

Изъ Гигіенической лабораторіи ИМПЕРАТОРСКАГО
Юрьскаго Университета.

Матеріалы
къ
**изученію почвеннаго воздуха
подъ жилыми помѣщеніями.**

ДИССЕРТАЦІИ

на степень

МАГИСТРА ФАРМАЦІИ

І. І. Трейлана.

ОППОНЕНТЫ:

Проф. К. К. Доста. — Проф. В. Г. Ште фанъ Хангевельдъ. —
Проф. Г. В. Хазенль.

Юрьскъ.

Типографіе Шнакнбургъ.
1901.

Печатано въ изданіи Медицинскаго Факультета Императорскаго Варшавскаго Университета.

В. Курьянъ, 12 мая 1901 года.

№ 661.

въ печати: Рубль.

I.

Литература вопроса.

Важное значеніе почвы въ гигиеническомъ отношеніи было известно уже въ древности; научно-же этотъ вопросъ поставленъ лишь въ недавнее время Петтенкоферомъ; наблюденія надъ почвеннымъ воздухомъ, проводившія имъ въ Мюнхенѣ въ 1870—73 г., оны положили начало основанію гигиеническихъ исследованийъ почвы и почвенныхъ газовъ.

Петтенкоферъ замечалъ, что появленіе и эпидемическое распространеніе холеры и брюзного тифа въ некоторыхъ мѣстностяхъ зависитъ отъ высоты стоянія почвенной воды; при этомъ, считая доказаннымъ, что употребленіе воды, извлеченной изъ почвы, само по себѣ не оказываетъ вліянія на распространеніе этихъ болѣзней, онъ обратилъ вниманіе на почвенные газы и особенно на содержаніе угольной кислоты въ почвенномъ воздухѣ и задумалъ установить зависимость между количествомъ почвы и количествомъ угольной кислоты въ почвенномъ воздухѣ.

Дальше Петтенкоферъ указалъ, что этотъ воздухъ, проникая въ подвалы и особенно въ отопляемыя жилища пощипанія, распространяется оттуда по всему дому, такъ что

химический состав почвенного воздуха определяется в окончательной степени санитарная качества всего воздуха в жилых помещениях.

Что воздух из подвалов действительно распространяется по всем верхним помещениям, образцы воздуха всего дома в однородный по составу воздушный столб, это экспериментально доказал J. Förster¹⁾ путем измерений содержания угольной кислоты в одном из домов, в подвале которого находилось броженое вино. В подвальном воздухе, вследствие брожения вина, она находилась 43% угольной кислоты. Через 6 часов она определяла количество угольной кислоты в одной из комнат нижнего (Par-terre) и 1-го этажа. В воздух первой комнаты оказалось 1,63% угольной кислоты, второй — 1,08% —, что составляет 4—7 % и 2% прежеи почвенного воздуха в комнатному воздуху. Результаты получаются еще более разительные, если верхние помещения оживляются, а подвал остается холодным. В этом случае Förster обнаружил в комнат нижнего этажа (Par-terre) 54%, второго (1-го) — 38% подвального воздуха.

Проф. Эрисманн²⁾ объяснить большую смертность среди обитателей подвальных квартир, особенно во время эпидемий, из значительной жгрь проникания почвенного воздуха в эти помещения. Он исследовал содержание угольной кислоты в воздухе нескольких подвальных жилищ в Петербурге в холодный обыкновенно по утрам 4—5% этого газа, тогда как в течение дня, когда большинство квартирном было вне дома, воздух содержал 2,5—3,0% угольной кислоты и больше. Тот факт, что почвенный воздух Петербурга сильно загрязнен, он

объясняет большим количеством примесей органических веществ в почве. Вообще проф. Эрисманн принципиально отрицает пригодность подвальных помещений для жилья, но так как полное уничтожение их, особенно в больших городах, до поры до времени не представляется возможным, то он требует особых жгрь предосторожности при их устройстве, с целью воспрепятствовать прониканию в них почвенной воды и почвенного воздуха. Так, он считает необходимым отделить от грунта пола и стѣны подвальных жилищ изолирующим, но пропускающим влажнота слоем; предлагается оставить между стѣнами и окружающей их почвой так называемое изолирующее пространство, везодя в 1—1½ фута от фундамента вторую стѣну и оставив промежуток пустым. Пол в подвальном жилище должен быть поднят на несколько дюймов над основанием этого пустого пространства.

Dr. J. Fekete de Nagyvárad³⁾ исследовал санитарное состояние подвальных жилищ в Будапеште и нашел, что воздух в них возду совершенно испорчен вследствие накопления грязи в квартирах. Это обстоятельство он объясняет большой сыростью в подвалах, отчего грязь и грязь так пристают к стѣнам и полу, что их трудно удалить. Чтобы хоть отчасти устранить оба эти недостатка (грязь и сырость) он предлагает усиленное проветривание.

Женщина-врач М. Покровская⁴⁾ посетила в Петербурге 101 подвальную квартиру, в которых жило

1) J. Förster. Untersuchungen über den Zusammenhang des Luft im Keller u. Wohnung. Zeitschrift f. Biologie. Bd. XI, pag. 292.

2) Ф. Эрисманн. Санитарное состояние подвальных жилищ в Петербурге 1879. Отд. отд.

1) Dr. J. Fekete de Nagyvárad. Des logements de la population pauvre dans les grandes villes et des habitations ouvrières dans les centres industriels. Congrès-Paris de XII. Congrès International de Médecine, Moscou 1887.

2) Dr. M. Pokrowskaja. Des habitations ouvrières à St. Pétersbourg. 1886.

1121 чел. 7,5% обитателей этих помпаний жили в комнатах без окон. Все эти жилища оказались в крайню вредность для здоровья состоянія, какъ и сѣдвало ожидать, такъ какъ почва Петербурга по большей части болотистая, загрязнена органическими веществами и несетъ очень высокую степень почвенной воды. Въ виду этого Др. Печковский требуетъ совершеннаго упраздненія помпальныхъ квартиръ въ низкихъ мѣстностяхъ, считая въ крайности возможнымъ допустить ихъ существованіе только въ болѣе сухихъ мѣстностяхъ города.

Въ городѣ Юрьевъ санитарное состояніе помпальныхъ помпаний наследовалъ Др. Кубли¹⁾; онъ опредѣлялъ влажность въ воздухѣ квартиръ бѣднаго населенія и вывелъ, въ среднемъ изъ 223 наблюдений, 83% относительной влажности.

По Петтенкоферу²⁾ прониканіе почвеннаго воздуха въ дома обуславливается главнымъ образомъ, присасывающимъ дѣйствіемъ нагрѣтыхъ помпаний. Оно происходитъ случай, когда избыточный газъ проникаетъ въ отопленную комнату на растояніи 20^{ти} футовъ отъ трещины въ газовой трубѣ и вызываетъ отравленіе. Когда потолок, по удаленіи пациента, оставилъ комнату неоплавленной и открыли окна, такъ что она наполнилась холоднымъ воздухомъ, между тѣмъ какъ соседняя комната еще топилась, притокъ газа въ первую комнату прекратился, а въ соседнюю теплую газъ проникъ, и жалоба съ увеличилась при тѣхъ же симптомахъ отравленія, какъ и обитатель первой помпани. Въ самомъ дѣлѣ газопроводность не была, а когда открыли газовую трубу на улицѣ, въ ней оказалось трещина въ

растояніи 20 футовъ отъ дома, черезъ которую обнаружилась трещина послѣдней надбѣлки газа.

Величковскій¹⁾ подтвердилъ, на основаніи наблюдений, предположеніе Петтенкофера о присасывающей дѣятельности домовъ на избыточный газъ. По предположенію Петтенкофера, онъ проложилъ рядъ опытовъ для выясненія различныхъ путей распространенія избытка газа подъ землей въ дѣтныя и зимнее время. По трубѣ, заложеной на 1 метръ въ глубину, онъ проводилъ подъ землю избыточный газъ. Вокругъ этой трубы, но на глубину 2 метровъ, было оставлено 8 такихъ-же трубъ на растояніи 1 метра одна отъ другой. Изъ этихъ трубъ Величковскій бралъ для анализа почвенный воздухъ, опредѣляя въ немъ количество избытка газа. При дѣтвой температурѣ онъ являлъ во всѣхъ пробѣхъ воздуха приблизительно одинаковое количество газа; зимою же (при температурѣ 0° на открытомъ воздухѣ и 16° въ ближайшемъ домѣ) оказалось, что распространеніе газа совершается въ опредѣленную направленіи: въ воздухѣ трубъ, находящихся ближе къ дому, обнаружено значительное количество газа, тогда какъ воздухъ въ трубкахъ болѣе отдаленныхъ вовсе не содержалъ его или лишь въ ничтожныхъ количествахъ. На основаніи этихъ опытовъ Величковскій считаетъ возможнымъ высказать слѣдующее положеніе: зимою, вследствие разницы въ температурахъ избытка воздуха, подползаетъ и жалеетъ, — несмотря на сильную вентиляцію почвы въ это время года, — существовать воода болѣе или менѣе значительное тѣченіе газа въ сторону отопленныхъ помпаний.

1) Untersuchungen über die Wohnverhältnisse der Armen Bevölkerung. Dargest. 1867.

2) M. v. Pettenkofer. Beiträge der Luft zur Keimung, Wekang und Boden. Populäre Vorträge, I. Heft, pag. 87.

1) Wellitschkowsky. Experimentelle Untersuchungen über die Verbreitung des Leuchtgases und des Kohlenoxydes im Boden. Archiv f. Hygiene I, pag. 214.

Delbrück¹⁾ и Pfeiffer²⁾ показали, что зимняя температура почвенного воздуха под дождем бывает выше температуры внешнего почвенного воздуха. Delbrück измерял температуру на глубине одного фута под колодезь неотопленного лавроватого подвала и температуру почвы под открытым небом из десяти шагов от лаврета на глубинѣ 8 футов. Они нашли разницу в $2,5^{\circ}$ — $3,0^{\circ}$ F. Под дождем, где все похолодало, не исключая и нормальных, оттаиваются, разница должна быть еще гораздо больше. Вследствие такой разницы в температурѣ, внешний, более холодный воздух из глубинѣ почвы оказывает давление на внутреннѣй, более теплый, вследствие чего первый и проникает из подвала; лѣтом же должно происходить обратное явление, так как почвенный воздух безветря тогда теплѣе под открытым небом, чѣм под дождем.

Проникновѣе почвенного воздуха из подвала Respi³⁾ доказываетъ посредствомъ измѣреній воздушнаго давления из подвалѣ и въ почкѣ дифференціальнаго манометромъ Respiгеля. При этомъ измѣреніяхъ ясно обнаружилось, что зимнее давление почвенного воздуха сильнѣе подвальнаго, между тѣмъ какъ лѣтомъ инструментъ давалъ едва заметную разницу. Более сильное давление обнаружилось особенно рѣзко из внутреннюю погоду. Respi³⁾ объясняетъ это всеміе слѣдующимъ образомъ: вѣтеръ, вѣстрячая на пути дождя, задерживается стѣнами, проникаетъ въ почву — предположается, что почва жѣстѣе плотна чѣмъ стѣны — и обуславливаетъ такимъ образомъ болѣе сильное давление почвенного воздуха.

1) Delbrück. Mittheilungen über die Gärten in Halle. Zeitschrift f. Biologie. IV, pag. 246.

2) Pfeiffer. Einfluss der Bodentwärme auf die Verteilung v. des Verlust der Gärten. Zeitschrift f. Biologie. VII, pag. 356.

3) Respi. Über die Einwirkung der Bodenluft in die Häuser. Tageblatt 4. 54. Versammlung deutscher Naturforscher u. Aerzte in Salzburg 1861. pag. 186.

Доказать явленіе вѣтра на усиленіе давленія онъ пытается слѣдующимъ образомъ. Онъ отворилъ при опитѣхъ дверь или окно из подвалѣ, — и замѣтилъ обратное описанному явленіе: проникла черезъ отверстіе из подвалѣ, вѣтеръ отразился отъ стѣны, сила движенія воздуха обратилась въ давленіе, которое и ставилось из стѣны похолодало значительно чѣмъ из почвѣ.

Fodor¹⁾ подтверждаетъ фактъ прониканія почвенного воздуха въ подвалѣ измѣреніемъ угольной кислоты из комнаты, помѣщенной на $\frac{1}{2}$ высоты из земли. Онъ назвалъ въ комнатномъ воздухѣ (вообще) болѣе угольной кислоты, чѣмъ во внешнемъ, но въ верхнихъ слояхъ комнатнаго воздуха приблизительно столько-же, какъ на урочищъ пола.

Нѣкоторое явленіе из прониканія почвенного воздуха оказывается замѣчательнѣе на окло дождя. Отъ дождя замуровываются отверстія на поверхности почвы, что затрудняетъ выдѣленіе воздуха изъ почвы въ атмосферу; потому почвенный воздухъ складируется вѣтеръ из подвалѣ, гдѣ выходитъ болѣе свободный выходъ наружу.

Boussingault и Lévay²⁾ первыя указали въ 1852 году на большое содержаніе угольной кислоты и малое содержаніе кислорода въ почвенномъ воздухѣ, но первыя систематическія измѣренія надъ составомъ почвеннаго воздуха, главнымъ образомъ надъ содержаніемъ въ немъ угольной кислоты, производилъ Петтенкоферъ; за это трудомъ слѣдовали работы Fleck'a, Fodor'a, Lewis'a и Cunningham'a, Nichols'a, Wolffhügel'a, Смоленскаго и др.

Петтенкоферъ³⁾ изслѣдовалъ воздухъ из каменистой почвѣ г. Мюнхена въ 1870—73 г. г. на различной глубинѣ. Для своихъ изслѣдованій онъ раскапывалъ почву и опускалъ въ нее трубки на глубинѣ 4, 2, $\frac{1}{2}$ и $\frac{1}{4}$ метра.

1) Fodor. Untersuchungen über Luft, Boden u. Wasser. 1861.

2) Befunde von Fodor. Hygiene des Bodens, pag. 167.

3) Zeitschrift f. Biologie. Band VII, pag. 326 u. Band IX, pag. 356.

Затѣмъ ями засыпалась выскопанной землей, которая плотно утрамбовалась. Наслѣдуя почвенный воздухъ на содержаніе въ немъ угольной кислоты, онъ проводилъ его черезъ трубки, наполненные баритовой водой. — Онъ нашелъ, что содержаніе угольной кислоты увеличивается по направлению сверху внизъ и только изъ июля и юль мѣсяцахъ въ верхнихъ слояхъ почвеннаго воздуха ея оказывалось больше, чѣмъ въ нижнихъ. Такому накопленію угольной кислоты въ верхнихъ слояхъ соотвѣтствовало увеличеніе содержанія ея и въ нижнихъ, которое достигало наибольшей степени въ Августѣ. Максимъ и минимумъ содержанія угольной кислоты на различныхъ глубинахъ падала на одно и то же время: на 4 метра въ глубинѣ Петтенкоферъ имѣлъ наибольшее содержаніе угольной кислоты (18,38‰) — 7. августа, наименьшее (3,01‰) — 8. февраля; на 1½ м. — 31. юль (14,147‰) и 28. февраль (1,58‰). Въ тѣхъ же отношеніяхъ находится средній мѣсячный всѣхъ мѣсяцевъ. Наибольшая средняя величина для глубины 4 метровъ за Августъ мѣсяць равняется 10,138‰ угольной кислоты, для 1½ м. также за Августъ — 10,387‰. Нысколько въ иныхъ родахъ представляются колебанія минимумъ/оготь содержанія угольной кислоты: на глубинѣ 4 метровъ среднее мѣсячное въ 4,106‰ угольной кислоты имѣлись, максимумъ же въ юль, на 1½ м. минимумъ обнаружился только въ февралѣ въ 2,432‰. Наибольшие и наименьшіе содержанія угольной кислоты Петтенкоферъ во всѣ три года своихъ исследованийъ находилъ всегда въ одно и то же время: наибольшее въ августѣ, наименьшее въ февралѣ. Среднее количество углекислоты въ почвенномъ воздухѣ оказалось въ 1871 г. значительно выше, чѣмъ въ предыдущихъ.

Dr. Fiesck!) для своихъ анализовъ тоже раскармывалъ поч-

1) 2, 3, 4. Jahresbericht d. chemischen Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege in Dresden, pag. 18, 19.

ву. Онъ исследовалъ почвенный воздухъ на содержаніе въ немъ угольной кислоты и кислорода. Почва же мѣсть насѣлаившей, на правыхъ и лѣвыхъ берегахъ Эльбы въ Дрезденѣ, состояла на правомъ берегу изъ желтаго песка съ жѣлой примѣсью органическихъ веществъ; здѣсь почвенные воды стоили отъ поверхности низко (18 метр.); на лѣвомъ — на значительно болѣе загрязненнаго гравія съ высокимъ стояніемъ почвенной воды (7 м.). Онъ исследовалъ воздухъ на глубинѣ 2, 4 и 6 метровъ. На лѣвомъ берегу содержаніе углекислоты по направлению отъ поверхности вглубь увеличивалось, какъ и въ исследованныхъ Петтенкофера, но на правомъ уменьшалось. Только въ земные мѣсяцы болѣе высокое слое почвы обнаруживали меньшее содержаніе углекислоты чѣмъ низкіе. Къ тому же въ почвенномъ воздухѣ на правомъ берегу рѣки содержалось значительно меньше углекислоты, чѣмъ на лѣвомъ. Кромѣ опредѣленій углекислоты, Fiesck сдѣлалъ также нѣсколько опредѣленій въ почвенномъ воздухѣ кислорода и нашелъ, что количество кислорода находится въ обратномъ отношеніи съ угольной кислотой: съ увеличеніемъ количества углекислоты уменьшалось количество кислорода. Изъ этого Fiesck заключилъ, что углекислота въ почвенномъ воздухѣ образуется вслѣдствіе процессовъ окисленія, а не гниенія или броженія, почему и проникновеніе почвы должно имѣть большое значеніе въ образованіе углекислоты, т. е. чѣмъ свободнѣе притеетъ атмосфернаго воздуха въ почву, тѣмъ энергичнѣе происходитъ тамъ процессъ разложанія органическихъ веществъ. Важное значеніе при образованіи этого газа приписываетъ онъ и болѣе или менѣе высокому стоянію почвенной воды; колебаніе же углекислоты замечать по его мнѣнію главнымъ образомъ отъ атмосферныхъ осадковъ, кѣмъ же температуры незначительно.

Fodor¹⁾ исследовал в Кляузенбурге почвенный воздух в четырех различных местах на содержание в нем углекислоты, и иногда и кислорода. Углекислоту он определял преимущественно по методу Петтенкофера, но также и по Либиху в эдиометр. При определении по последнему методу он находил слишком незначительное количество углекислоты; содержание кислорода он определял по Либиху-Бунзону в эдиометр. Для наблюдений он во время работы почва, как Fiesch и Петтенкофер, а также ставил в земле желтые трубы на определенную глубину. Почва во всех четырех местах исследования была загрязнена прямою органическими веществами, но между количеством углекислоты и загрязнением не наблюдалось каких-либо соотношений, напротив, пробы воздуха из этих наиболее загрязненных содержали наименьшее количество углекислоты; наблюдалось увеличение углекислоты с поверхности в глубину, хотя загрязнение в этом направлении уменьшалось. Содержание кислорода находилось в обратном отношении с углекислотой. Fodor утверждал, что количество углекислоты в почве зависит, главным образом, от проницаемости для воздуха, потому может служить иррациональ подтверждением т. е. чья обильнее углекислотой воздуха, тем слабее проницаемость почвы; он предполагал также, что почва тем плодотворнее, чем больше углекислоты в почвенном воздухе, потому что незначительное количество ее служит доказательством большой связности и, следовательно, большой доступности для органических веществ вообще и в частности для веществ заразных. Наибольшее влияние на колебания углекислоты он приписывает ветру, значение же барометрического давления считает в

1) Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege, Band VII 1875, pag. 205.

этом отношении незначительна. Fodor определял и количество азота в почвенном воздухе и азоту приходилось к положительным результатам. Он проводил почвенный воздух через подкисленную соляной кислотой воду и колориметрически определял в ней азоток с помощью реактива Несслера и раствора хлористого аммония. Исследования почвенного воздуха на сернистый водород дали отрицательные результаты.

Lewis и Cunningham²⁾ исследовали почвенный воздух около Калкутты на глубинах 3-х и 6-ти футов на содержание углекислоты. Она нашла, что на количество углекислоты особенно сильное влияние оказывают дожди, особенно в верхних слоях, тогда как для нижних слоев почвы влияние незначительно. Большое количество углекислоты оказалось во время дождей, меньше всего в сухое время года. Они объясняют это тем, что от дождя поры в самых верхних слоях почвы засоряются, вследствие чего затрудняется обмен почвенного воздуха с атмосферным.

То-же цель преследовал Nichols³⁾ при наблюдении над почвенным воздухом в Бостоне. Методом его работы служила явная влажность с влажным грунтом, поднятым над водой насыпью из крупного песка. Автор предполагает, что колебания в количестве содержащейся в почвенном воздухе углекислоты зависят от степени проветривания почвы, обусловленного изменениями в температуре воздуха; также, что найденное количество углекислоты не служит показателем силы процессов окисления в почве, но зависит главным образом от диффузии почвенных газов в атмосферу.

2) Bericht von Dr. Hesk. Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege 1875, pag. 201.

3) Bericht von Dr. Hesk. Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege 1875, pag. 205.

Wolffhügel¹⁾ продолжал исследования Петтекоффера над углекислотой в 1873—76 г. в Мюнхен. С 1876 г. исследования эти перешли на себя Dr. Ренк.²⁾

Dr. Смоленский³⁾ исследовал почвенный воздух в Мюнхен в различных местах с почвой одинакового геогностического состава, но с различной степенью загрязненной органическими веществами. На основании своих наблюдений он пришел к заключению, что проницаемость почвы сильно влияет на количество углекислоты, которую она поглощает; что, напротив, гораздо большее влияние на количество углекислоты оказывают загрязнения органическими веществами. Он сомневается также в значительном движении почвенного воздуха в вертикальном направлении, о которых говорит Fodor, потому что в этом случае не наблюдалось бы такой разницы в количествах углекислоты (в 10 раз больше) в местах, удаленных одно от другого на 15—20 метров.

В г. Юрьев⁴⁾ до сих пор повисло 3 работы по исследованию почвенного воздуха.

В 1890 г. Карр и Фрей от Июля до Октября т. е. в течение всего 3 месяцев производили анализ почвенного воздуха. Первый определял количество угольной кислоты, второй количество кислорода и влажность. Эта работа продолжалась Graubner с Октября 1890 до Июня 1891. Последний определял в почвенном воздухе одновременно углекислоту, влажность и кислород. Местом их работы служила местность на правом берегу р. Эмба, на расстоянии 74,4 м. от нее в югозападном направлении.

Фрей⁵⁾ рассматривал для своих опытов почву и

1) Zeitschrift für Biologie. Band XV, 1878, pag. 98.

2) Zeitschrift für Biologie. Band XIII, 1877, pag. 393.

3) Festschrift: Untersuchungen von Bodenluft, Juli bis September 1898. Inaugural-Dissertation, Dorpat.

оставлял трубы на 75 и 125 см. глубины. Ямы опущенные по Петтекофферу вырыты земляю, наблюдая при этом, чтобы земля принимала, по возможности, прежние положения. Почва состояла по большей части из чернозема, богатого гумусом. При определении кислорода Фрей пользовался методом Либиха, усовершенствованным Нептрел'ем. Он пытался определять в почвенном воздухе и содержание азота, а также и строюродорода, но получил при этих исследованиях отрицательные результаты. Отсутствия азота, — в противоречии с результатами исследования Fodor's, — он объясняет общим содержанием гумуса в почве, который имеет свойство поглощать азот.

Карр⁶⁾ определял угольную кислоту по способу Петтекоффера с бутылкой. Он заполнял бутылки в 500—600 см. смесью следующего воздуха и помещал в нее углекислоту с помощью баритовой воды. После осаждения образовавшегося углекислого барита он брал пипеткой часть стоявшей сверху прозрачной жидкости и титровал ее раствором нафеновой кислоты. Количество углекислоты он ставил в зависимость главным образом от дождя и от почвенной воды. Он нашел, что дождь уменьшает количество углекислоты в почвенном воздухе, а у Lewis'a и Cunningham'a⁷⁾ при наблюдениях над почвенным воздухом в Нидри, в период дождя оказалось ее больше. По мнению Карр'a это кажущееся противоречие объясняется тем, что Lewis и Cunningham имели дело с очень высокой почвой, способной поглощать большое количество воды, так что, несмотря

1) Walter Karr. Untersuchungen über den Kohlenstoffgehalt der Bodenluft, ausgeführt in Dorpat von Mitte Juli bis Mitte October 1890 — Inaugural-Dissertation.

2) Opus. Ch. .

на продолжительные дожди, только верхние слои ее были пропитаны водою; это затруднило обмен атмосферного и почвенного воздуха, так как скаканы почвы были закрыты. Сами же Карр делали наблюдения над почвой, от дождей довольно влажной, отсыревшей даже на той глубине, со которой он брал пробы воздуха. Вследствие этого значительное количество воздуха было вытеснено дождями из скаканы почвы, вследствие чего образование углекислоты уменьшилось. Влияние ветра он признает менее существенным; Впрочем действие этого фактора он не мог в достаточной мере проследить, так как производил исследования в местах, открытых для ветра не со всех сторон.

Грауманн¹⁾ определял углекислоту, кислород, влажность почвенного воздуха и высоту стовия почвенной воды, при чем брал пробы воздуха из тех-же трубок, которыми пользовались Карр и Фреу и применял при исследованиях углекислоты и кислорода те-же методы. Анализы он не определял, так как уже Фреу получил отрицательные результаты при своих исследованиях. Составляя наблюдения, он делает обзор результатов. Фреу и Каппа и приходят к заключению, что количество углекислоты в почвенном воздухе зависит от массы стовия почвенной воды и от влажности почвы.

Подводя итог своим исследованиям, находят, что по количеству углекислоты в почвенном воздухе нельзя сделать прямого заключения о большей или меньшей влажности почвы органическими веществами, так как найденное количество ее зависит как от образования ее в почве, так и от обстоятельств, затрудняющих или облегчающих обмен почвенного воздуха с атмосфер-

1) Graumann, Untersuchungen von Bodenluft in Dorpat October 1890 — Band 91. — Inauguraldissertation.

ним и обуславливающих таким образом большее или меньшее накопление этого газа в почве.

Сопоставив теперь наиболее существенные факторы, оказывающие, по нашим же до сих пор исследованиям и опытам, наибольшее влияние на образование и накопление углекислоты в почвенном воздухе.

Петтенкофер²⁾ доказал, что углистая кислота в почвенном воздухе не может происходить от почвенной воды, а что, наоборот, присутствие ее в самой воде зависит от того, что она содержится в почвенном воздухе; во вторых, что газ этот не поглощается из атмосферы, но возникает главным образом вследствие окисления веществ органического происхождения. Он³⁾ исследовал бесплодную почву Ливийской пустыни и нашел в ней углекислоту в том же количестве, как и в атмосферном воздухе, между тем как воздух в почве одного оазиса содержал ее гораздо больше.

Волин⁴⁾ опытно доказал что органические вещества безусловно необходимы для обильного образования углекислоты в почве. Он составлял смеси из торфяной и кварцевой почвы (подлинника почти совершенно свободна от органических веществ) и определял углекислоту воздуха как в этой смеси, так и в чистом торфе и в чистом кварцевом песке. Он нашел, что содержание углекислоты увеличивается по мере приближения органических веществ, хотя не вполне пропорционально приближаемому количеству. Воздух чистого кварцевого песка заключал приблизительно столько же углекислоты, как атмосферный,

1) Ueber den Kohlenstoffgehalt der Gase in der Grotte im Geröllboden an Misch. Zeitschrift f. Biologie. Band VII.

2) Ueber den Kohlenstoffgehalt d. Luft der Lössboden Wüste. Jbidem. Band XI.

3) Untersuchungen über den Kohlenstoffgehalt der Bodenluft. Die landwirthschaftliche Versuchsstation XXV, pag. 478.

а в воздух почвы из одного торфа оказалось ее меньше, чем в смеси из $\frac{1}{4}$ кварцевого песка и $\frac{3}{4}$ торфа. Далее, он¹⁾ установил, что углекислоты из почвы может образоваться и без участия атмосферного воздуха, следовательно, не составлять исключительно продукта окисления. Он взял для пробы почвы, которая, при одинаковых условиях, заключала почти равное количество углекислоты, и подверг одну из них действию атмосферного воздуха, другую — действию водорода, предварительно удалив из нее воздух посредством продолжительного пропускания через нее водорода; оказалось, что в этой последней пробе образовалось гораздо меньше углекислоты, чем в первой, но количество ее было все-же довольно значительно; значить, равно с процессом окисления в почве совершается и другой, результатом которого является образование углекислоты.

Далее Wollny установил зависимость температуры от образования углекислоты. Он исследовал с этой целью воздух из искусственной смеси почвы, пропитанной водой, при различных температурах. Оказалось, что с возрастанием температуры увеличивается количество углекислоты, но только до известных пределов.

Möller²⁾ пришел к тем же результатам относительно влияния органических веществ и температуры, как Wollny. Он нашел, что при 0° образование углекислоты почти совсем прекращается.

Влияние температуры почвы на образование углекислоты видно также из таблиц Fleck³⁾. Fleck объясняет это влияние тем, что при высокой температуре более развиты и растут микроорганизмы гораздо больше

благодаря, так и химические процессы разложения совершаются энергичнее.

Что микроорганизмы играют довольно важную роль в процессе образования углекислоты, это доказать Wollny⁴⁾. В почву, подвергнутую действию хлороформа, образование углекислоты прекратилось хотя и не совершенно, но почти во всех случаях больше, чем на половину. Он определял количество углекислоты в воздухе искусственно приготовленной, сфашированной почвы и нашел ее всего 26,99—41,88₀₀ (из средних 38,1%₀₀) углекислоты. Забрав он прибавил в эту почву хлороформа и нашел всего 11,29—24,85₀₀ (из средних 16,8%₀₀) — т. е. меньше чем в половину против прежнего. Под влиянием же солнца, так же как и от жары почвы до 115° в течение 6 часов, образование углекислоты почти совершенно прекратилось. На основании этих результатов Wollny предполагает, что образование углекислоты зависит от химических и биологических процессов.

Далее, Wollny⁵⁾ исследовал пять одинаковых по составу, но различающихся по физическим свойствам проб почвы и нашел, что углекислота образуется тем обильнее, чем меньше аэро почвы. Он объясняет это более равномерным распределением температуры, влажности, вследствие одинаковой величины отдельных почвенных частиц, и условиями проницаемости почвы.

При исследовании углекислоты важное значение имеют проницаемость почвы, далее, отношение температуры почвы к температур атмосферного воздуха, количество воды в верхних слоях почвы, покровы почвы и илоры.

1) Ibidem.

2) Ueber die freie Kohlensäure im Boden. Mittheilungen aus dem Inst. Versuchsstation in Oesterreich 1878, 2. Heft.

3) Ibidem.

4) Die landwirthschaftliches Verunreinigungen Band XXV n. XXXVI.

5) Untersuchungen über den Einfluss der physiologischen Eigenschaften, von dem Boden auf den Ueberschuss an freier Kohlensäure. Forschungen auf dem Gebiete der Agrarphysik IV.

Wollny¹⁾ нашел, что углекислоты в воздух почв бывает так больше, чем выше происхождение последней. Это зависит, по всей вероятности, от того, что при незначительной проницаемости обиход почвенного и атмосферного воздуха затрудняется, что должно иметь следствием обычное накопление углекислоты.

Атм-он²⁾ исследовал проницаемость на различных сортах почвы и нашел, что наибольшей проницаемостью обладает песок, наименьшая глина, так что даже незначительная приливы ее к песку значительно уменьшает проницаемость последнего. Кроме того, он исследовал влияние влажности на проницаемость почвы и убедился, что очень слабый степень ее усиливает проницаемость почвы, тогда как большое количество влаги имеет совершенно противоположное действие. Усиление проницаемости он объясняет тем, что при незначительной влажности в толще земли образуются комки, между которыми возникают неодинаковые по величине, сравнительно большие промежутки, облегчающие доступ воздуха внутрь почвы. Наоборот, при сильном увлажнении почвы, ее поры закупориваются и проницаемость уменьшается или совершенно уничтожается. Уменьшения проницаемости становится еще более заметным при замерзании почвы; это происходит от того, что вода по замерзанию увеличивается в объем, а отчасти и от того, что лед, как твердое тело, не вытесняется, как вода, из связанных воздушных давлений при проникании воздуха в почву.

Растительные покровы также уменьшают по наблюдениям Равна проницаемость почвы для воздуха вследствие закупорки пор корнями растений. В закупоренных противо-

1) 1. с.

2) Untersuchungen über die Permeabilität des Bodens für Luft. Forschungen auf d. Gebiete der Agrikulturphysik III, pag. 209.

рост с последним выносом находится наблюдений Wollny¹⁾ над влиянием растительного покрова на содержание углекислоты в почвенном воздухе. Wollny доказывает, что почвенный воздух так беднее углекислотой, чем гуще растительный покров, и что летом в почве, покрытой растениями, углекислоты меньше, чем в обнаженной или покрытой соломой. Зимой — наоборот. Он объясняет это тем, что почва, покрытая растениями, как показывают его исследования, имеет влажн и обладает более низкой температурой, чем лишенная покрова.

Барометрическое давление — по наблюдениям Wolffhügel²⁾ и Fodor³⁾ — не имеет заметного влияния на обиход атмосферного и почвенного воздуха. Wolffhügel приписывает большое влияние на проникание почвы ветру, потому что движениями атмосферного воздуха соответствуют подобным же движениям воздуха в почве.

На обиход почвенного и атмосферного воздуха не остается без некоторого влияния и разница в температур. Так например, днем, когда атмосферный воздух нагревается быстрее и сильнее почвенного, уменьшается и его плотность, и вследствие неодинакового давления становится заметным течение почвенного воздуха в атмосферный, пока не установится равновесие в плотности; ночью, наоборот, должно происходить усиленное проникание атмосферного воздуха в почву.

1) Untersuchungen über den Einfluss der Pflanzendecke auf die Beschattung auf dem Kohlensteergebiet der Batschaf. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik III.

2) Ueber den Einfluss der Barometerlesungen auf die Bodentemperatur. Anst. Bericht der 53. Versammlung deutscher Naturforscher u. Aerzte. München 1877.

3) Hygienische Untersuchungen über Luft, Boden u. Wasser. Braunschweig 1881.

Ежедневные колебания углекислоты зависят по литературным данным главным образом, от ветра и атмосферных осадков, влияние же температуры почвы может быть только весьма слабым, так как колебания температуры за течение суток слишком незначительны. Но за течение более продолжительного времени этому фактору, — вместе с причинами, обуславливающими ту или другую степень проницаемости почвы для воздуха, следует приписать громадное влияние на колебания углекислоты в почве; это наступит уже вопреки тому, что в более глубоких слоях почвы разница между зимним и летним содержанием углекислоты бывает гораздо меньше, чем в верхних слоях почвы, потому что температура в глубине гораздо постояннее и разница между зимой и летом не так значительна, как у поверхности почвы. Из причин, обуславливающих большее проветривание почвы зимой, оказывается большое влияние разницы температуры почвенного и атмосферного воздуха. Зимой более теплый и более легкий почвенный воздух вытесняется холодным и плотным атмосферным; летом, наоборот, почвенный воздух имеет большее напряжение, вытесняется из почвы в атмосферу и забирается притоком из более глубоких слоев почвы.

Что почва зимой действительно поддает большому проветриванию чем летом, обнаружилось при наблюдениях Вельчковского ¹⁾ над распространением сифильного газа в почве. Входя зимой в лето в равное количество сифильного газа в почву, он находил через некоторое время неодинаковое его количество в почвенном воздухе в разные времена года. Летом, на третий день после введения газа в почву он вынул его из почвенного во-

1) 3 с.

дух в количестве 2,66%, осенью же, также на третий день после введения того же количества, — только 0,99%, а зимой даже на 2-ой день после начала опыта — всего только 0,28%. Из этого он заключил, что летом асф. газ, а следовательно и углекислота, держится в почве дольше, чем зимой.

Собственные исследования.

Постановка опытов и метода.

Как видно из приведенного выше очерка литературы вопроса, исследование почвенного воздуха под дошами, насколько нам известно, до настоящего времени сделано не было.

Наша задача состояла в выяснении указанного вопроса. С этой целью мы произвели ряд параллельных систематических наблюдений над химическим составом воздуха подальшим подвала физиологической лаборатории и воздуха в почве на застроенной стороне здания этой лаборатории. Почвенный воздух исследовался на четырехместях: две трубы, над которыми брались пробы воздуха для исследования, находились на улице перед одним из окон подвала физиологической лаборатории, около 75 см. от стены, на глубинѣ $\frac{1}{2}$ и 1 метра; две другие были помещены в подвал физиологической лаборатории на той-же глубинѣ ($\frac{1}{2}$ и 1 метра) от поверхности пола подвала; третья подвала накрыта цементом и лежит на 115 см. ниже уровня почвы. При своих собственных исследованиях почвенного воздуха мы определяли в нем количество углекислоты, кислорода и аммиака. Сера водорода в нем не оказалось.

Для выяснения воздуха из почвы были вставлены в землю на определенную глубину металлические газопровод-

ний труб, концы которых были устроены, как концы у буравы Френкеля. По окончании наблюдения земли, где выходили трубы, была разорвана и взята проба для обстоятельного химического анализа почвы. Произвести таковой для почвы погреша было, из соображений, неудобно, так как для этого пришлось бы ломать цементный пол. Часть земли для анализа почвы была употреблена для анализа в первоначальную воду, другая часть была высушена на воздухе и просеяна через сито № Кюппа.

Съ воздушно-сухой почвой были преданы химический анализ, а также определен объем поръ и водосмкость ее.

Определение сероводорода. При определении сероводорода мы применили способ Mohr'a, пропуская значительное количество воздуха через раствор иашаковской кислоты и обратно титр. по окончании пропускания этого раствора растворокъ йода.

Определение аммиака. Чтобы обнаружить въ почвенномъ воздухѣ аммиакъ, мы пропускали воздухъ въ количестве 100—200 литровъ черезъ Петтенкоферовскія трубки, въ которыхъ находилось омыло разведенная, свободная отъ аммиака сѣрная кислота. Затемъ мы нейтрализовали растворъ натровою щелочью и определяли аммиакъ качественно реактивомъ Несслера, а количественно колориметрически съ помощью реактива Несслера и раствора хлористаго аммония, какъ определяется содержание аммиака въ водѣ.

Определение углекислоты. Углекислому мы определяли по методу Петтенкофера, пропуская 5—10 Lt. воздуха черезъ трубки, Петтенкофера, въ которыхъ находилось 100 см. баритовой воды, титръ которой былъ установленъ по раствору иашаковской кислоты, содержащему въ литрѣ 2,8536 грм. чистой перекристаллизованной иашаковской кислоты. Одинъ кубическій сантиметръ такого раствора соответствуетъ 1 mgr. угольной кислоты. После осаждения образовавшагося углекислаго барита брали

ишаской 50 см. стоящей сверху прозрачной жидкости и обратно титровали растворомъ иашаковской кислоты, употребивъ въ качествѣ индикатора розоловую кислоту. Изъ разницы между кубическими сантиметрами, употребляемыми для насыщения 50 см. баритовой воды до и после пропускания почвеннаго воздуха, умноженной на два, вычисляется количество угольной кислоты, заключившейся въ названномъ объемѣ воздуха.

Определение кислорода. Кислородъ въ почвенномъ воздухѣ мы определяли по вѣсомъ предложенному, простому и быстро исполняемому способу проф. Хлопина относительно котораго проф. Dr. K. Lehmann въ своемъ учебникѣ «Methoden der praktischen Hygiene» 1901¹⁾ описываетъ слѣдующимъ образомъ: „Великую будущность имѣетъ, безъ сомнѣнй, предложенный Проф. Хлопинымъ изометрическій методъ определения кислорода въ воздухѣ.“

Въ Мѣсѣ октябрѣ 1898 года проф. Г. В. Хлопинъ съдѣлать сообщеніе Русскому физико-химическому обществу въ С.-Петербургѣ о новомъ способѣ определения кислорода въ газавыхъ смѣскахъ посредствомъ титрованія²⁾. Для определения кислорода въ воздухѣ по своему способу онъ пользовался обыкновеннымъ стаканомъ въ 150 куб. см. съ каучуковыми пробками. Въслѣдствіе, въ 1899 году проф. Хлопинъ³⁾ построилъ два спеціальныя аппарата для определения кислорода и сравнилъ результаты, полученные по его способу съ опытъ аппаратахъ, съ результатами, полученными по способу Бужана, причемъ онъ призналъ въ заключеніи, что результаты, полученные съ приборомъ съ термометромъ весьма постоянны и точны, такъ что этотъ способъ можно рекомендовать не только для физикохимическихъ, но даже для физиологическихъ

1) L. c. 133.

2) Въ извѣстияхъ Г. Зина 1898 г. Archiv. f. Hygiene. Band XXXIV

3) Вѣстникъ гигиены.

ческих исследований. Результаты, полученные с прибором без термометра и с аппаратами с каучуковой пробкой и каучуковыми трубками, хотя и не отличаются такой точностью, но все-таки не уступают результатам, полученным по другим более сложным способам, употребляемым для определения кислорода при гетерогенных и технических исследованиях.

Устройство простых аппаратов следующее: в склянку емкостью в 150 смс. с притертой пробкой закладывают стеклянную пробку каучуковую с двумя отверстиями. В эти отверстия вставляют 2 стеклянные трубки, из которых одна доходит почти до дна склянки, а другая кончается точно под пробкой. На наружные концы этих трубок плотно надбавляют каучуковые трубки длиной 10—15 см, предварительно просмазанные с маслом. На нижнем конце каучуковой трубки крепко привязывают к стеклянной трубке и закладывают Сланцевской замазкой. Пробка также замазывается этой замазкой. На шейке склянки делается ямка, до которой выжимается пробка, а на обе каучуковые трубки вкладываются Морозские ажурки на определенные места, отмечающие чернилами.

Для устранения вредного влияния каучука проф. Хлопинъ построил 2 прибора, которые по его рисунку изготовил Риттингъ из С-Петербурга и Алтманъ из Берлина. В приготовленном Риттингом приборе каучуковая пробка замблена притертой стеклянной, в которую вставил 2 стеклянные трубки, одна длинная, доходящая до дна склянки, другая — кончающаяся точно под пробкой. К наружному концу длинной трубки припаяна калиброванная трубка. Концы трубок кроме того снабжены кранами. Приготовленный Алтманом прибор отличается от описанного прибора тем, что он имеет ямку одного большого отверстия три ушка: с первого припаяна длинная трубка с краном, в среднее вставлена герметич-

чески закрывающей отверстие термометр с делениями на $0,2^{\circ}\text{C}$. и показывающий температуру от -10° до $+25^{\circ}\text{C}$. Третье отверстие кончается трубкой с краном.

Для производства анализа необходимы следующие решения:

1) Водный раствор хлористого марганца $\text{MnCl} + 4\text{H}_2\text{O}$, содержащий в 100 смс. 40 гм. соли. Хлористый марганец не должен содержать желтой.

2) Сильный раствор бромата натрия и иодистого калия: 30 гм. $\text{KJ} + 32$ гм. NaOBr в 100 смс. раствора. При приготовлении этого раствора растворяют каждую соль отдельно, сбливаются оба раствора и разбавляют водой до 100 смс. Тщательный не должен содержать азотисто-иодистого калия, а иодистый калий не должен выдвигать от прибавления соляной кислоты йода.

3. Концентрированная соляная кислота, не содержащая свободного хлора.

4. $\frac{1}{4}$ — нормальный раствор сфеноангисто-кислого натрия; 1 смс. такого раствора соответствует 0,5592 смс. кислорода при 0° и 760 мм. барометрического давления.

5. Чистый йод и 10% раствор иодистого калия или, для удобства, раствор двуххромовкислой соли, содержащий 3,874 гм. соли в литр. Соль эту приготовить по Фельдгарту перекристаллизацией и высушивать при 120° до постоянного веса. Для установки титра сфеноангисто-кислого натрия берут 30 смс. раствора двуххромовкислого калия, соответствующего 0,2 гм. чистого йода, 10 смс. 10% раствора иодистого калия и 5 смс. крепкой соляной кислоты.

6. 1% крахмальный клейстер, насыщенный до фильтрования поваренной солью.

Раствор хлористого марганца и смесь $\text{KJ} + \text{NaOH}$ приготовляются на простейшей дистиллированной воде; смесь $\text{KJ} + \text{NaOH}$ приготовляется ex tempore. Стоявший несколько времени раствор хлористого марганца для удаления раство-

ривається із повітря кислорода воздуха нужно прокипятить и быстро охладить. Титр ебріовантисно-вислого натріє нужно провѣрять передъ каждымъ опытомъ.

Принципъ способа, примененный Винклеромъ для опредѣленія кислорода, раствореннаго въ водѣ, основанъ на окисленіи кислородомъ воздуха закиси марганца въ окись въ присутствіи йодистаго кали. Послѣ окончанія окисленія растворяють окись марганца въ соляной кислотѣ, причемъ сначала образуется хлористая соль окиси марганца, но такъ какъ окисная соль марганца весьма нестойка, то она сейчасъ же распадается на элементарную соль закиси марганца и свободный хлоръ, который при йодистомъ кали вытѣсняетъ эквивалентное ему количество іода, который опредѣляется титрованіемъ ебріовантисно-натріевою солью. Реакціи, по Винклеру, протекають слѣдующимъ образомъ:

1. $2 \text{ MnCl}_2 + 4 \text{ NaOH} = 4 \text{ NaCl} + 2 \text{ Mn(OH)}_2$,
2. $2 \text{ Mn(OH)}_2 + \text{O} + \text{H}_2\text{O} = \text{Mn}_2\text{O}_7$,
3. $2 \text{ Mn(OH)}_2 + 6 \text{ HCl} = 2 \text{ MnCl}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$
4. $2 \text{ MnCl}_2 + 2 \text{ KJ} = 2 \text{ MnCl}_2 + 2 \text{ KCl} + 2 \text{ J}$.

Какъ видно изъ формулы, 2 атома іода соотвѣствуютъ одному атому кислорода. Такъ какъ при реакціи выдѣляется большой избытокъ закиси марганца, то конечнымъ продуктомъ окисленія является не окись, а закись-окись марганца.

Приборы калибровались слѣдующимъ образомъ: склянки сухія и пустыя съ пробками и эластичами, или спеціальныя приборы закрывались на іодомъ съ точностью до 0,01 грм., затѣмъ наполняютъ ихъ при сырыхъ закискахъ, тер. открытыя края, черезъ длинную трубку достаточной воды комнатной температуры, затѣмъ вкладываютъ эластичи на іодомъ, отбѣсивши чернилами, или закрываютъ края. Воду, оставшуюся въ открытыя концы трубки, удаляютъ фильтровальной бумагой и склянки опять закрываютъ. Разница между первымъ и вторымъ взвѣшиваніемъ, выраженная въ граммахъ, непосредственно даетъ

объемъ склянокъ въ кубическихъ сантиметрахъ. При своихъ опредѣленіяхъ мы пользовались какъ спеціальными приборами, такъ и обыкновенными склянками съ каучуковыми пробками и трубками.

Ходъ опредѣленія: Концы длинной трубки соединяють съ трубками, содержащими натрастку ивѣсти и хлористый кальцій для удаленія угольной кислоты и влаги изъ воздуха. Трубки эти соединяють посредствомъ каучуковой трубки съ трубкой, изъ которой подучается почвенный воздухъ. Соединяя теперь узкую трубку съ водянымъ насосомъ, всасываютъ въ склянку черезъ длинную трубку почвенный воздухъ, освобожденный отъ угольной кислоты и влаги. На время наполненія воздухахъ приборы ставятъ въ стазисъ съ водой. Послѣ наполненія прибора воздухомъ вливаютъ въ приборъ 15 смм. раствора хлористаго марганца черезъ длинную трубку, не вынимая прибора изъ воды и открывавъ на іодомъ конецъ короткой трубки, чтобы выпустить вытѣсненный изъ прибора реактивомъ воздухъ. Вливаніе реактива производится у простыхъ приборовъ, соединяя концы длинной трубки съ боерткой, а у спеціальныхъ приборовъ вливаніе производится черезъ калиброванную, прищипованную къ длинной трубкѣ боертку. Потомъ оставляють приборъ въ той-же стазисъ на несколько часовъ, чтобы воздухъ насытился парамъ раствора хлористаго марганца, такъ, что воздухъ выдѣляется при полномъ насыщеніи парами этого раствора. (Напряженіе паровъ воднаго раствора хлористаго марганца указанной концентраціи, согласно изслѣдованіямъ проф. Г. А. Тамма и др., будетъ равняться для всякой температуры напряженію паровъ воднаго, насыщающихся пространство при той-же температурѣ, умноженному на постоянный коэффициентъ 0,857). Потомъ отбѣиваютъ температуру послѣдующаго воздуха при спеціальныхъ приборахъ по термометру, находящемуся внутри прибора, а при приборахъ безъ тер-

метра по термометру, поставленному в воду, в которую погружаем прибор.

Отбавив таким образом температуру газа, быстро вливают в прибор через длинную трубку 15 ссм. ситов. раствора $KJ + NaOH$, открываю на несколько минут кран, на короткой трубке. Закрывают кран, а у проставки прибором, кроме того, еще зажимают концы вакуумных трубок стеклянными палочками, прибор сильно встряхивают в руках, при чем получается довольно подвижная смесь. Взбалтывание прибора продолжается в течение 4—5 минут, пока не наступит окончание реакции. Окончание реакции узнается по переходу черно-бурого окрашивания в желто-бурое, напоминающее цвет шовалда и уже не изменяющееся при дальнейшем взбалтывании. Когда наступит этот момент, оставляют прибор на ночь и на другой день утром вливают через длинную трубку 20 ссм. крепкой соляной кислоты. Вследствие уменьшенного давления соляная кислота быстро всасывается в прибор при открытии крана или заслонки. После всасывания соляной кислоты закрывают кран, чтобы не впускать тумана воздуха, слегка встряхивают прибор и оставляют его на несколько минут в покое. После растворения осадка титруют полученный раствор йода в 10-кратном кали, прибавляя крахмальный клейстер, $\frac{1}{2}$ нормальным раствором сировалестонатриевой соли до исчезновения синего окрашивания, не переставая вращать прибор.

Вычисление результатов определения: Чтобы привести объем исследуемого воздуха к 0° и 760 мм. барометрического давления, необходимы следующие данные:

1. Высота барометра во время взятия пробы, сделанная к 0° — обозначим ее через В.
2. Температура исследуемого воздуха — t° .
3. Объем воздуха при t° и В, т. е. емкость прибора, в котором ведется определение — V_1 .

4. Абсолютная влажность в мм ртутного столба h (Величину эту можно узнать из 0,857, так как влажность воздуха дала с парам раствора хлористого магния).

5. Коэффициент расширения газов.

6. Количество воздуха при опыте V_0 (объем) 30 ссм.

Некоторый объем исследуемого воздуха при 0° и нормальной давлении назовем V^0 .

Вычисление производится по формуле:

$$V^0 = \frac{(V_1 - 10) \cdot (B - h - 0,857)}{(1 + \alpha t) \cdot 760}$$

Таким образом узнают объем исследуемого воздуха при 0° и 760 мм. барометрического давления (V^0). Если дать число ссм. $\frac{1}{10}$ нормального раствора сировалестонатриевой соли, употребивших на титрование выделенного йода (обозначим его x), количество кислорода в процентах определяем по следующей формуле, т. е. каждый кубический сантиметр такого раствора соответствует 0,5594 ссм. кислорода при 0° и 760 мм. барометрического давления:

$$X = \frac{0,5594 \cdot x \cdot 100}{V^0}$$

Результаты собственных исследований и их оценка. Исследование почвы. Механический анализ почвы дал следующие результаты.

При проставании почвы, взятой с $\frac{1}{2}$ метра глубины, через сито Кюппа 707 грм. воздушно сухой почвы распределилось таким образом:

На сите с отверстиями в:	2 мм.	6 грм.
•	1,95	2,5
•	1,25	5,0
•	1,0	3,5
•	0,56	20,0
•	0,925	200,0

450,0 грм. прошло через сито с отверстиями в 0,925 мм.

Из земли с глубины 1 метра осталось изв. 770 грм. воздушно-сухого вещества

на сите с отверстиями в	2,0 мм.	40,0 грм.
"	1,95 "	4,0 "
"	1,25 "	7,0 "
"	1,0 "	6,0 "
"	0,95 "	53,0 "
"	0,925 "	160,0 "

500,0 грм. прошло через сито с отверстиями в 0,925 мм.

Химический анализ взял воздушно сухой, такт и первоначальной почвы дал следующие результаты:

Анализ первоначальной почвы.

Составные части	Почва на глубине		
	½ м.	1 м.	
Вода в первоначальной почве	11,97	12,67	
NH ³ в первонач. поч., считая на сухое вещество	0,0037	0,0028	
Потери при прокаливании	в воздушно-	1,49	4,02
	но-сухой	0,14	0,16
Общее количество азота		0,0419	0,0419
Растворима в воде зольности		0,0419	0,0419

Анализ воздушно-сухой почвы.

Составные части	Почва	
	с ½ метр.	с 1 метр.
Вода	1,09	1,02
Угловый ангидрид CO ₂	0,280	4,411
Песок и силикаты, нераств. в сол. кисл. и развед. NaOH.	90,32	79,06

	Почва	
	с ½ метр.	с 1 метр.
Аморфная кремниевая кислота и раста. в развед. NaOH силикаты.	2,53	4,44
Оксид железа (Fe ₂ O ₃)	2,474	2,114
Оксид алюминия (Al ₂ O ₃)	0,6755	1,150
Ангидрид фосфорной кислоты (P ₂ O ₅)	0,0725	0,0580
" азотной (N ₂ O ₅)	Нить	Нить.
" азотистой (N ₂ O ₃)	Нить	Нить.
" серной (SO ₃)	0,006	0,0095
Хлор (Cl)	0,0132	0,016
Оксид магния (MgO)	0,552	1,647
Оксид кальция (CaO)	0,492	4,701
Оксид калия (K ₂ O)	0,0031	0,0094
Оксид натрия (Na ₂ O)	0,0118	0,0233
Оксид марганца (MnO)	следы.	следы.
Органические вещества	1,08	0,83
	99,6001	99,4892

Объект золь воздушно-сухой почвы с ½ метра глубины оказался 31,45%, на глубине 1 метра 30,82%.

Наибольшая или полная водоемкость по Шухахеру воздушно-сухой почвы с 1 метра глубины составляла 29,70% по весу, почвы с ½ метра глубины — 27,30%.

Исследование почвенного воздуха. При определении свободного азота мы всегда получали отрицательные результаты.

Качественное исследование почвенного воздуха на аммиак производилось приблизительно раз в неделю и при этих определениях мы всегда получали положительные результаты. Количественное определение аммиака мы проводили всего только шесть, из труб на глубине 1 метра: 1. 200 Лт. подпольного почвен. воз. содер. 0,08 мгр. NH₃ наружного 0,02

II.	200 Lit.	подпольного	почвен. воз.	содер.	0,03	mgr. NH ₃
"	"	наружного	"	"	0,01	"
III.	"	подпольного	"	"	0,04	"
"	"	наружного	"	"	0,06	"

Результаты наших исследований почвенного воздуха на содержание в нем угольной кислоты и кислорода, продолжавшихся 11 месяцев, съ Апрелья ж. 1899 г. по Мартъ мѣс. 1900 г. сопоставлены въ слѣдующихъ таблицахъ.

Результаты химическаго изслѣдованія поч-
веннаго воздуха съ Апрелья мѣс. 1899 г. по
Мартъ мѣс. 1900 г.

Из приведенных таблиц можно вывести следующие средние числа содержания углекислоты и кислорода в воздухе атмосферы, а также и средние для разных времен года и для отдельных месяцев.

Число.	Наружный почвенный воздух.				Подземный почвенный воздух.			
	1 метр.		$\frac{1}{2}$ метра.		1 метр.		$\frac{1}{2}$ метра.	
	Воздух %.	Углекислоты %.	Воздух %.	Углекислоты %.	Воздух %.	Углекислоты %.	Воздух %.	Углекислоты %.
Средние из всех анализов.								
10,00	2,37	20,24	2,31	19,12	12,22	20,10	1,75	
Средние для разных времен года.								
Март	19,87	1,27	20,10	1,31	18,85	11,97	20,13	1,59
Апрель								
Май	19,60	3,80	19,81	4,52	18,74	14,97	19,73	2,80
Июль								
Август	20,06	3,04	20,25	2,69	19,43	11,53	20,31	1,19
Сентябрь								
Октябрь	20,30	1,79	20,48	1,45	19,31	11,68	20,42	1,74
Ноябрь								
Декабрь								
Январь								
Февраль								
Средние месяцев.								
Апрель . . .	19,59	1,03	20,10	1,00	18,59	11,87	19,70	1,14
Май	19,44	1,96	20,17	2,09	19,00	15,29	20,00	2,49
Июль	19,35	3,78	19,74	4,95	18,05	14,89	19,65	3,44
Август	19,66	3,95	19,88	4,09	18,87	13,25	19,85	2,28
Сентябрь . . .	19,67	3,85	19,93	4,08	18,94	13,56	20,09	1,90
Октябрь . . .	20,15	3,06	20,35	2,69	19,48	11,57	20,45	1,08
Ноябрь	20,38	2,22	20,47	1,90	19,88	7,32	20,46	0,71
Декабрь . . .	20,37	1,75	20,50	1,53	19,96	7,00	20,42	1,01
Январь	20,17	1,94	20,47	1,59	19,10	13,09	20,35	1,95
Февраль . . .	20,30	1,70	20,48	1,35	18,88	14,97	20,51	2,26
Март	20,38	1,24	20,54	0,81	18,98	8,77	20,67	1,16

Наибольшее содержание угольной кислоты в наружном почвенном воздухе на глубинѣ 1 и $\frac{1}{2}$ метра было найдено 10 Августа (5,13%) и 7 Июля (3,83%) — наименьшее 13 Апрѣля (0,58%) и 21 и 29 Марта (0,55%).

Наименьшее содержание кислорода в наружном почвенном воздухе на глубинѣ 1 и $\frac{1}{2}$ метра было найдено 3 Мая (18,80%) и 12 Июля (19,33%) — наибольшее 23 Марта (20,83%) и 21 Января (20,95%).

Наибольшее содержание угольной кислоты в подпольном почвенном воздухе было найдено на обычных глубинах 29-го Февраля (21,63%) и 9,74% — наименьшее 3 Декабря (3,17%) и 19 Ноября (0,32%).

Наименьшее содержание кислорода в подпольном почвенном воздухе на глубинѣ 1 и $\frac{1}{2}$ метра было найдено 11 Апрѣля (17,95%) и 21 Июля (18,90%) наибольшее — 27 Ноября (20,51%) и 14 Марта (20,93%).

Какъ видно изъ приведенныхъ среднихъ чиселъ наименьшее дневное среднее количество углекислоты в наружном почвенном воздухе на глубинѣ 1 метра было найдено в Апрѣль, а в глубинѣ $\frac{1}{2}$ метра — в Мартѣ. У Граумана в почвѣ Юрва в нижней части города приходилось наименьшее среднее дневное содержание углекислоты на глубинѣ 1,25 и 0,75 метра на Декабря; в Мартѣ же наблюдалось уже значительное прибавленіе этого газа. После дѣльнаго максимума убилъ углекислоты сдѣлалась задержка, какъ и у Граумана, съ Сентября; въ Январѣ обнаружено значительное прибавленіе и съ Февраля по Апрѣль содержаніе углекислоты опять уменьшалось. Съ Мая к. углекислота стала снова прибавлять, и въ Июль наблюдалось наибольшее среднее содержаніе ее в почвѣ на глубинѣ $\frac{1}{2}$ метра, в почвѣ же на глубинѣ 1 метра — въ Августѣ дневнѣ.

Среднее за мѣсяцъ количество кислорода почвѣ одновременно уменьшалось съ увеличеніемъ содержанія углекис-

лоты, и наоборотъ: — минимуму углекислоты соответствуетъ максимум кислорода, чѣмъ подтверждается опираясь на наблюденія другихъ авторовъ (Флекка, Фодора и др.) Только въ Апрѣль кислорода было меньше, чѣмъ можно было ожидать по незначительному количеству углекислоты. И Грауманъ нашелъ въ Апрѣль, кислотора на малое содержаніе углекислоты, такъ очень мало кислорода.

Колебанія среднихъ мѣсячныхъ въ анализахъ почвеннаго воздуха подъ показанъ нами принципа, чѣмъ соответствуетъ данныя, относящіяся къ наружному воздуху.

Что касается средняго содержанія углекислоты во время года, то наибольшее среднее количество ее во влажной почвѣ какъ на глубинѣ 1 метра, такъ и $\frac{1}{2}$ метра, найдено нами лѣтомъ, наименьшее же зимой; въ подпольномъ почвенномъ воздухѣ въ обычныхъ глубинахъ наибольшее также лѣтомъ, а наименьшее — осенью.

Несмотря на благоприятныя условія для большаго накопленія углекислоты в почвенномъ воздухѣ, напр. на слабую проницаемость почвы, мы нашли при своихъ наблюденіяхъ во влажной почвенномъ воздухѣ меньше углекислоты и больше кислорода, чѣмъ оказалось у Граумана, Фрея и Келпна. Это врядъ ли можно объяснить слабѣе притокомъ кислорода, такъ какъ по Schlösing'у и Wolny'у производство углекислоты не зависитъ отъ притока воздуха уже при содержаніи 8% кислорода, а при всѣхъ нашихъ наблюденіяхъ оказалось весьма значительное количество поддѣннаго. Малое содержаніе углекислоты съ большой вѣроятностью можно объяснить малой примѣсью органическихъ веществъ въ почвѣ, которая состояла главнымъ образомъ изъ глины.

Содержаніе кислорода, какъ мы видѣли, находится въ обратномъ отношеніи къ содержанію углекислоты, т. е. съ увеличеніемъ послѣдней уменьшалось количество кислорода.

Количество кислорода + углекислота в % равнялось в среднем — 20,35. Эта величина выше % содержания кислорода в атмосферном воздухе (20,96) и потому можно заключить, что углекислота в почве образовалась главным образом за счет окисления органических веществ кислородом воздуха.

Колебания углекислоты и кислорода, особенно для почвенного почвенного воздуха, оказались при всех наших наблюдениях также очень незначительными вследствие слабого действия всех условий, вызывающих обмен почвенного и атмосферного воздуха. Разница между наибольшим и наименьшим количеством углекислоты в почвенном воздухе под открытым небом не превышала по нашим наблюдениям 5% за весь год, тогда как у Кап на она нередко даже между двумя последовательными наблюдениями достигала до 10% и больше. Отсюда можно заключить с полным правом, что колебания углекислоты за короткие периоды времени, т. е. за день за два, зависят главным образом от изменений в проницаемости почвы.

Содержание углекислоты в почвенном воздухе под пологом, особенно на $\frac{1}{2}$ м. глубин подвержено уже большим колебаниям в короткие промежутки времени. Эти колебания объясняются, конечно, частью колебаниями температуры в воздухе полого (облаживания) и в почве под ним, частью необычностью условий проницаемости на поверхности открытой внешней почвы. Так, количество углекислоты с 27 на 28 Мая в подпольном воздухе падает на 3,15% — 1,84 %, в то время как содержание ее во внешней почвенном воздухе на глубин 1 м. на 0,47% повышается. На оборот с 28, на 29 февраля

количество углекислоты повысилось на 4,90% и 8,65%; это колебание можно объяснить тем, что в этот день сильный северный ветер проникнул в почву и сделал ее мало проницаемой вследствие чего обмен между атмосферным и почвенным воздухом сильно затруднился, если не прекратился совершенно.

Сравнивая далее подпольный воздух с воздухом наружной почвы необходимо указать еще на следующую важную особенность: Подвергався в общем действию тех же влияний, как и воздух наружной почвы, воздух подпольный существенно отличается тем, что на значительной глубин подвергается более сильной вентиляции, чем первый; так например содержание углекислоты и кислорода в подпольном воздухе на глубин двух метров, считая от поверхности наружной почвы, оказалось при наших наблюдениях почти таким же, как в воздухе наружной почвы на глубин $\frac{1}{2}$ м. В то же время на глубин 1 метр под пологом подвала состав почвенного воздуха уже совершенно соответствует тому составу воздуха, который он имел бы на соответствующей глубин в наружной почве. Иными словами, между воздухом подвальным и подпольным существует чрезвычайно энергичный обмен. Можно сказать что подвальная жизнь вентилируется в значительной степени почвенным, а не воздухом свободной атмосферы; это и понятно, т. е. естественная вентиляция вследствие постоянной сырости стенок подвала и малой проницаемости их для воздуха вообще очень незначительна в тех частях стенок, которая выступают из почвы. Уже по этой одной причине ограждение подвальных помещений от почвенного воздуха всеми известными санитарной техникой способами является делом первостепенной важности не только для населения подвалов, которого может и не быть, но и для жильцов мансардных этажей.

Что же касается содержания углекислоты в наружном почвенном воздухе то мы должны на основании своих наблюдений присоединиться к мнению Д-ра. Смоленского, что загрязнение почвы органическими веществами оказывает более сильное влияние на состав почвенного воздуха, чем это до сих пор принималось.

Работа произведена мною в гигиенической лаборатории Императорского Юрьевского Университета и я считаю своим долгом выразить здесь мою искреннюю признательность глубоко уважаемому профессору Григорию Витальевичу Хлопину, как за предложенную тему, так и за его любезное руководство.

Оглавление.

I. Литература обзора	3
II. Собственные наблюдения	25
Постановка опыта и методики	25
Размеры исследуемой и опытной почвы	30
Почвенный воздух	45