъ ходъ поршня, а слѣдовательно и количество газа въ смѣси, повторяя это до тѣхъ поръ, покуда не произойдетъ взрыва. Для отмѣтки этого состава гремучаго газа придвигаютъ скобку D плотно къ C и завинчиваютъ ее на этомъ мѣстѣ; отодвинувъ затѣмъ цилиндръ B вправо, настолько приблизительно дѣлений, сколько процентовъ метана подозрѣваютъ въ испытуемомъ воздухѣ, сообщаютъ цилиндръ A съ послѣднимъ, и подвигаютъ вновь, какъ раньше, цилиндръ B влѣво до тѣхъ поръ, покуда не получится взрыва. Разница между количествомъ употребленнаго при первомъ и при второмъ взрывѣ свѣтильнаго газа, выражаетъ содержаніе метана въ испытуемомъ воздухѣ.

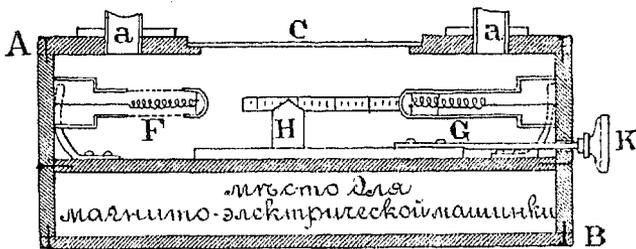
При нѣкоторомъ навыкѣ вся манипуляція совершается быстро и точность опредѣленія достаточна для практическихъ цѣлей; аппаратъ этотъ, какъ замѣчено раньше, получилъ широкое распространеніе въ С. Америкѣ, гдѣ всѣ правительственные инспектора снабжены этимъ индикаторомъ. Стоимость его со всеми принадлежностями и приспособленіями для взятія пробы воздуха и т. д. составляетъ около 600 долларовъ.

Принципъ на которомъ основанъ индикаторъ Liveing'a состоитъ въ томъ, что воздухъ, примѣсь къ которому метана не превышаетъ $5\frac{1}{2}\%$ не взрываетъ отъ соприкосновенія съ раскаленнымъ тѣломъ, но

частицы метана, сгорая въ мѣстахъ соприкосновенія, возвышаютъ температуру нагрѣтаго тѣла, тѣмъ, очевидно сильнѣе, чѣмъ больше въ воздухѣ этого газа.

Аппаратъ состоитъ (фиг. 3-я) изъ узкаго (8") деревяннаго ящика АВ, раздѣленнаго горизонтальной перегородкой на два отдѣленія, нижнее и верхнее. Въ нижнемъ помѣщается небольшая электрическая машина, въ верхнемъ же имѣются двѣ платиновыя спирали F и G, которыя представляя собою совершенно одинаковыя сопротивленія нака-

фиг. 3.



ливаются токомъ въ одинаковой мѣрѣ. Спираль G окружена трубкой, имѣющей спереди стекло и наполненной чистымъ воздухомъ, для спирали F часть такой же трубки замѣнена металлической сѣткой. Если помѣстимъ аппаратъ въ смѣсь воздуха съ метаномъ и станемъ пропускать токъ, то вслѣдствіе доступа воздуха чрезъ отверстія *а а* и сѣтку, спираль F раскаливается сильнѣе чѣмъ G и разницу эту легко замѣтить, чрезъ стекло C, при помощи весьма простаго фотометра, состоящаго изъ конически оканчивающагося стерженька Н, наклонныя верхнія плоскости котораго освѣщаются при этомъ не одинаково. Передвигая послѣдній посредствомъ К взадъ и впередъ, мы найдемъ такое положеніе, при которомъ обѣ стороны конуса кажутся одинаково освѣщенными, причемъ остріе конуса указываетъ на линейкѣ L съ дѣленіями прямо процентное содержаніе метана въ испытуемомъ воздухѣ.

Слѣдующая табличка показываетъ разницу силы свѣта обѣихъ спиралей, при различномъ содержаніи метана въ воздухѣ.

Приборъ этотъ не отличающійся правда большою точностью показаній, получить вѣроятно ввиду простоты устройства и удобства наблюденія, заслуженное распространеніе на практикѣ.

| При содержаніи метана въ ‰‰. | Силоосвѣщеніе спиралей. | |
|---------------------------------|----------------------------|------------------|
| | Закры- той Г. | Откры- той F. |
| Чистый воздухъ. | 1 | 1 |
| $\frac{1}{4}\%$ | 1 | 1,24 |
| $\frac{1}{2}\%$ | 1 | 1,65 |
| 1‰ | 1 | 2,78 |
| 2‰ | 1 | 5,10 |
| 3‰ | 1 | 22,00 |
| 4‰ | 1 | 64,10 |

Весьма много индикаторовъ основано на различіи удѣльнаго вѣса метана и чистаго воздуха. Къ числу такихъ приборовъ принадлежатъ индикаторы Binsfeld'a, G. d'Orville, Carleton, Heiserling, Lux, Della Bella Ansell'a и др. Всѣ они страдаютъ однимъ общимъ недостаткомъ,—неточностью показаній отъ неизбежнаго присутствія въ рудничномъ воздухѣ водяныхъ паровъ и угольной кислоты, примѣсь которыхъ равно какъ и измѣненія въ давленіи и температурѣ воздуха, въ значительной мѣрѣ маскируютъ правильность показаній этихъ аппаратовъ.

Для уясненія себѣ идеи, на которой основано дѣйствіе всѣхъ такихъ приборовъ, ограничимся здѣсь описаніемъ одного изъ нихъ, а именно индикатора Ansell'a, который автоматически сигнализируетъ присутствіе метана въ выработкахъ. Главной частью его является упругій резиновый шаръ наполненный чистымъ воздухомъ, и верхняя часть котораго соединена съ колокольчикомъ такимъ образомъ, что, съ увеличеніемъ объема шара, послѣдній приходитъ въ движеніе. Если приборъ помѣститъ въ атмосферу, содержащую примѣсь углеводородовъ, начинается диффузія послѣднихъ во внутренность шара, причемъ послѣдній расширяется и этимъ вызываетъ дѣйствіе колокольчика.

Приборъ этотъ оказывается мало чувствительнымъ на внезапныя появленія рудничнаго газа въ выработкахъ. Для сигнализациі подобныхъ случаевъ устроенъ тѣмъ же изобрѣтателемъ другой индикаторъ. На деревянной доскѣ укрѣпленъ пустотѣлый цилиндръ изъ графита или

пористой глины, закрытый только сверху и наполненный чистым воздухомъ. Въ цилиндръ помѣщена изогнутая стеклянная трубка, наполненная до известнаго горизонта ртутью и болѣе длинное колѣно которой пропущено черезъ верхнюю крышку пористаго сосуда. На поверхности ртути въ этомъ колѣнѣ, имѣется металлическій поплавокъ, уравновѣшенный при помощи шпурка и противувѣса. Шнурокъ покоится именно въ желобкѣ диска, на неподвижной оси котораго имѣется стрѣлка. Вслучаѣ внезапнаго появленія въ выработкахъ рудничнаго газа, часть его весьма быстро протекаетъ черезъ пористыя стѣнки сосуда и, увеличивая тамъ давленіе на поверхность ртути въ короткомъ колѣнѣ трубки, поднимаетъ въ другомъ ртути, и вмѣстѣ съ ней и поплавокъ вверхъ, причемъ дискъ поворачивается и стрѣлка указываетъ на приближающуюся опасность. При известномъ положеніи диска, остроумное приспособленіе закрываетъ цѣль гальванической батарей и передаетъ такимъ образомъ сигналъ въ желаемое мѣсто.

Для опредѣленія процентнаго содержанія метана въ воздухѣ предлагаетъ наконецъ Ansell еще третій, весьма простой приборъ, состоящій изъ изогнутой стеклянной трубки, одно колѣно которой снабжено соответственными дѣленіями, другое же расширено вверху блюдцеобразно. Трубка наполнена до нуля дѣленій ртутью и расширенная ея часть закрыта плотно пористымъ дискомъ. Угледороды, пропихая черезъ пористую крышку, производятъ на ртуть давленіе и возвышаютъ горизонтъ послѣдней въ другомъ колѣнѣ, гдѣ дѣленія указываютъ на процентное содержаніе этихъ газовъ въ воздухѣ.

На весьма остроумномъ принципѣ основано устройство индикатора, изобрѣтеннаго проф. Forbes, а именно на измѣщеніяхъ силы звука въ зависимости отъ плотности воздуха. Приборъ этотъ состоитъ изъ латунной трубки, діаметромъ въ 2,5 см. и длиною около 17 см. Вверху трубки имѣется дискъ съ дѣленіями и неподвижной стрѣлкой, при вращеніи котораго передвигается по трубкѣ, при помощи зубчатой рейки, плотный, не пропускающій воздуха поршеньекъ. Одинъ оборотъ диска соответствуетъ передвиженію на 1 дюймъ. Противъ открытаго конца трубки укрѣпленъ камертонъ, дѣлающій 512 колебаній въ секунду.

Сначала наполняютъ трубку чистымъ воздухомъ и приводятъ камертонъ въ движеніе; поворачивая дискъ, т. е. передвигая поршень до тѣхъ поръ, пока не получается наиболѣе сильный звукъ, отмѣчаютъ по стрѣлкѣ диска положеніе поршня въ трубкѣ. Перенеся затѣмъ при-

боръ въ воздухѣ съ примѣсью метана, т. е. имѣющій другую плотность, продѣлываютъ тоже самое, опредѣляя вновь положеніе поршня въ трубкѣ, при которомъ камертонъ издастъ наиболѣе сильный звукъ. Изъ найденной такимъ путемъ разницы въ положеніяхъ поршня опредѣляютъ %% содержаніе метана въ воздухѣ, по имѣющимся для этой цѣли табличкамъ, въ которыя включена еще и поправка отъ разницы въ температурѣ воздуха, наблюдаемой при испытаніяхъ.

Большой недостатокъ прибора, состоящій въ томъ, что точность наблюденій зависитъ главнымъ образомъ отъ индивидуальности наблюдателя, т. е. отъ большей или меньшей чувствительности его слуха, устраненъ отчасти въ другомъ индикаторѣ, устроенномъ Forbes совместно съ „Blackley“.

Маленькій этотъ удобо-переносный приборъ состоитъ изъ двухъ флейтъ, — одной свободной и другой укрѣпленной надъ небольшимъ латушнымъ, закрытымъ снизу цилиндромъ. Посредствомъ мѣховъ можно за разъ въ обѣихъ флейтахъ вызвать звукъ, который въ чистомъ воздухѣ получается одного тона, т. е. унисоно. Помѣщая приборъ въ воздухъ съ примѣсью углеводородовъ и вдувая изъ мѣховъ чистый воздухъ, та изъ нихъ, которая помѣщена надъ цилиндромъ, измѣнитъ свой звукъ, вслѣдствіе иной плотности, выполняющаго цилиндръ, воздуха. Не унисоновые тоны обѣихъ флейтъ даютъ вслѣдствіе интерференціи толчки, легко замѣчаемые даже непривычнымъ ухомъ; опредѣляя число толчковъ въ 1 сек. или, что все равно, укорачивая или удлинняя латушный цилиндръ до полученія въ обѣихъ флейтахъ одинаковыхъ звуковъ, получаемъ данныя, для вычисленія %% содержанія углеводородовъ въ воздухѣ.

Точность показаній этихъ звуковыхъ индикаторовъ не зависитъ отъ давленія воздуха, но такъ какъ плотность послѣдняго играетъ тутъ главную роль, то очевидно, что примѣсь къ рудничнымъ газамъ водяныхъ паровъ, угольной кислоты и т. д. вызываетъ такія же ошибки при испытаніяхъ, какія присущи и описаннымъ нами раньше индикаторамъ.

Говоря объ индикаторѣ Liveing'a, мы указали на свойство раскаленной до бѣла, платиновой или палладіевой проволоки не вызывать взрыва, а сжигать входящій въ прикосновеніе съ нею метанъ. На этомъ свойствѣ основанъ цѣлый рядъ приборовъ, наблюденіе посредствомъ которыхъ сводится къ опредѣленію уменьшенія объема известной пропорціи воздуха, послѣ сжиганія въ немъ метана раскаленной

проволокой. Изъ этого уменьшенія въ объемѣ судятъ о процентномъ содержаніи углеводорода. Сюда относятся индикаторы: Monniers (Methanometre automatique),—А. Н. Maurice,—Dr. Schmidt и Heinzerling,—Swan, Coquillon.—Le Chatelier и другіе. Такъ какъ устройство всѣхъ этихъ приборовъ различается только въ деталяхъ, ограничимся описаніемъ изъ нихъ только двухъ послѣднихъ.

Индикаторъ Coquillon состоитъ изъ калиброванной тонкой стеклянной трубки, соединенной съ другою нѣсколько большаго діаметра, имѣющей вмѣстимость всего въ 2,5 куб. см. Верхній конецъ послѣдней закрытъ герметически пробкой съ краникомъ и съ пропущенными черезъ нее двумя толстыми палладіевыми проволоками, соединяющимися между собою, въ широкой трубкѣ, спиралью такой же, но болѣе тонкой проволоки. Къ нижнему концу калиброванной трубки укрѣплен прочно грушевидный каучуковый баллонъ. Вся стеклянная часть прибора защищена латунной трубкой, съ такимъ профѣзомъ, чтобы возможно было отсчитывать дѣленія калиброванной трубки.

Сначала наполняютъ приборъ водою такъ, чтобы, наполнивъ каучуковый баллонъ, она остановилась на опредѣленной чертѣ калиброванной трубки. Для наполненія пространства надъ уровнемъ воды испуемымъ воздухомъ, открываютъ верхній краникъ и, сжимая баллонъ, заполняютъ водою объѣмъ трубки до самой пробки, освобождая затѣмъ баллонъ, всасываютъ очевидно въ замѣнъ отступающей воды рудничный воздухъ. Для большей увѣренности, что бывший въ трубкахъ чистый воздухъ вытѣсненъ окончательно изъ прибора, манипуляцію эту повторяютъ два, три раза. Закрывъ затѣмъ верхній краникъ, пропускаютъ нѣсколько разъ токъ въ теченіи 2—3 секундъ, раскаливая проволочную спираль и сожигая такимъ образомъ примѣшанный къ воздуху метанъ. По охлажденіи газовъ происходитъ уменьшеніе ихъ объема, измѣряемое въ приборѣ повышеніемъ уровня воды въ калиброванной трубкѣ. Зная значеніе дѣленій послѣдней, получаемъ данныя для опредѣленія процентнаго содержанія метана въ воздухѣ.

Все наблюденіе совершается весьма быстро, не болѣе 5 минутъ и приборъ этотъ могъ-бы оказаться весьма практичнымъ, если-бъ давалъ болѣе точные результаты. Le Chatelier и Mallard, испытавшіе этотъ индикаторъ многократно, находятъ что количество опредѣленнаго при его помощи метана, всегда почти на 1% ниже дѣйствительности. Неточность эта происходитъ главнымъ образомъ отъ того, что въ приборѣ

Coquillon'a не устранена возможность колебаній температуры и сжиганіе метана совершается надъ водой, которая растворяетъ въ себѣ всегда нѣкоторое количество образующейся при этомъ углекислоты.

Въ предложенномъ Le Chatelier индикаторѣ, являющимся въ сущности лишь усовершенствованіемъ только что описаннаго,—недостатки эти устранены такимъ способомъ, что вода въ калиброванной трубкѣ замѣнена ртутью, не поглощающей, какъ извѣстно, угольной кислоты и кромѣ того, весь приборъ помѣщенъ въ сосудъ съ водою, для предотвращенія колебаній температуры. Палладіевая наконецъ проволока замѣнена платиновой, которая, какъ металлъ болѣе тугоплавкій, можетъ быть раскалена сильнѣе, а слѣдовательно сгораніе метана можетъ совершаться быстрѣе. Въ индикаторѣ Le Chatelier измѣряется давленіе смѣси, при одномъ и томъ же ея объемѣ, до и послѣ сжиганія,—причемъ измѣненіе этого давленія на 15 мм. ртутнаго столба соотвѣтствуетъ 1% содержашія метана въ воздухѣ.

Изъ числа различныхъ способовъ, предлагавшихся съ цѣлью предупрежденія рудничной администраціи объ опасномъ состояніи воздуха въ выработкахъ, упомянемъ здѣсь только о проеэктѣ Thomas Schaw, аппаратъ котораго описанъ нами въ началѣ настоящей главы, и, кромѣ того, объ аппаратахъ американцевъ Perry и John Groesbeck.

Thomas Schaw, основываясь на свойствахъ рудничнаго газа проникать прежде всего въ верхніе горизонты выработокъ и оттуда лишь постепенно диффундировать въ протекающую по нимъ струю воздуха, предлагаетъ въ камерахъ или нѣсколькихъ другихъ, болѣе просторныхъ мѣстахъ, контролировать состояніе воздуха у потолка выработокъ и, въ случаѣ опаснаго состава послѣдняго, предупреждать рабочихъ, которые возвращаются покуда въ средѣ, съ меньшимъ еще содержаніемъ метана. Достигнуть этого предлагаетъ Schaw, соединяя поверхность съ выработками помощью цѣлой серіи желѣзныхъ трубокъ, оканчивающихся у потолковъ камеръ и сообщенныхъ на поверхности, каждая въ отдѣльности, съ небольшимъ всасывающе-давящимъ насосомъ. Однимъ словомъ проеэктъ основанъ на постоянномъ доставленіи на поверхность всасываніемъ нѣкотораго количества собирающагося у потолковъ выработокъ воздуха, составъ котораго можетъ быть затѣмъ легко опредѣленъ различными способами. Такъ, напримѣръ, перегоняя, при помощи тѣхъ же насосовъ, струю этого воздуха черезъ установленные въ рудничной лабораторіи металлическіе цилиндры, съ одного

конца которыхъ имѣется поршень съ пружиною, съ боку же отверстіе съ установленной передъ нимъ газовой горѣлкой, въ моментъ пріобрѣтенія воздухомъ свойствъ гремучаго газа, должно произойти его воспламененіе и взрывъ внутри цилиндра, причѣмъ поршень, сжимая пружину, ударяетъ въ колокольчикъ и сигнализируетъ такимъ образомъ объ опасности, раньше чѣмъ таковая дѣйствительно наступаетъ въ томъ горизонтѣ камеры, гдѣ вращаются рабочіе. Предупреждать послѣднихъ объ этомъ легко, при помощи тѣхъ же трубокъ, достаточно для этого на концѣ ихъ въ выработкахъ укрѣпить какой либо свистокъ или гудокъ и направить изъ другого насоса или отдѣльнаго аккумулятора струю воздуха въ обратномъ направленіи.

Являясь, при нѣскольکو болѣе обширныхъ выработкахъ, устройствомъ весьма дорогимъ, контролирующимъ притомъ только нѣсколько отдѣльныхъ пунктовъ и совершенно безсильнымъ, вслучаѣ появленія сразу нѣсколько большаго количества рудничнаго газа,—проектъ этотъ остался только предложеніемъ, не осуществившимся нигдѣ на практикѣ. Кромѣ того, рабочіе, увѣренные, что въ случаѣ опасности ихъ своевременно предупредить объ этомъ, привыкаютъ къ беззаботности и меньшей осторожности, такъ что устройство подобнаго рода могло бы, на нашъ взглядъ, скорѣе оказаться вреднымъ, чѣмъ приносить пользу въ смыслѣ предотвращенія взрывовъ гремучаго газа.

Говоря о проектѣ Schaw нельзя, умолчать объ основанныхъ на томъ же принципѣ предложеніяхъ Водичка и Хильта, изъ коихъ послѣднему удалось даже осуществить свою идею на рудникѣ „Königsgrube“,—при разработкѣ тамъ новаго пласта пламеннаго угля. И здѣсь, въ обоихъ случаяхъ, дѣло сводится къ улавливанію у потолковъ выработокъ и доставленію всасываніемъ на поверхность, болѣе богатаго метаномъ, чѣмъ въ остальныхъ частяхъ выработокъ, рудничнаго воздуха. Являясь такимъ образомъ какъ будто дополнительнымъ, имѣющимъ только цѣлью удаленіе рудничнаго газа, провѣтриваніемъ выработокъ, оно не исключаетъ необходимости обыкновенной, общей вентиляціи и благоприятные результаты, достигнутые при опытахъ Хильта, объясняются вѣроятно отчасти и тѣмъ обстоятельствамъ, что провѣтриваніе выработокъ въ Königsgrube и безъ того было болѣе, чѣмъ удовлетворительно.

Фантастическій проектъ Водичка, похожъ, по его собственному выраженію, на тѣло какого то гигантскаго полипа, многочисленныя ноги котораго усѣяны всасывающими воздухъ сосками. Особое отдѣленіе

вентиляціонной шахты соединяется вверху съ сильнымъ вентиляторомъ, внизу же сообщается, съ проложенными по основнымъ штрекамъ и бремсбергамъ, главными воздушными каналами, отъ которыхъ во всѣ стороны расходятся второстепенные, — третьяго разряда и т. д. все меньшаго и меньшаго сѣченія и окапчивающіеся наконецъ у каждаго забоя воронко-образно расширенной частью, предназначаемою для болѣе совершеннаго улавливанія и всасыванія рудничнаго газа.

Въ проектѣ Хильта каналы замѣнены трубами, окапчивающимися у потолковъ выработокъ. Благодаря случайному нахожденію въ Königsgrubе не нужной сильной воздуходувной машины и трубчатого соединенія пeverхности съ выработками, при незначительныхъ, кромѣ того, размѣрахъ недавно открытаго угольнаго поля, удалось Хильту, какъ уже замѣчено нами, съ незначительными сравнительно затратами, произвести испытаніе своего проекта. Несмотря на сильную тягу, — при чемъ часть рудничнаго газа непременно должна была уноситься и смѣшиваться съ воздухомъ, — 60% изъ общаго количества выдѣляющагося въ выработкахъ метана всасывалось трубами, при чемъ примѣсь его здѣсь составляла отъ 6% до 8%, — между тѣмъ какъ въ остальномъ воздухѣ выработокъ содержаніе его не превышало $\frac{1}{4}$ %.

Результата этого нельзя не признать весьма благопріятнымъ и доказывающимъ еще разъ, какъ быстро рудничный газъ, проникая черезъ нижніе слои воздуха, собирается у потолковъ и какъ медленно онъ затѣмъ смѣшивается съ остальнымъ воздухомъ выработокъ.

Большая стоимость всего устройства, въ особенности при болѣе развитыхъ работахъ, могла бы, по мнѣнію Хильта, не только окупаться, но оказаться даже выгодной, вслучаѣ утилизаціи получаемаго такимъ путемъ гремучаго газа. При нѣкоторыхъ улучшеніяхъ не трудно, будто-бы, получать смѣсь, содержащую отъ 8% до 10% метана, то есть такую смѣсь, въ которой какъ разъ содержится достаточно кислорода для полнаго сгоранія углеводорода, выдѣляющаго при этомъ 13,000 един. тепла. Принявъ нужныя мѣры предосторожности, чтобы предотвратить передачу взрыва въ обратномъ направленіи, можно употреблять гремучій газъ для разныхъ цѣлей, какъ, напр., отопленія паровыхъ котловъ, освѣщенія, приведенія въ дѣйствіе газовыхъ двигателей и т. д., и такимъ образомъ, уменьшая опасность въ выработкахъ, утилизировать одновременно то, что, при обыкновенныхъ условіяхъ провѣтриванія, является потеряннымъ безъ пользы.

Вполнѣ соглашаясь, что особенно благоприятныя условія, какъ напримѣръ, положеніе рудника вблизи большого города и т. п. могли бы, быть можетъ, оправдать надежды Hill'a и не отрицая пользы и почти необходимости улавливать и отводить на поверхность газы, выдѣляющіеся изъ одного или нѣсколькихъ болѣе сильныхъ фонтановъ, намъ кажется, что опасность, происходящая отъ постоянного выдѣленія забоями рудничнаго газа, какъ бы обильно оно, не было,—можетъ быть гораздо проще и дешевле устранена, достаточно дѣятельной и рачіонально распределенной обыкновенной вентиляціей рудника.

Приборы Perry и Groesbeck основаны на слѣдующихъ качествахъ палладія:

- 1) металлическій палладій поглощаетъ громадныя количества водорода и углеводородовъ, при чемъ происходитъ увеличеніе его объема;
- 2) окись палладія, не пропускающая электричества, въ присутствіи водорода и газообразныхъ углеводородовъ, восстанавливается въ металлическій палладій, хорошій проводникъ электричества и, наконецъ,
- 3) древесный уголь, пропитанный палладіемъ, въ прикосновеніи съ упомянутыми газами, нагрѣвается сильно.

Не вдаваясь въ подробное описаніе приборовъ, идею ихъ осуществленія поймемъ легко, если вообразимъ себѣ гальваническую цѣпь, съ установленнымъ въ выработкахъ приборомъ, въ которомъ металлическій палладій или его окись утилизируются такимъ образомъ, что, при обыкновенномъ составѣ воздуха, токъ прерывается, не дѣйствуетъ; съ появленіемъ газообразныхъ углеводородовъ, вслѣдствіе увеличенія объема металла въ первомъ случаѣ, или восстановленія и получившейся отъ этого электропроводимости окиси во второмъ приборѣ, гальваническая цѣпь замыкается и приводитъ въ дѣйствіе сигнальный электрическій звонокъ.

Третій, наконецъ, аппаратъ, упомянутыхъ американцевъ, устроенъ такъ, что кусокъ пропитаннаго палладіемъ древеснаго угля укрѣпленъ у конца термоэлектрической батареи, оба полюса которой соединены съ индуктивной катушкой. Подъ вліяніемъ возникающихъ, при нагрѣваніи угля, токовъ притягивается якорь въ катушкѣ и этимъ замыкается какая-либо виѣшняя цѣпь съ сигнальнымъ звонкомъ.

Главный недостатокъ этихъ приборовъ состоитъ въ томъ, что они мало чувствительны на внезапныя появленія въ выработкахъ значительнаго количества рудничнаго газа, такъ какъ для того, чтобы

они начали функционировать, необходимо въ некоторое время воздѣйствія метана на палладіи; съ другой стороны, если это воздѣйствіе продолжительно, то самая ничтожная, не угрожающая какой либо опасностью, примѣсь углеводородовъ въ воздухѣ, въ состояніи уже вызвать ложную тревогу.

Имѣется, кромѣ того, цѣлый рядъ предохранительныхъ лампъ, съ различнаго рода добавочными приспособленіями (Somzee, Hyde, Marschall и др.), при помощи которыхъ, съ появленіемъ гремучаго газа, лампы тухнутъ либо сигнализируютъ автоматически присутствіе этаго газа. По мнѣнію англійской комиссіи, ни одно изъ этихъ приспособленій не можетъ считаться надежнымъ; сигнализируя либо слишкомъ рано и по другимъ совершенно причинамъ, либо опаздывая въ своемъ дѣйствіи они не могутъ удовлетворять требованіямъ практики.

Заканчивая настоящую главу, нельзя не упомянуть еще о попыткахъ уничтоженія рудничнаго газа въ мѣстахъ его появленія, т. е. въ самихъ выработкахъ.

Наиболѣе примитивный, продержавшіиъся, къ сожалѣнію, слишкомъ долго (до 1850 годовъ) варварскій обычай сожиганія рудничнаго газа собравшагося въ возвышенныхъ мѣстахъ выработокъ, посредствомъ зажженнаго факела, совершалось, какъ уже упомянуто нами, передъ каждой смѣной, особыми *pénitentes*, жертвами господствовавшаго въ то время религіознаго фанатизма.

Такое же постепенное сожиганіе метана, съ цѣлью воспрепятствовать скопленію значительнаго его количества, практиковалось и на многихъ рудникахъ Саксоніи, съ той лишь разницей, что совершалось это не при помощи людей, а установкой у потолоковъ возвышенныхъ выработокъ открытыхъ лампъ (*enige Lampren, — Zehr-lampren*). Лампы эти допускались, впрочемъ, лишь въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ примѣненіе предохранительныхъ лампъ не было обязательно, т. е. гдѣ выдѣленіе рудничнаго газа было весьма незначительнымъ и крайне при томъ постояннаго характера. Мѣра эта, однако-жъ, найдена Саксонскою комиссіей безусловно опасной и, по ея настоянію, запрещена въ настоящее время окончательно. Наконецъ, Кернер, основываясь на найденномъ Соquilлон свойствѣ раскаленнаго палладія сожигать, не производя взрыва, метанъ гремучаго газа, построилъ приборъ „сожигатель метана“, въ которомъ палладіевыи азбестъ раскаливается до-красна при помощи особой лампы. На практикѣ, однако-жъ, оказалось, что лампа эта дѣй-

ствуется тогда только удовлетворительно, когда воздухъ содержитъ достаточное количество кислорода и перестаетъ функционировать по недостатку послѣдняго именно тогда, когда составъ рудничнаго воздуха представляетъ наибольшую вѣроятность взрыва. Кроме того, продуктъ сгорания метана, угольная кислота, настолько ухудшаетъ воздухъ, что пребываніе въ выработкахъ рабочихъ становится рѣшительно невозможнымъ.

Упоминая неоднократно о необходимости взятія пробы рудничнаго воздуха, для его дальнѣйшаго испытанія въ лабораторіи, укажемъ еще наиболѣе употребительные при этомъ приемы.

Въ большинствѣ случаевъ достаточнымъ оказывается взятіе двухъ порцій воздуха; одной, объемомъ около 10 литровъ, для опредѣленія въ ней примѣси метана, и другой меньшей, объемомъ въ $\frac{3}{4}$ до 1-го литра, для опредѣленія угольной кислоты. Для первой цѣли употребляется жестяной, наполненный водою, сосудъ, служивающійся сверху и внизу и закрываемый здѣсь краниками, соединенными съ гуттаперчевыми трубками, внизу для спуска воды, сверху, съ нѣскольکو расширеннымъ концомъ, для приѣма рудничнаго воздуха, поступающаго въ сосудъ, взамѣнъ вытекающей воды. По истеченіи послѣдней, закрываютъ оба краника, и наполненный такимъ образомъ испытуемымъ воздухомъ сосудъ переносятъ въ лабораторію.

Для полученія по возможности пробы со среднимъ въ ней содержаніемъ метана, необходимо, во время наполненія воздухомъ сосуда, манипулировать всасывающей трубкой такимъ образомъ, чтобы открытый, расширенный конецъ ея оставался въ разныхъ сѣченіяхъ штрека, одинаковое приблизительно время. Вслѣдствіе плохаго смѣшенія метана съ воздухомъ, выполнѣ вѣрной пробы получить такимъ путемъ невозможно, но, принимая во вниманіе незначительные размѣры площади, на которой замѣчается болѣе обильное скопленіе метана, въ сравненіи со всею площадью сѣченія штрека, способъ этотъ даетъ результаты, выполнѣ удовлетворяющіе требованіямъ практики.

Въ С. Америкѣ въ большомъ употребленіи, взамѣнъ сосудовъ съ водою, каучуковые мѣшки, грушевидной формы, наполненные рудничнымъ воздухомъ посредствомъ цилиндрическихъ мѣховъ.

Опредѣленіе метана лучше всего производить по способу др. Винклера, т. е. пропуская опредѣленный объемъ испытуемаго воздуха черезъ сожигательную трубку, съ раскаленной окисью мѣди. Образующаяся

при сгораніи CH_4 —угольная кислота улавливается титрованнымъ растворомъ барія. Полезно при этомъ провѣрять еще разъ (независимо отъ измѣренія въ жестяномъ сосудѣ) объемъ сжигаемаго воздуха, наполняя имъ предварительно калиброванную стеклянную банку и перегоняя его оттуда водою въ сжигательную трубку. Кромѣ нормального титованнаго раствора, т. е. такого 1 куб. сант. котораго, насыщается ровно 1-мъ куб. см. углекислоты, — необходимо имѣть, для открытія незначительной примѣси послѣдней, еще и болѣе слабый, растворъ, разбавленный, напр., до $\frac{1}{4}$ нормального. Небольшой стеклянный сосудъ, для взятія въ выработкахъ пробы на углекислоту, лучше не наполнять водою, поглощающей всегда нѣкоторое ся количество, а соединить съ каучуковымъ баллономъ, и, перегоняя черезъ сосудъ въ теченіе нѣкотораго времени рудничныи воздухъ, закрыть затѣмъ оба кранпка и сохранять пробу до ея испытанія помощью того же титованнаго баритоваго раствора. Опредѣленіе кислорода производится поглощеніемъ его влажнымъ фосфоромъ; азотъ опредѣляется изъ разницы, т. е. вычитая изъ взятаго для пробы объема воздуха найденное количество метана, угольной кислоты и кислорода.

Каменно-угольная пыль.

Количество пыли, получающейся при разработкѣ каменно-угольныхъ пластовъ, зависитъ главнымъ образомъ отъ качествъ самаго угля; въ то время, какъ одни сорта до такой степени вязки и тверды,—что даже мелочь, получаемая при подбойкѣ, не даетъ почти вовсе пыли,—другіе,—въ извѣстныхъ частяхъ пласта или въ предѣлахъ болѣе менѣе толстаго пропластка, настолько мягки и нѣжны, что превращаются легко въ топчайшую угольную пыль, удерживающуюся продолжительное иногда время въ видѣ механической примѣси въ рудничномъ воздухѣ и отлагающуюся затѣмъ толстымъ покровомъ: на крѣпяхъ,—подшвѣхъ и всѣхъ выступахъ выработокъ. Къ второстепеннымъ факторамъ, способствующимъ и усиливающимъ образованіе пыли, нужно причислить давленіе кровли, значительную глубину выработокъ и дѣятельное ихъ провѣтриваніе. Первая причина, очевидно, чисто механическаго характера; двѣ другія—содѣйствуютъ высыханію угля, при которомъ превращеніе его въ пыль совершается быстрѣе и легче. Какое количество

влаги поглощается и уносится протекающей по выработкам струей воздуха, можно составить себѣ понятіе изъ слѣдующаго примѣра, взятаго нами изъ отчета инж. Матера, члена Австрійской комиссіи, производившаго наблюденія надъ интенсивностью выдѣленія рудничнаго газа въ зависимости отъ степени влажности атмосфернаго воздуха.—Опредѣляемая при помощи психрометра влажность послѣдняго составляла во время продолжительныхъ опытовъ 25% до 43%, такъ что, отнесенная къ температурѣ выработокъ, могла быть принята среднимъ числомъ въ 40%, между тѣмъ, какъ покидающій выработки воздухъ во всѣхъ случаяхъ былъ близокъ полнаго насыщенія, содержа не менѣе 95% влаги.—Такимъ образомъ 55% или, что все равно,— 6,4 грамма воды на 1 куб. метръ воздуха воспринять послѣднимъ изъ выработокъ, а такъ какъ количество воздуха, доставляемое послѣднимъ во время опытовъ, составляло въ среднемъ 539,5 куб. метровъ въ 1 секунду, то осушающее дѣйствіе провѣтриванія выразится $539,5 \times 6,4 = 3453$ граммами въ секунду или 298 куб. метрами воды въ сутки!

Вопросъ объ опасности, угрожающей выработкамъ отъ присутствія въ нихъ угольной пыли, вопросъ сравнительно не новый. Еще въ началѣ настоящаго столѣтія (1803) англійскій инженеръ „Buddle“, изслѣдуя причины взрыва на рудникѣ Walsend Colliery въ Ньюкестлѣ, высказалъ предположеніе, что къ числу факторовъ, вызвавшихъ и усилившихъ въ значительной степени несчастіе, слѣдуетъ причислить и каменно-угольную пыль,—имѣющуюся тамъ въ изобиліи.—Къ совершенно такимъ же выводамъ привели тоже изслѣдованія Faraday и Lyell'a, предпринятія по порученію англійскаго правительства, на копи „Hasvell“, послѣ ужаснаго взрыва, имѣвшаго тамъ мѣсто въ 1844 году.—Заявленія эти пропши однакожь среди тогдашнихъ специалистовъ безслѣдно и повидимому не проникли даже за предѣлы Англии, такъ какъ одинадцать лѣтъ спустя, въ 1855 году, инж. Du Suich изъ St. Etienne, изслѣдуя причины взрыва въ „Firming“, указываетъ на участіе въ немъ каменно-угольной пыли, какъ на нѣчто совершенно новое, впервые замѣченное и требующее болѣе подробнаго изученія.—

Начиная только съ 60—годовъ, вопросу этому посвящено болѣе вниманія.—Ислѣдованія M. Verpilleux,—Vital, Mallard и Le Chatelier во Франціи, Van Scherpenzeel, Thim въ Бельгійи,—Sir Abel, M. Galloway, P. Morrison, Wood, Clark, Gray и Hall въ Англии,—Margraf, Eugler и Hilt въ Пруссіи и наконецъ труды членовъ комиссіи въ Австріи послужили для

окончательнаго выясненія той роли, какую каменно-угольная пыль играет во время взрывовъ и доказали, что во многихъ случаяхъ, присутствіе ея въ выработкахъ представляетъ серьезный источникъ опасности и является причиною взрывовъ, по своей силѣ и послѣдствіямъ не уступающихъ взрывамъ гремучаго газа.—

Всѣ безъ исключенія перечисленные выше изслѣдователи сходятся въ одномъ, что присутствіе угольной пыли увеличиваетъ силу и вредныя послѣдствія взрывовъ гремучаго газа.—Воспламеняясь въ прикосновеніи съ горящими газами, она не только увеличиваетъ температуру и объемъ послѣднихъ, но находясь обыкновенно въ большемъ количествѣ, чѣмъ нужно для полнаго сгоранія при существующей въ воздухѣ наличности кислорода, она сгораетъ не вполне, образуя ядовитую окись углерода, одного процента которой достаточно, для отравленія всякаго животнаго организма.—

Что же касается возможности взрыва отъ угольной пыли, при совершенномъ даже отсутствіи въ воздухѣ рудничнаго газа,—мнѣнія специалистовъ расходятся.—Изслѣдованія M. Vital,—Marrezo и Cochrane въ Elswick Colliery и наконецъ M. Galloway въ Англии, указавшихъ впервые на этотъ источникъ взрывовъ,—поколеблены были въ значительной степени послѣ опубликованія въ 1882 результатовъ наблюденій Mallard и Le Chatelier,—пришедшихъ къ совершенно противоположнымъ выводамъ.— По мнѣнію этихъ специалистовъ, скорость сгоранія частичекъ угля, распределенныхъ въ воздухѣ, при отсутствіи въ немъ примѣси метана, настолько мала, что не можетъ вызвать явленій, присущихъ настоящимъ взрывамъ; воспламененіе пыли не можетъ при этихъ условіяхъ передаваться на нѣсколько болѣе значительныя разстоянія и максимумъ послѣдняго устанавливають они въ 60 метровъ.—

Нѣкоторое, незначительное количество примѣшаннаго къ воздуху метана, не достигающее нижней границы взрыва,—не увеличиваетъ по мнѣнію Mallard и Le Chatelier, способности сгоранія угольной пыли въ такой степени, какъ это принимается въ большинствѣ случаевъ, и если въ присутствіи угольной пыли и наблюдается нѣкоторое усиленіе взрыва, влияніе это, съ практической точки зрѣнія, весьма незначительно.—Наконецъ утверждаютъ они, что всѣ взрывы, которые считаются происшедшими отъ угольной пыли, имѣли мѣсто въ выработкахъ съ гремучимъ газомъ, ввиду чего установить истинную причину ихъ возникновенія,—весьма затруднительно.—

Несмотря на многие факты, указывавшие на ошибочность подобного воззрения, — взгляд этот о безопасности угольной пыли напелъ, благодаря авторитету упомянутыхъ изслѣдователей, — многихъ приверженцевъ среди тогдашнихъ спеціалистовъ. — Болѣе позднія наблюдения доказали, что угольная пыль, во многихъ случаяхъ, не можетъ считаться настолько пассивной, какъ это предполагали анти-пылисты. Такъ, напримеръ, инспекторъ рудниковъ въ Англіи I. V. Atkinson доказываетъ, что изъ числа изслѣдованныхъ имъ взрывовъ, случаи въ Seeham (1880, 164 жертвы), Thudoe (1882, 37 жертвъ), Usworth (1885, 42 жертвы), Altofts (1886, 22 жертвы) и Elemore (1886, 26 жертвъ), вызваны исключительно угольной пылью.

Еще нагляднѣе обнаружилась возможность подобныхъ случаевъ — при изслѣдованіи взрыва на рудникѣ „La Machine“ около Decize (Nièvre). Съ 1800 года по 18 февраля 1890 года, т. е. по день катастрофы на этой копи, а равно и на соседнихъ, работающихъ на томъ же пластвѣ, не обнаружено никогда малѣйшихъ даже признаковъ метана. Сейчасъ послѣ взрыва, на слѣдующій день и нѣкоторое еще время спустя производилось изслѣдованіе воздуха въ выработкахъ самымъ тщательнымъ образомъ при помощи лампы Пилера, и, кромѣ того, послѣдній испытывался химически въ лабораторіяхъ въ Парижѣ и въ St. Etienne, причемъ въ обоихъ случаяхъ не найдено и слѣдовъ метана. Наконецъ изслѣдованіе 46 рабочихъ, погибшихъ при катастрофѣ, — показало, что на наружныхъ покровахъ не было сколько нибудь болѣе значительныхъ обжоговъ, которые могли бы быть смертельными; на нѣкоторыхъ изъ нихъ не было даже вовсе обжоговъ, а лишь характерныя розовыя пятна, указывающія на отравленіе окисью углерода, присутствіе которой въ крови подтвердилъ затѣмъ спектральный анализъ. Все это подтверждаетъ, что, въ данномъ случаѣ, единственнымъ поводомъ взрыва была угольная пыль и катастрофа вызвана, по словамъ инженера Laugen, тѣмъ обстоятельствомъ, что два заряда (обыкновеннаго чернаго пороха) выбили наружу, одинъ вслѣдъ за другимъ. Первый изъ нихъ поднялъ цѣлое облако пыли, которая и воспламенилась въ соприкосновеніи съ горящими газами втораго выстрѣла.

Если, наконецъ, прослѣдимъ путь распространенія по выработкамъ взрывовъ гремучаго газа, то оказывается, что таковые подвигаются всегда по главнымъ откаточнымъ штрекамъ, въ направленіи къ подъемнымъ шахтамъ, т. е. на встрѣчу свѣжей струѣ воздуха и не распространяются

никогда далеко въ боковые хода и въ штреки, отводящіе воздухъ къ вентиляціонной шахтѣ, несмотря на то, что въ этихъ именно мѣстахъ имѣются наиболѣе обильныя скопленія гремучаго газа.—Анти-пылисты объясняютъ это тѣмъ обстоятельствомъ, что по этому пути воспламенившіеся газы встрѣчаютъ наиболѣе кислорода, необходимаго для ихъ сгорания; противники находятъ взглядъ этотъ не основательнымъ и утверждаютъ, что распространеніе въ такомъ направленіи взрыва можетъ имѣть мѣсто лишь благодаря тому, что здѣсь, влѣдствіе осушающаго дѣйствія дѣятельной вентиляціи постояннаго движенія вагончиковъ и т. д.,—наблюдается наиболѣе обильныя отложенія угольной пыли.

Послѣднія изслѣдованія Hall и Clark'a въ Англии, Hilt'a въ Пруссіи, а равно какъ и Австрійской комиссіи, рѣшили спорный до того времени вопросъ объ опасности, истекающей отъ присутствія въ выработкахъ угольной пыли,—въ утвердительномъ смыслѣ и доказали ошибочность взглядовъ Le Chatelier, Mallard'a и ихъ послѣдователей.

Изслѣдованія эти заслуживаютъ особеннаго довѣрія въ виду обдуманности программы и тщательности ея исполненія и кромѣ того они впервые производились при условіяхъ, по возможности близкихъ къ тѣмъ, какія имѣются въ дѣйствительности, въ выработкахъ;—всѣ прежнія имѣли скорѣе характеръ лабораторныхъ опытовъ, такъ какъ выполнялись въ тѣсныхъ сосудахъ, а именно, въ деревянныхъ либо жестяныхъ ящикахъ и трубкахъ, длиною 20—40 метровъ, но имѣвшихъ въ сѣченіи всего отъ 305 mm. \times 124 mm. до 457 \times 371 mm. Сосуды эти, снабженные окошками для наблюденія и приспособленіемъ, въ родѣ предохранительнаго клапана, для избѣжанія ихъ порчи во время взрывовъ, наполнялись гремучимъ газомъ различнаго состава и угольной пылью и воспламененіе совершалось либо открытымъ пламенемъ, либо посредствомъ электрической искры.

При опытахъ Hall и Clark употребленъ былъ впервые искусственный штрекъ длиною въ 45 метровъ и сѣченіемъ въ 4,79 квадр. метра,—а въ другомъ случаѣ, старая, заброшенная шахта глубиной въ 183 метра, а для опытовъ Hilt'a *), на копи „König“, въ Neunkirchen, построенъ былъ специальный кирпичный ходъ, эллиптическаго сѣченія, длиною въ 50 метровъ. Въ видѣ крѣпи примѣнены здѣсь кольца изъ тавроваго

*) Hilt. Bericht über die auf fiskalischen Steinkohlen-grube König bei Neunkirchen angestellte Versuche u. s. w. Zeits. f. B. H. und S. im preus. Staate 1884 XXXII B. 5 и 6.

жельза, длинная ось которыхъ была 1,70 метра, а короткая 1,20 метра, забранныя сосновыми досками толщиною въ 50 мм. Многочисленныя отверстія, защищенныя крѣпкими стеклами, служили для наблюденія взрыва; рудничный газъ, содержащій до 85% и получаемый изъ фонтана поступалъ первоначально въ газометръ и оттуда уже, въ смѣси съ соотвѣтственнымъ количествомъ воздуха, къ мѣсту воспламененія зарядовъ, которое производилось при помощи электричества: искусственно сдѣланные шнуры заряжались порохомъ или динамитомъ, при чемъ забойкой служила глина, либо угольная мелочь. На полу и всѣхъ выступающихъ частяхъ штрека разсыпали угольную пыль, по опредѣленіи предварительно въ лабораторіи количества въ ней летучихъ веществъ, содержанія влаги и объема включенныхъ газовъ.

Въ концѣ хода, на рельсахъ, проложенныхъ по его оси съ уклономъ въ 4°, двигалась желѣзная вагонетка, по перемѣщенію которой, судили о силѣ взрыва. Впослѣдствіи прибавленъ былъ еще боковой ходъ, подъ прямымъ угломъ къ первому, — чтобы выяснитъ вліяніе воспламенившейся угольной пыли на гремучій газъ, скопившіяся вдали отъ первоначальнаго мѣста взрыва.

Совершенно такія же изслѣдованія угольной пыли производились Австрійскою комиссіей на рудникѣ „Wilhelm и на „Ferdinand-Schacht въ Зегенготесъ,—при незначительныхъ только измѣненіяхъ въ размѣрахъ и расположеніи отдѣльныхъ частей искусственнаго штрека. Подробное изложеніе самаго хода всѣхъ этихъ изслѣдованій, равно какъ и добытыхъ при нихъ результатовъ, заняло бы здѣсь слишкомъ много времени и мѣста; ограничимся поэтому лишь указаніемъ, въ сжатой формѣ, на наиболѣе существенныя заключенія, къ какимъ необходимо прійти, разсматривая данныя изслѣдованія.

а) Относительно источниковъ воспламененія угольной пыли.

Не подлежитъ сомнѣнію, что спокойное пламя свѣчи или лампы не представляетъ собою какой либо опасности въ воздухѣ, пропитанномъ даже угольной пылью,—въ смыслѣ возможности воспламененія послѣдней на нѣсколько большемъ протяженіи. Напротивъ опаснымъ во многихъ случаяхъ бываетъ пламя газовъ, вспыхнувшихъ моментально,—какъ это напр. бываетъ при воспламененіи гремучаго газа и при порохострѣльной работѣ въ тѣхъ случаяхъ, когда вслѣдствіе плохой забивки шнура зарядъ выбивается наружу. Динамитъ является, въ

последнихъ случаяхъ, менѣе опаснымъ, чѣмъ обыкновенный порохъ; при величинѣ заряда, не превышающей 100 граммовъ, и даже при отсутствіи, въ шпурахъ забивки, рѣдко когда происходитъ воспламененіе угольной пыли. Опасность однако-жъ возрастаетъ въ случаѣ примѣненія для забивки угольной мелочи и по мѣрѣ увеличенія заряда; при вѣсѣ динамитнаго заряда въ 300 граммовъ, воспламеняются обыкновенно даже наименѣе чувствительные сорта пыли.

б) Относительно качества каменно-угольной пыли.

Обыкновенно различаютъ „чувствительную“ и „опасную“ угольную пыль, причемъ послѣдняя можетъ быть одновременно чувствительной и опасной,—чувствительной но не опасной и наоборотъ, т. е. опасной но мало чувствительной.

Чувствительность кам.-уг. пыли, т. е. ея большая или меньшая способность воспламеняться отъ выше указанныхъ причинъ, не находится повидному въ прямой связи съ химическимъ составомъ, послужившихъ для ея образованія углей и большимъ или меньшемъ содержаніемъ въ нихъ летучихъ веществъ. Замѣчено впрочемъ, что склонность углей начинать выдѣленіе летучихъ веществъ при болѣе низкихъ температурахъ, равно какъ и присутствіе въ нихъ тяжелыхъ углеводородовъ, усиливаетъ чувствительность пыли и содѣйствуетъ передачѣ пламени на большія разстоянія. Гораздо однакожъ важнѣе въ этомъ отношеніи оказывается степень размельченія пыли и содержаніе въ ней влаги; чѣмъ мельче пыль и чѣмъ она суше, тѣмъ обыкновенно она и чувствительнѣе.

Степень „опасности“ каменно-угольной пыли измѣряютъ способностью воспламенившейся пыли передавать это воспламененіе на болѣе или менѣе значительныя разстоянія. Кажущаяся, на первый взглядъ, полная зависимость „опасности“ угольной пыли отъ ея „чувствительности“,—въ дѣйствительности подтверждается далеко не всегда и качества эти являются, такъ сказать, чисто индивидуальными; не рѣдко чувствительная пыль оказывается не опасной и наоборотъ встрѣчаемъ и такіе сорта, которые воспламеняются съ трудомъ, но разъ это случилось, то сгоранія подобной пыли распространяется повсюду, гдѣ только имѣются скопленія послѣдней.

в) Относительно вліянія примѣси къ рудничному воздуху метана.

Примѣсь къ воздуху рудничнаго газа увеличиваетъ всегда интенсивность всѣхъ явленій. При опасной пыли, т. е. такой, которая, воспламенившись, способна сгорать на всемъ протяженіи ея распространенія, незначительная даже примѣсь въ воздухѣ метана даетъ настоящіе взрывы. Обыкновенно однакожь при содержаніи послѣдняго, не превышающемъ 3%, наблюдается лишь увеличеніе размѣровъ пламени вспыхнувшихъ газовъ, которое при отсутствіи пыли не могло бы имѣть мѣста. При содержаніи метана въ 4% даже не опасные сорта пыли способны, въ большинствѣ случаевъ, воспламеняться на всемъ протяженіи ихъ распространенія.

г) Относительно опасности, угрожающей руднику со стороны каменноугольной пыли.

Не говоря о сортахъ опасной пыли, которые, въ присутствіи незначительнаго даже количества рудничнаго газа, способны давать настоящіе взрывы,—присутствіе въ нѣсколько большемъ количествѣ всякой угольной пыли является въ рудникахъ съ гремучимъ газомъ нежеланнымъ, какъ въ виду усиливающаго взрывы ея воздѣйствія, такъ и опаснаго состава продуктовъ ея сгоранія.

Кромѣ того случающіеся нерѣдко при порохострѣльной работѣ мѣстные взрывы, которые не могли бы имѣть какихъ либо серьезныхъ послѣдствій, являются часто, въ присутствіи угольной пыли, причиной настоящихъ катастрофъ. Увлекаемая воздухомъ тлѣющія частички угля способны воспламенить отдаленные даже очаги гремучаго газа что безъ этихъ посредниковъ не могло бы имѣть мѣста.

Такимъ образомъ мы видимъ, что распространенный раньше взглядъ о невинности и безопасности угольной пыли не подтвердился новыми изслѣдованіями и что присутствіе ея въ выработкахъ съ гремучимъ газомъ, во многихъ случаяхъ, можетъ вызвать, или по меньшей мѣрѣ, усилить несчастіе.

Остается намъ еще сказать нѣсколько словъ о мѣрахъ, принимаемыхъ въ послѣднее время все чаще и чаще, съ цѣлью предотвращенія опасности, угрожающей выработкамъ со стороны угольной пыли.

Очевидно, что наиболѣе радикальнымъ средствомъ было-бы удаленіе изъ выработокъ угольной пыли или по крайней мѣрѣ уничтоженіе ея чувствительности. Мѣра эта является отчасти только исполнимой и только въ тѣхъ случаяхъ, когда количество пыли и размѣры выработокъ незначительны. Сметая пыль у забоевъ, предназначенныхъ для порохострѣльной работы, и поливая обильно прилегающіе штреки, хотя и не достигаютъ полной безопасности, тѣмъ не менѣе въ значительной степени уменьшаютъ вѣроятность несчастья.

Въ сухихъ выработкахъ, съ обильнымъ образованіемъ пыли, частичное такое орошеніе приноситъ весьма мало пользы и въ подобныхъ случаяхъ рекомендуется англійской, французской и прусской комиссіей, предпринимать періодически поливку всѣхъ штрековъ, забоевъ и выработанныхъ пространствъ струей воды, имѣющей достаточное давленіе, чтобы смыть скопленія пыли на крѣпяхъ и выступающихъ частяхъ штрековъ. На нѣкоторыхъ рудникахъ Англій и Франціи (Blancy, Iabin, Saint Eloy etc.) способъ этотъ нашелъ себѣ примѣненіе; такую же систематическую поливку встрѣчаемъ и на рудникахъ Саарбрюкена, отличающихся обильнымъ образованіемъ опасной угольной пыли, и достигнутые тамъ результаты оказываются, повидимому, вполне удовлетворительными. Такъ напр. на копи „Samphausen“,—гдѣ для этой цѣли устроена цѣлая сеть трубчатого водопрода, по истеченіи 3 до 4 недѣль, содержаніе влаги въ угольной пыли возросло повсюду съ 1,5% до 3,2% и, кромѣ того, понизилась значительно температура воздуха у забоевъ, вслѣдствіе чего удаленіе оттуда рудничнаго газа совершается быстрѣе, и увеличилась производительность рабочихъ. Расходъ воды составляетъ 180 до 200 литровъ на тонну добытаго угля, причѣмъ стоимость поливки, не считая работы насосовъ, удорожаетъ добычу 1 тонны всего на 1,16 фенига.—

Не подлежитъ сомнѣнію, что достаточное и рациональное смачиваніе угольной пыли уменьшаетъ въ значительной степени опасность, и доляши бы примѣняться во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, гдѣ имѣемъ дѣло съ опасной пылью и гдѣ исполненіе ея оказывается какъ съ финансовой такъ и съ технической точки зрѣнія возможнымъ.—Не слѣдуетъ однакожъ упускать изъ виду, что, во многихъ случаяхъ, введеніе значительнаго количества воды въ сухія выработки, можетъ оказаться вреднымъ и даже опаснымъ, вызывая треніе подошвы штрековъ или разложеніе пустой породы, употребленной на закладку выработанныхъ пространствъ.

послѣдствіемъ чего является осѣданіе тамъ кровли, а нерѣдко и возникновеніе рудничныхъ пожаровъ.—

При подобныхъ обстоятельствахъ, необходимо устранить по возможности все, что способствуетъ образованію пыли, т. е. стараться вести очистныя работы при наименьшей площади, обнажающихъ забоевъ избѣгая всякихъ излишнихъ сбоекъ, бремсберговъ и т. д. и не вводя, при провѣтриваніи, излишка воздуха, объ осушающемъ дѣйствіи котораго говорилось нами раньше.—Полезно тоже, предназначенное для очистной добычи поле разбить на нѣсколько отдѣльныхъ частей, устанавливая для каждой изъ нихъ совершенно самостоятельное провѣтриваніе; вслучаѣ взрыва, послѣдній локализуется обыкновенно лишь однимъ такимъ участкомъ и несчастіе не принимаетъ столь угрожающихъ размѣровъ.—

Если ни одна изъ вышеприведенныхъ мѣръ не можетъ быть съ успѣхомъ примѣнена и угольная пыль имѣетъ опасныя качества, то благоразумнѣе всего прекратить совершенно порохоотрѣзальную работу, до тѣхъ поръ, по крайней мѣрѣ, покуда въ нашемъ распоряженіи не будетъ вполнѣ безопасное взрывчатое вещество. Вопросъ этотъ близокъ тоже, повидимому, къ разрѣшенію. По почину „Galloway“ и другихъ англійскихъ специалистовъ, затрачено не мало усилій на отысканіе такого способа заряженія шпуровъ, при которомъ пламя выбивающаго паружу заряда было-бы нейтрализовано.

Съ этой цѣлью придуманы разнаго рода „предохранительныя патроны“, какъ напр. водяные патроны Абеля,—Miles Settle и другіе,— въ которыхъ взрывчатое вещество окружено оболочкой изъ богатыхъ водою солей или изъ пористыхъ, легко впитывающихъ воду веществъ.— На практикѣ однакожь оказалось, что хорошее дѣйствіе этихъ патроновъ зависитъ въ значительной степени отъ умѣлаго и добросовѣтнаго съ ними обращенія рабочихъ и, при всемъ этомъ, охлаждающая оболочка выбрасывается нерѣдко газами наружу, не успѣвая исполнить своего назначенія.—Для устраненія послѣдняго недостатка, слѣдовало найти способъ смѣшенія упомянутыхъ богатыхъ водою солей съ самимъ взрывчатымъ веществомъ, чего и достигнуто въ такъ называемомъ „Wetterdynamit“, въ которомъ къ смѣси нитроглицерина (52%) съ инфузориной землей (14%), прибавляютъ около 34% кристаллической соды или глауберовой соли, хлористаго аммонія и т. д.—

Подробное описаніе состава вѣхъ, появившихся въ послѣднее

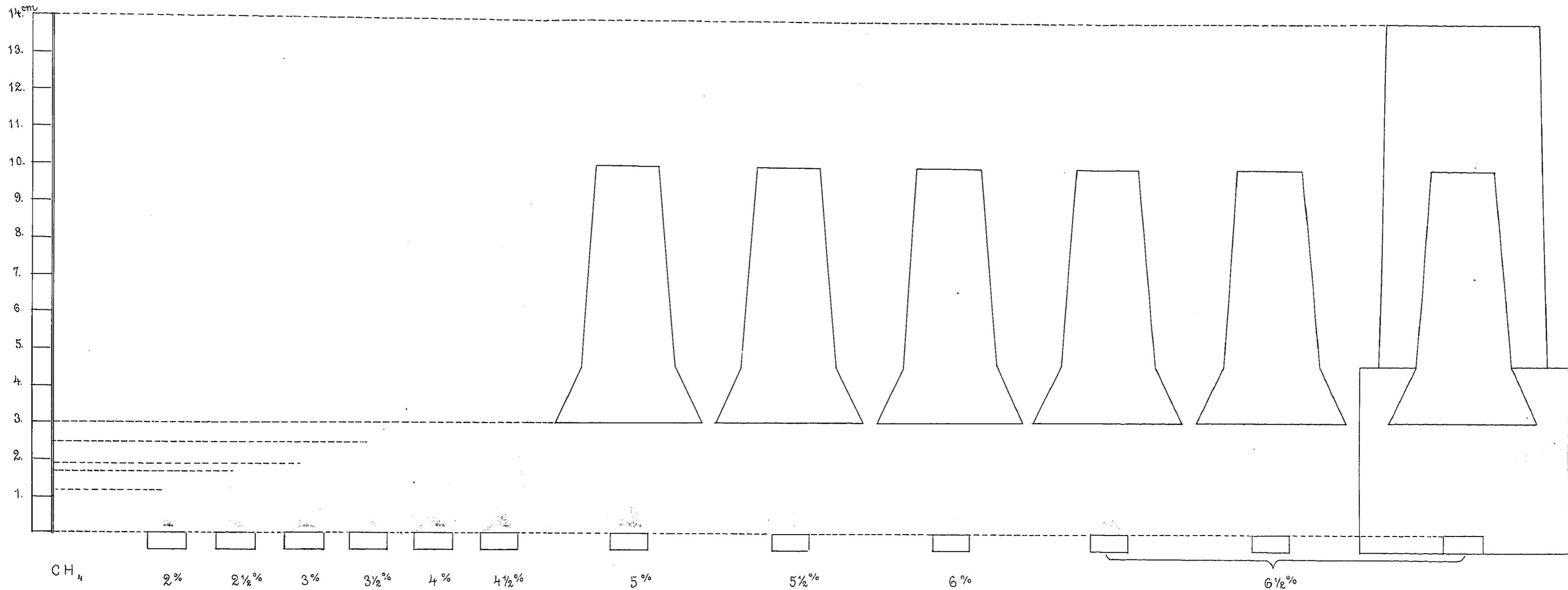
время, подобнаго рода взрывчатыхъ веществъ и результатовъ ихъ испытанія, не можетъ составлять предмета настоящей статьи и интересующихся этимъ вопросомъ отсылаемъ къ прекрасному труду А. Macquet „Explosifs de sureté“ *), здѣсь же замѣтимъ что „Wetterdynamit“ оказывается повидимому весьма близкимъ къ отыскиваемому идеалу и нужно надѣяться, что въ недалекомъ будущемъ, благодаря неуныннымъ трудамъ въ этомъ направленіи, въ нашихъ рукахъ очутится вполнѣ надежное и безопасное взрывчатое вещество.—

До тѣхъ поръ, покуда это не осуществится, порохоотрѣзная работа въ выработкахъ съ гремучимъ газомъ и чувствительной угольной пылью, все еще остается опасной и является нерѣдко причиною ужасныхъ бѣдствій; нельзя поэтому не посоветовать, во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, гдѣ это можетъ совершиться безъ особеннаго ущерба для дѣла, отказаться отъ нея совершенно и обратить болѣе вниманія на улучшеніе климатическихъ условій выработокъ, оказывающихъ столь существенное вліяніе на состояніе здоровья и на производительность нашего углекопа.—



*) А. Macquet: Explosifs de sureté. Grisoutite, Wetterdynamites explosifs à base d'azotate d'ammoniaque. Paris 1893.

Изменения пламени въ лампахъ Музенера.



Изменения пламени въ бензиновыхъ лампахъ Вольфа.

