

63.1.4  
K719 KIK

Проф. П. Коссовичъ.

нига на дом не выдается.

631.1

к 71

*мр*

# КРАТКІЙ КУРСЪ

# БЩАГО ПОЧВОВѢДѢНІЯ.

2004.

Библнотека

Стд. 631.4

Шифр К. 719 к. к.

Инд. № 5550

Институтъ почвовѣдѣнія

13.04.19 К

В. Б. Шко

Проф. П. Коссовичъ

Центральная рабочая библиотека Общества

2-ое (посмертное) издание.

ПЕТРОГРАДЪ.  
Типографія Альтшулера, Фонтанка 96.  
1916.

1811  
1811

ВЪВЕДЕНІЕ

ОСНОВЫ ПОЧВОВѢДѢНІЯ

1900г.

2-ое изданіе (исправленое)

ПЕТРОГРАДЪ

Издательство Лесного Института

### ПРЕДИСЛОВІЕ.

Появленіе въ свѣтъ настоящаго труда покойнаго Петра Самсоновича требуетъ нѣкотораго поясненія.

Въ 1905 г. П. С. началъ печатаніе своихъ „Основъ Почвовѣдѣнія“. 1-й томъ этого труда (общее почвовѣдѣніе) ему удалось довести лишь до 6-го листа: сначала многочисленныя и сложныя обязанности перваго выборнаго директора Лѣснаго Института, а затѣмъ необходимость переизданія разошедшихся къ тому времени лекцій для студентовъ Института по классификаціи почвъ заставили П. С. прервать печатаніе 1-го тома Основъ и заняться изданіемъ 2-го тома. По выходѣ въ свѣтъ первой части этого тома спѣшно потребовалось переизданіе лекцій по общему почвовѣдѣнію и П. С., всегда особенно чутко относившійся къ нуждамъ своихъ слушателей, не закончивъ 2-го тома, снова возвращается къ общему почвовѣдѣнію, но такъ какъ выпустить въ свѣтъ эту часть почвовѣдѣнія въ объемѣ Основъ ко времени, необходимому для студентовъ, нельзя было рассчитывать, то П. С. обрабатываетъ ее въ сокращенномъ видѣ и въ 1912 г. выпускаетъ подъ заглавіемъ „Краткій курсъ общаго Почвовѣдѣнія“ (изданіе для студентовъ). Только въ началѣ 1915 г. удается П. С. приступить снова къ печатанію 1-го тома Основъ Почвовѣдѣнія; напечатанные раньше 5 листовъ этого тома онъ считалъ уже устарѣвшими по своему содержанію, поэтому онъ ихъ переработалъ заново. Неожиданная болѣзнь и смерть прервали этотъ трудъ П. С. на 7-омъ листѣ, который былъ имъ подготовленъ уже къ сверсткѣ; кромѣ того въ бумагахъ П. С. была найдена рукопись почти на цѣлый 8-й листъ; весь же трудъ, по расчетамъ П. С., долженъ былъ занять около 20 печатныхъ листовъ; такимъ образомъ П. С. удалось обработать менѣе половины этого тома. Въ виду большой цѣнности этой переработанной части—листы эти должны были быть выпущены въ свѣтъ, а такъ какъ учебникъ П. С. „Краткій курсъ общаго Почвовѣдѣнія“ въ настоящее время весь разошелся, то представлялось цѣлесообразнымъ остальную часть книги перепечатать изъ этого учебника и всю книгу выпустить подъ тѣмъ же заглавіемъ.

Такимъ образомъ, въ настоящую книгу вошло: 7. первыхъ листовъ, предназначавшихся П. С. для 1-го тома „Основъ Почвовѣдѣнія“

и отпечатанныхъ при жизни П. С.; 8-ой листъ, отпечатанный уже послѣ смерти П. С. съ рукописи, предназначавшейся для этого изданія, и съ рукописи 2-хъ статей („Черное вещество“ или „matière noire“ Грандо и Темныя перегнойноподобныя вещества искусственнаго получения), найденныхъ въ бумагахъ П. С. подготовленными къ печати, но когда писавшимися (во всякомъ случаѣ не въ послѣднее время) и для какой цѣли,—осталось не выясненнымъ; въ виду ихъ интереса мы сочли нужнымъ помѣстить ихъ въ соотвѣтствующихъ мѣстахъ книги. Вся же остальная часть книги (листы 9—18) представляетъ почти дословную перепечатку изъ „Краткаго курса...“; сдѣланы были лишь необходимыя корректурныя исправленія и внесены небольшія поправки и измѣненія согласно съ помѣтками, которыя П. С. дѣлалъ на собственномъ экземплярѣ „Краткаго курса общаго Почвовѣдѣнія“.

К. Гедройцъ.

О Г Л А В Л Е Н И Е .

	Стр.
Введение . . . . .	1— 16
Предметъ и задачи ученія о почвѣ (1—2).—Интересъ изученія почв. покрова (2).—Понятіе о почвѣ и ея происхожденіе (2—8).—Типичныя виды почвъ (8—16).	
Происхожденіе и составъ минеральной части почвъ. Минералы, наиболѣе существенныя въ составѣ горныхъ породъ и почвъ . . . . .	17— 34
<i>Минералы двуокиси кремнія (17—28).</i> Минералы свободной двуокиси кремнія и ея гидратовъ (18—20). Силикаты (20—22):—алюмо и ферросиликаты (22—27);—соли ортокремневой кислоты (27—28); соли мета кремневыхъ кислотъ (28).— <i>Минералы фосфорной кислоты (28—29).</i> — <i>Минералы угольной кислоты (29—30).</i> — <i>Минералы сѣрной кислоты (30—31).</i> — <i>Окислы (31—32).</i> — <i>Сѣрнистые минералы (32).</i> — <i>Цеолитоподобные продукты присоединенія (32—34).</i>	
Горныя породы . . . . .	35— 47
Группировка горныхъ породъ (35). <i>Изверженныя горныя породы (36—37):</i> кислыя (37—38);—среднія и основныя (38—40)— <i>Слоисто-кристаллическія горныя породы (40—41).</i> — <i>Кластическія и осадочныя горныя породы:</i> зернисто-кристаллическія породы (41—42);—кластическія или обломочныя горныя породы (42—45).— <i>Органогенныя породы (45—47).</i>	
Вывѣтриваніе минераловъ и горныхъ породъ . . . . .	48— 71
Общія соображенія (48—49). Механич. дѣятели вывѣтриванія (49—52).—Дѣятели химич. вывѣтриванія (52—58).—Атмосферныя дѣятели химич. вывѣтриванія (52—57).—Растенія и животныя, какъ дѣятели химич. вывѣтриванія (57—58).—Вывѣтриваніе отдѣльныхъ минераловъ (59—63).—Вывѣтриваніе горныхъ породъ (63—70).—Скорость вывѣтриванія (70—71).	
Органическія вещества почвы . . . . .	72—129
<i>Составъ и свойства орган. веществъ почвы (72—89).</i> —Понятіе о перегнойныхъ веществахъ почвы и ихъ значеніе (72—74).—Элементарный составъ перегнойныхъ веществъ (74—79).—Составныя части и свойства перегнойныхъ веществъ (79—89).— <i>Разложеніе орган. веществъ и образованіе перегнойной почвы (90—120).</i> —Общія замѣчанія (90—91).—Роль животныя (91—94).—Роль микробовъ (94—98).—Распространеніе микроорганизмовъ въ почвѣ (98—103).—Разложеніе органич. веществъ при участіи микроорганизмовъ (103—105).—Ближайшія условія быстроты разложенія органич. веществъ при доступѣ кис-	

лорода (105—116).—Окисленіе органич. веществъ химич. путемъ (116—117).—Разложеніе органич. веществъ въ отсутствіи кислорода (117—120).—Безкислородное разложеніе органич. веществъ химическимъ путемъ (120).—Образованіе перегнойныхъ веществъ въ природѣ, гумификація (121—123).—Черное вещество или *matière noire* Грандо (124—126).—Темныя перегнойноподобныя вещества искусственнаго полученія (127—129).

✓ **Азотъ почвы** . . . . . 130—164

*Формы соединеній азота въ почвахъ (130—134).* Относительное содержаніе и распредѣленіе въ почвахъ азота органич. веществъ, амміака, азотистой и азотной кислоты. *Поступленіе азота въ почву изъ атмосферы (135—144).*—Наблюденія, доказывающія поступленіе азота въ почву изъ атмосферы (135—136). Поступленіе азота атмосферы въ почву чрезъ растенія (136—137).—Поступленіе амміака и азотной кислоты изъ атмосферы въ почву (137—139).—Усвоеніе свободнаго азота микроорганизмами почвы (139—144). *Превращенія азотистыхъ соединеній въ почву (145—155).*—Минерализація орган. азота (145—146).—Аммонизація орг. азота (146—148).—Образованіе въ почвѣ азотной кислоты или нитрификація (148—155). *Выдѣленіе свободнаго азота и процессы возстановленія селитры (156—164).*—Процессъ денитрификація (156—161).—Возстановленіе селитры въ низшіе окислы азота и въ амміакъ (161—162).—Непосредственное выдѣленіе свободнаго азота при разложеніи органич. азотистыхъ веществъ въ аэробныхъ и анаэробныхъ условіяхъ (162—164).—Круговоротъ азота въ природѣ (164).

✓ **Поглотительная способность почвъ** . . . . . 165—174

Сущность процесса (166—170).—Степень поглощенія отдѣльныхъ веществъ почвою (170—172).—Значеніе поглотительной способности въ природѣ (172—174).

**Почвенный растворъ и его составъ** . . . . . 174—176

**Составъ грунтовыхъ водъ** . . . . . 176—180

**Почвенный воздухъ** . . . . . 180—183

✓ **Химическій и механический составъ почвъ** . . . . . 184—202

*Химическій составъ почвъ (184—185).*—Соединенія, въ которыхъ элементы находятся въ почвахъ (185—187).—Выборъ мѣста и способы взятія почвеннаго образца для лабораторнаго изслѣдованія (187—191).—Лабораторное химическое изслѣдованіе почвы (191—193).—Почвенныя вытяжки (193—195). *Механический составъ почвъ (195—202).*—Методы механическаго анализа (196—200).—Составъ почвъ по содержанію механ. продуктовъ (200).—Характеристика продуктовъ мех. анализа (200—202).

✓ **Физическія свойства почвъ** . . . . . 203—218

Истинные и объемные вѣса почвъ (203—204).—Порозность почвы (204—205).—Измѣненіе объема почвы въ зависимости отъ ея влажности и температуры (205—206).—Связность почвы (206—207).—*Структура почвы (207—208).*—Прилипаніе почвы къ постороннимъ предметамъ (208—209).—*Цвѣтъ почвы (209—210).*—Отношеніе почвы къ теплу (210—211).—Источники почвенной теплоты (211—212).—Тепловыя свойства почвы (212—216).—Поглощеніе почвою газовъ (216—218).—Гигроскопическая способность почвъ (216—218).

✓ **Водныя свойства почвъ** . . . . . 219—265

Значеніе водныхъ свойствъ во влажности почвъ (219—220).—*Общая поясненія къ волоснымъ или капиллярнымъ явленіямъ въ почвахъ (220—229).*—*Водоудерживающая способность почвъ (229—242).*—Понятіе о наибольшей, относительной и наименьшей влагоемкостяхъ (229—232).—Размѣшеніе воды въ почвахъ при естественныхъ условіяхъ ихъ залеганія (232—238).—Зависимость влагоемкости почвъ отъ различныхъ условій: механ. состава, плотности, температуры, растворимыхъ солей, соотрясенія (238—239).—Конкретные примѣры величины влагоемкости почвъ (239—242).—*Водопроницаемость почвы (242—252).*—Просачиваніе воды черезъ почву (242—247).—Скорость просачиванія воды чрезъ почвы (244—246).—Общие выводы (246).—Поступленіе воды въ почву и ея передвиженіе въ ней (247—252).—Вліяніе отдѣльныхъ факторовъ на скорость поступленія и передвиженія воды въ почвѣ (247—249).—Скорость поступленія воды въ почву (249—252).—*Водоподъемная способность почвы (252—260).*—Методы изслѣдованія (253).—Вліяніе отдѣльныхъ факторовъ на высоту и скорость поднятія воды въ почвахъ (253—257).—Опредѣленіе количества воды, поднимающейся въ почвахъ (257—258).—Высота и скорость поднятія воды въ почвахъ (258—260).—*Вліяніе свойствъ почвы на испареніе изъ нея воды (260—265).*—Методы опредѣленія испаренія воды изъ почвы (260).—Вліяніе отдѣльныхъ факторовъ на быстроту испаренія воды изъ почвы (261—263).—Вліяніе на скорость испаренія свойствъ и состоянія почвы (263—265).—Общие выводы (265).

✓ **Водный режимъ почвъ** . . . . . 266—276

Вліяніе мертваго покрова на влажность почвы (266).—Вліяніе живаго покрова на влажность почвы (266—273).—Главные причины, обусловливающія сухость почвы въ южной Россіи (274—275). Мѣры борьбы съ засухой (275—276).

## ВВЕДЕНИЕ.

*Предметъ и задачи ученія о почвѣ.*

Предметомъ-объектомъ нашего изученія является почва. Почву можно изучать, какъ съ чисто научной точки зрѣнія, такъ и съ прикладной. Въ первомъ случаѣ разсматриваютъ почву, какъ самостоятельное естественно-историческое тѣло, составляющее часть земной коры, и изучаютъ ее, не ставя себѣ какой-либо специальной цѣли, а стремясь возможно полно познать почву, какъ таковую; такое изученіе составляетъ предметъ чистой науки о почвѣ, которую называютъ педологіей или почвовѣдѣніемъ. Во второмъ случаѣ изучаютъ почву, преслѣдуя ту или другую практическую цѣль; такъ, напр., почва является мѣстомъ произрастанія и источникомъ питанія для сельскохозяйственныхъ растений, и ее изучаютъ въ интересахъ воздѣлыванія этихъ послѣднихъ; такое изученіе составляетъ предметъ сельскохозяйственнаго почвовѣдѣнія или агрологіи; или же почва изучается въ интересахъ лѣсного хозяйства, и мы имѣемъ дѣло съ лѣснымъ почвовѣдѣніемъ; или, наконецъ, можно изучать почву, какъ среду, въ которой развиваются различные болѣзнетворные микроорганизмы—почва изучается съ гигиенической цѣлью.

Въ нашемъ курсѣ почва будетъ изучаться, какъ съ чисто-научной точки зрѣнія, такъ и въ интересахъ сельскаго и лѣсного хозяйства. Ясно, что съ какою бы цѣлью мы ни изучали почву, изученіе ея въ своемъ основаніи будетъ сводиться къ одному и тому же, такъ какъ таковое должно всегда покоиться на данныхъ научнаго познанія почвы. Разница можетъ выразиться лишь въ неодинаково подробномъ изученіи отдѣльныхъ частей предмета и тѣхъ или другихъ вопросовъ; такъ какъ часто можетъ быть, что то, что особенно интересно съ одной точки зрѣнія, представляетъ слабый интересъ при изученіи почвы въ другихъ цѣляхъ. Во всякомъ случаѣ, очевидно, что изученіе почвы съ какою бы то ни было цѣлью всегда окажется болѣе обоснованнымъ и плодотворнымъ, если оно будетъ опираться на научное познаніе этого тѣла; каковое изученіе только и можетъ дать полное и всеобъемлющее выясненіе интересующаго насъ предмета. А поэтому, хотя при изученіи нами почвъ и будутъ имѣться въ виду интересы лѣсного дѣла и сельскохозяйственнаго промысла, въ основаніе нашего курса мы положимъ изученіе почвы, какъ естественно-

исторического тѣла, и только болѣе подробно остановимся на тѣхъ вопросахъ, которые по современному состоянію нашихъ познаній представляютъ особый интересъ въ практическомъ дѣлѣ сельскаго и лѣсного хозяйства.

Курсъ ученія о почвѣ обычно подраздѣляютъ на общее почвовѣдѣніе, въ которомъ разсматриваются общія свойства и особенности почвъ, и частное почвовѣдѣніе, въ которомъ описываются отдѣльные типы почвенныхъ образований.

#### *Интересъ изученія почвеннаго покрова.*

Верхній слой земной коры, представленный различнаго рода почвами, съ одной стороны, самъ по себѣ находится въ тѣснѣйшей связи съ физико-географическими особенностями соответствующихъ мѣстностей; съ другой стороны, почва существенно влияетъ на весь органическій міръ соответствующей ей области, какъ на растительный, такъ и на животный, не исключая и человѣка. Дѣйствительно, какъ мы увидимъ ниже, особенности почвеннаго покрова земного шара тѣснѣйшимъ образомъ связаны съ мѣстными климатическими условіями, съ характеромъ мѣстной растительности и съ представителями животнаго царства. Вся сумма этихъ факторовъ въ совокупности съ почвою создаетъ особыя жизненныя условія для человѣка, опредѣляетъ его черты и особенности и могуче влияетъ на родъ его занятій. Сказаннымъ можно ограничиться для поясненія того общаго крупнаго интереса, который связанъ съ изученіемъ почвы, помимо чисто научнаго, а также прикладнаго интереса—въ цѣляхъ разрѣшенія того или другого практическаго вопроса.

#### *Понятіе о почвѣ и ея происхожденіи.*

Приступая къ изученію почвы, намъ необходимо опредѣлить, по возможности, точно, что мы понимаемъ подъ этимъ словомъ. Хотя почвы и составляютъ часть земной коры и такимъ образомъ являются горными породами, изученіемъ которыхъ во всей ихъ совокупности занимается геологія, но многіе своеобразные признаки почвъ, особенности въ ихъ образованіи, присущія имъ нѣкоторыя характерныя свойства и ихъ особо тѣсное отношеніе къ растительному и животному мірамъ, все это послужило основаніемъ для того, чтобы выдѣлить почвенныя образования въ особую группу и создать для болѣе всесторонняго ихъ изученія особую дисциплину, которая теперь выработала цѣлый рядъ своеобразныхъ методовъ изслѣдованія и сдѣлала крупные шаги въ изученіи этихъ весьма интересныхъ, какъ въ научномъ, такъ и въ практическомъ отношеніи, образований, и, такимъ образомъ, заслужила, какъ и другія дисциплины, составляющія часть болѣе цѣлаго, полное право на самостоятельное существованіе подъ именемъ—„почвовѣдѣніе“.

Западно-европейскіе ученые обыкновенно опредѣляютъ почву „какъ верхній рыхлый слой земли“, при чемъ нѣкоторые къ этому добавляютъ: „въ которомъ развивается главная масса корней“. Такое опредѣленіе почвы, хотя и охватываетъ, съ одной стороны, всѣ тѣ отложенія земной коры, которыя могутъ служить культурной средой для сельскохозяйственныхъ и лѣсныхъ растений, но оно не обосновано на существѣ природы почвы, какъ особаго естественно-историческаго тѣла, не говоря о томъ, что это опредѣленіе страдаетъ большою неопредѣленностью. Основываясь на немъ, подъ почвой можно понимать верхній слой всякой рыхлой горной породы, выходящей на поверхность земной коры, причемъ остается неяснымъ: до какой глубины его принимать за почву, такъ какъ корни различныхъ растений углубляются весьма различно.

Русскіе почвовѣды въ настоящее время, нѣсколько варьируя формулировку опредѣленія, понимаютъ подъ почвой, согласно опредѣленію данному проф. В. В. Докучаевымъ—„только тѣ дневныя и близкіе къ нимъ горизонты горныхъ породъ (все равно какихъ), которые болѣе или менѣе естественно измѣнены вліяніемъ воды, воздуха и различнаго рода организмовъ—живыхъ и мертвыхъ,—что и сказывается извѣстнымъ образомъ на составѣ, структурѣ и цвѣтѣ такихъ продуктовъ выветриванія“. Этому опредѣленію почвы мы и будемъ придерживаться въ основѣ, какъ болѣе соответствующаго современному понятію о почвѣ и болѣе распространеннаго среди русскихъ почвовѣдовъ, хотя и оно не можетъ быть признано вполне правильнымъ съ чисто теоретической точки зрѣнія и несетъ въ себѣ извѣстную неопредѣленность.

Согласно приведенному опредѣленію почва отличается отъ рыхлой горной породы уже тѣмъ, что она является производною отъ послѣдней. Мы имѣемъ дѣло съ почвой только тогда, когда верхній слой горной породы подвергся измѣненіямъ подъ вліяніемъ атмосферныхъ дѣятелей, развивавшейся на немъ растительности и населявшихъ его животныхъ. Очевидно, что въ этомъ случаѣ мощность почвы (глубина почвеннаго слоя) должна опредѣляться глубиною, на которую произошло подобнаго рода измѣненіе горной породы, т. е. слоемъ проникновенія почвообразовательнаго процесса.

Воздѣйствіе растительности на горную породу проявляется съ внѣшней стороны накопленіемъ въ ней до извѣстной глубины перегнойныхъ органическихъ веществъ темнаго цвѣта, представляющихъ разложившіеся остатки растений; само собою ясно, что соответствующій слой горной породы относится къ почвѣ. Но, вопросъ о границѣ, гдѣ кончается почва и гдѣ начинается горная порода, значительно усложняется тѣмъ, что дѣятели (факторы) почвообразованія (вода, воздухъ, растенія, животныя и т. д.) распространяютъ свое вліяніе значительно глубже того слоя, въ которомъ мы наблюдаемъ ясное накопленіе темныхъ органическихъ веществъ. Затѣмъ, почвообразовательный процессъ, кромѣ накопленія перегнойныхъ веществъ,

выражается въ измѣненіи состава минеральной массы горной породы, которое распространяется въ ней на значительную глубину; причемъ изъ верхнихъ слоевъ горной породы происходитъ выносъ тѣхъ или другихъ соединеній, и процессъ выщелачиванія часто захватываетъ не только вышеуказанный слой накопленія органическихъ веществъ, но и болѣе глубокіе слои; наконецъ, ниже слоя выщелачиванія мы наблюдаемъ слой, въ которомъ происходитъ замѣтное скопленіе тѣхъ или другихъ веществъ, вымываемыхъ изъ вышележащихъ слоевъ. Ясно, что образование всѣхъ трехъ вышеуказанныхъ слоевъ: 1. слоя выщелачиванія, обогащеннаго перегноемъ, 2. слоя выщелачиванія безъ накопленія перегноя и 3. слоя накопленія, связано съ процессомъ почвообразованія, а поэтому вся совокупность ихъ и должна, составить почву „въ широкомъ смыслѣ“ слова, какъ это въ настоящее время и принимается. Иначе эти три слоя часто называютъ с-о-временною корою вывѣтриванія. Очевидно, что опредѣленіе нижней границы почвы представляетъ большія затрудненія, и таковая не можетъ быть точно установлена.

Въ виду вышеприведенныхъ оговорокъ и такъ какъ изслѣдованіе глубокихъ почвенныхъ слоевъ представляетъ большія затрудненія, а поэтому нерѣдко ограничиваются изученіемъ лишь верхнихъ перегнойныхъ слоевъ почвы, съ которыми наиболѣе часто приходится имѣть дѣло, то обычно почвою считаютъ только слой накопленія темныхъ перегнойныхъ веществъ; подъ каковымъ понимаютъ почву „въ тѣсномъ смыслѣ“.

Такимъ образомъ, почва понимаемая „въ широкомъ смыслѣ“, въ случаѣ развитія въ ней всѣхъ вышеуказанныхъ слоевъ состоитъ: *во-первыхъ*,—изъ верхняго слоя, въ которомъ почвообразовательный процессъ выразился въ вымываніи изъ него тѣхъ или другихъ веществъ и въ характерномъ для этого слоя накопленіи органическихъ веществъ—слой выщелачиванія и накопленія перегнойныхъ веществъ—элювіально-перегнойный горизонтъ; *во-вторыхъ*—изъ горизонта, въ которомъ накопленіе перегнойныхъ веществъ не играетъ существенной роли, но въ которомъ процессъ выщелачиванія достаточно рѣзко выразился; этотъ горизонтъ можно назвать горизонтомъ выщелачиванія или элювіальнымъ; и, наконецъ, *въ-третьихъ*, изъ горизонта, для котораго характерно накопленіе въ немъ тѣхъ или другихъ соединеній, выносимыхъ изъ вышележащихъ слоевъ, этотъ слой долженъ получить названіе слоя вымыванія или иллювіальнаго горизонта. Ниже этихъ трехъ горизонтовъ будетъ уже залегать горная порода, существенно неизмѣненная при почвообразовательномъ процессѣ. Если данная порода является тѣмъ первоначальнымъ основнымъ матеріаломъ, изъ котораго образовались выше лежащіе почвенные слои, то ее называютъ материнскою породю по отношенію къ данной почвѣ.

Для краткости цѣлесообразно выше намѣченные четыре слоя обозначать особыми буквами, а именно, перегнойный (гумусовый) го-

ризонть—буквою А, элювіальный горизонтъ—буквою В, иллювіальный горизонтъ—буквою С и ниже лежащую горную породу—буквою D. Для обозначенія болѣе мелкихъ слоевъ, на которые могутъ падаться намѣченные горизонты, можно употреблять при заглавныхъ буквахъ цифры (А<sup>1</sup>, А<sup>2</sup>, В<sup>1</sup>, В<sup>2</sup> и т. д.).

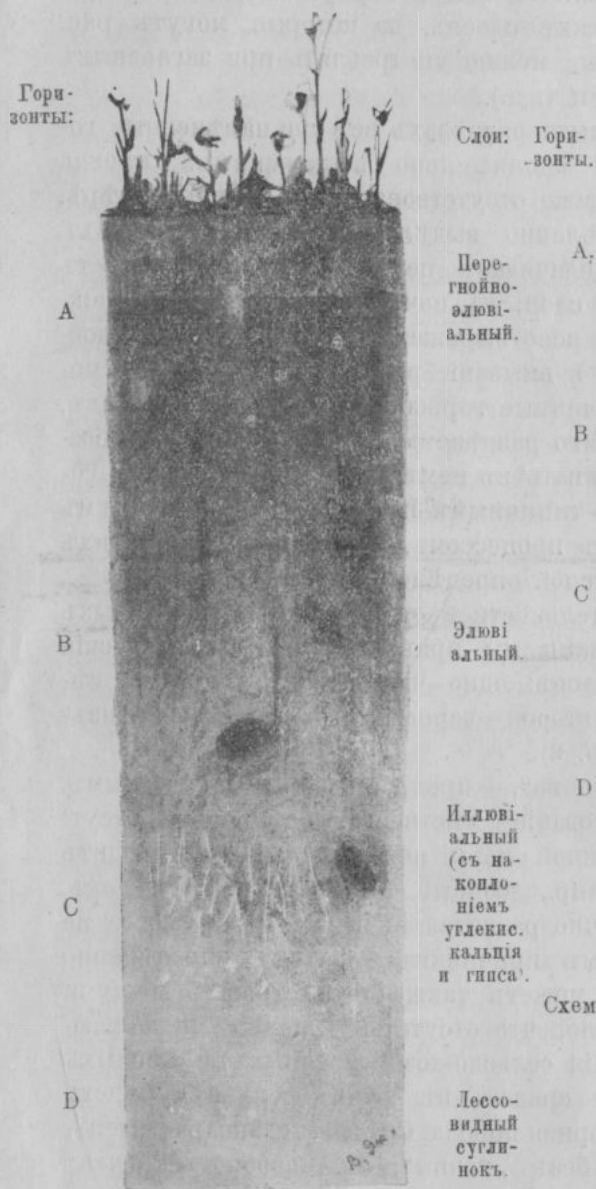
Замѣтимъ, что въ почвенныхъ разрѣзахъ всѣ три намѣченные горизонта не всегда оказываются вполне ясно выраженными; иногда отдѣльные горизонты могутъ даже отсутствовать; по крайней мѣрѣ, они не могутъ быть опредѣленно выдѣлены. Такъ, въ сухихъ мѣстностяхъ при слабомъ выщелачиваніи перегнойный слой можетъ захватывать весь элювіальный слой; въ почвахъ же обильно увлажняемыхъ можетъ отсутствовать ясно выраженный иллювіальный слой. Затѣмъ, какъ вымываніе, такъ и вымываніе различныхъ веществъ можетъ распространяться на различные горизонты. Во всякомъ случаѣ, при изученіи каждаго почвеннаго разрѣза мы должны, по мѣрѣ возможности, стремиться устанавливать въ немъ три „генетическихъ“ горизонта по наиболѣе для нихъ типичнымъ признакамъ, наложеннымъ на нихъ почвообразовательнымъ процессомъ, а при обозначеніи ихъ буквами связывать съ буквою слой опредѣленнаго происхожденія.

Для поясненія послѣдовательности въ расположеніи почвенныхъ слоевъ и обозначенія ихъ буквами мы приводимъ два схематическія изображенія почвенныхъ разрѣзовъ: одно—подзолистой почвы съ сѣвера Россіи, изъ-подъ лѣса, и второй—чернозема съ юга Россіи, изъ-подъ степи (см. рис. 1 и 2, стр. 6).

Опредѣленіе понятія „почва“, предложенное Докучаевымъ, очевидно, допускаетъ существованіе мѣстности, гдѣ почва отсутствуетъ, и на поверхность земной коры непосредственно выходитъ какая-либо горная порода, напр., дюнный или барханный песокъ, суглинокъ, лессъ и т. д. Типично развитая почва на нихъ могла не образоваться по тѣмъ или инымъ причинамъ; а затѣмъ, опредѣленно выраженный почвенный слой можетъ также отсутствовать, будучи смытъ потоками воды. Но ясно, что отсутствіе „почвы“ не исключаетъ возможности воздѣлыванія сельско-хозяйственныхъ и лѣсныхъ растений; только культурною средою въ этомъ случаѣ будетъ не „почва“, а та или другая горная порода. Слѣдовательно, растительность можетъ существовать и безъ „почвы“; но, наоборотъ „почва“ не можетъ образоваться безъ участія растений. Ибо, согласно принятому нами опредѣленію, только при участіи цѣлаго ряда дѣятелей, и въ томъ числѣ растений, развивающихся на горной породѣ, создается „почва“.

Необходимо указать, что опредѣленіе понятія о почвѣ, предложенное проф. Докучаевымъ, и имѣющее цѣлью обособить почвенныя образованія отъ горныхъ породъ, въ значительной степени условно и не позволяетъ провести рѣзкой границы между тѣми и другими. Въ дѣйствительности, конечно, таковой границы нѣтъ и не можетъ быть по существу; почва постепенно переходитъ въ

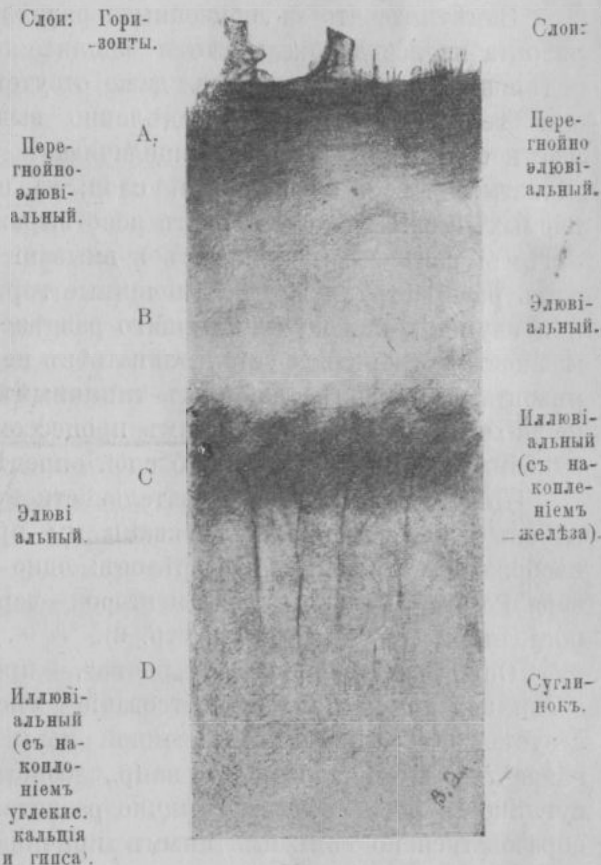
Рис. 1.



Схемат. разръзъ чернозема

горную породу,—и условия образования той и другой не могут быть резко различными. Такъ, напр., какой опредѣленный отвѣтъ можетъ быть данъ на вопросъ, насколько горная порода должна быть измѣнена подъ влияніемъ почвообразователей (воздуха, воды и организмовъ), чтобы быть отнесенною къ почвеннымъ образованиямъ? При изученіи въ природѣ почвъ эта граница устанавливается условно и въ значительной степени зависитъ отъ субъективности изслѣдователя. Также условно рѣшается вопросъ о нижней границѣ почвеннаго

Рис. 2.



Схематическій разръзъ подзолистой почвы

слоя, смѣняющагося горной породой. Во многихъ случаяхъ влияние почвообразователей на горную породу не ограничивается областью выше указанныхъ трехъ почвенныхъ горизонтовъ. Почвенный растворъ проникаетъ въ болѣе глубокіе слои и оказываетъ на нихъ известное воздѣйствіе; почему къ почвѣ въ широкомъ смыслѣ, естественно, слѣдуетъ относить всѣ слои горной породы, въ которые проникаетъ почвенная вода.

Къ высказаннымъ соображеніямъ необходимо добавить, что почва есть тѣло, которое находится въ постоянномъ развитіи; почвы, съ которыми мы имѣемъ въ настоящее время дѣло, представляютъ лишь извѣстныя стадіи своего развитія; почему мы можемъ говорить о жизни почвы, объ ея возрастѣ и эволюціи.

А поэтому, считая для почвъ особо характернымъ признакомъ совершающіеся въ нихъ почвообразовательные процессы и постоянную измѣняемость почвъ при участіи дѣятелей атмосферы, растений, и животныхъ, намъ представляется правильнымъ нѣсколько видоизмѣнить и расширить понятіе о почвѣ, установленное Докучаевымъ, и подъ почвою понимать всѣ поверхностные горизонты горныхъ породъ, въ которыхъ совершаются физико-химическіе и биологическіе процессы подъ влияніемъ дѣятелей атмосферы (ея силъ и матеріи: свѣта, тепла, влаги, кислорода, азота и т. д.) при участіи растений и животныхъ.

Вышеприведенное расширенное опредѣленіе понятія о почвѣ, очевидно, въ свою очередь не проводитъ вполне опредѣленной, рѣзкой границы между почвою и горной породой: всегда можетъ быть поставленъ вопросъ, имѣются ли на лицо въ горной породѣ вышеуказанные процессы, и до какихъ предѣловъ они распространяются въ глубь горной породы. Однако, предлагаемое опредѣленіе понятія о почвѣ, какъ основанное на качественномъ различіи, а не на количественной разницѣ, при которой приходится принимать во вниманіе совершенно неуловимую границу степени воздѣйствія факторовъ почвообразования, проводить, хотя бы и теоретическую, но логически болѣе правильную границу между почвою и горной породой.

Затѣмъ, приведенное опредѣленіе находится также въ полномъ логическомъ соотвѣтствіи съ понятіемъ о постоянной измѣняемости почвенныхъ образований. Съ момента, когда на горную породу начинаютъ дѣйствовать атмосферные дѣятели, растения и животные, собственно и зарождается почва, и мы имѣемъ въ соотвѣтствующихъ слояхъ горной породы уже дѣло съ почвенными процессами; а слѣдовательно, вполне естественно эти горизонты горной породы разсматривать какъ почву, въ которой почвенный процессъ лишь слабо выразился во внѣшнихъ особенностяхъ и свойствахъ даннаго образования. Далѣе, вполне ясно, что многія горныя породы, образовавшіяся сухопутнымъ путемъ, какъ, напр., лессы, образовались во всей своей толщѣ при участіи тѣхъ же факторовъ почвообразования, какъ и ихъ совре-

менные верхние горизонты, которые мы относимъ къ почвѣ; отнесеніе нижнихъ слоевъ такого рода образованій къ горнымъ породамъ основано только на прекращеніи въ настоящее время воздѣйствія на нихъ атмосферныхъ дѣятелей вмѣстѣ съ растительностью и животными. Въ связи съ тѣмъ данныя отложения прекратили свое существованіе, какъ почвы, и разсматриваются, какъ горныя породы. При сохраненіи въ нихъ ясныхъ слѣдовъ почвообразовательныхъ процессовъ ихъ называютъ „погребенными почвами“.

Такимъ образомъ, предлагаемое опредѣленіе понятія о почвѣ собственно отождествляетъ послѣднюю съ современною корою вывѣтриванія горныхъ породъ, опредѣляя ее, однако, не какъ результатъ дѣятельности вывѣтриванія, происходящаго въ современную геологическую эпоху, а какъ сферу современного совокупнаго дѣйствія на горную породу атмосферныхъ дѣятелей, животныхъ и растений. Въ дальнѣйшемъ изложеніи мы и будемъ придерживаться устанавливаемого нами понятія о почвѣ, какъ горной породѣ, живущей при извѣстныхъ условіяхъ; таковую [точку зрѣнія на почву особенно важно имѣть въ виду при разсмотрѣніи теоретическихъ вопросовъ о генезисѣ почвъ, объ ихъ жизни и о взаимоотношеніи различныхъ почвенныхъ образованій. Впрочемъ, мы считаемъ необходимымъ пользоваться вмѣстѣ съ тѣмъ и терминомъ почва „въ широкомъ смыслѣ“, какъ онъ понимается большинствомъ современныхъ почвовѣдовъ, т. е. какъ верхние почвенные слои, въ которыхъ въ извѣстной формѣ выразился почвенный процессъ, такъ какъ такое пользование значительно упрощаетъ изложеніе предмета. А затѣмъ, не приходится исключать терминъ почва „въ тѣсномъ смыслѣ“, относимый къ перегнойнымъ слоямъ. Конечно, всѣ эти термины будутъ употребляемы въ ихъ условномъ значеніи: каковое должно вытекать изъ общаго смысла рѣчи. Во всякомъ же случаѣ, какое бы опредѣленіе для понятія о почвѣ мы не приняли, почвы всегда явятся лишь особою группою горныхъ породъ; а поэтому, и онѣ въ этомъ смыслѣ входятъ въ терминъ „горныя породы“.

Понятіе о подпочвѣ вытекаетъ изъ опредѣленія понятія о почвѣ; если подъ почвою понимается перегнойный слой, то нижележащій слой явится подпочвою. При распространеніи понятія о почвѣ на три слоя вывѣтриванія подпочва совпадаетъ съ мало измѣненной горной породой.

Слои, лежащіе подъ перегнойнымъ слоемъ, часто называютъ „грунтомъ“.

*Типичные виды почвъ.*

Въ связи съ различнымъ сочетаніемъ въ природѣ естественно-историческихъ условій (факторовъ почвообразованія—горныхъ породъ, климата, рельефа, растительности и животнаго міра) почвенный покровъ земного шара весьма разнообразенъ.

Ближайшее изученіе всего разнообразія почвъ земного шара,

ихъ особенностей и свойствъ и, въ частности, почвеннаго покрова Россіи составитъ предметъ частнаго почвовѣдѣнія; однако, уже при ознакомленіи съ общими свойствами почвъ неизбѣжно приходится касаться отдѣльныхъ почвенныхъ представителей; въ виду чего представляется цѣлесообразнымъ, прежде чѣмъ перейти къ систематическому изученію вопросовъ общаго почвовѣдѣнія, ознакомиться, хотя бы въ самыхъ общихъ чертахъ, съ наиболее типичными почвенными представителями, съ условіями ихъ образованія и съ краткою характеристикой ихъ особенностей и свойствъ.

*Рис. 3.*



*Черноземъ на лёссовидномъ суглинкѣ, подстилаемомъ третичными известняками. Подольская г., Проскуровскій у.*

*Фот. А. Красюка.*

На основаніи условій происхожденія (генезиса) почвъ, а также совершающихся въ нихъ процессовъ, могутъ быть намѣчены нижеслѣдующіе наиболее типичные представители почвъ. Послѣдніе будутъ описаны въ порядкѣ отъ почвъ наиболее сухихъ странъ къ почвамъ влажныхъ областей; причемъ сначала—почвы генетически-самостоятельныя, „плакорнаго“ залеганія (№№ 1—6); затѣмъ,—почвы генетически-подчиненныя, залегающія въ пониженныхъ мѣстахъ, съ яснымъ участіемъ въ ихъ образованіи грунтовыхъ водъ (№№ 7, 8 и 9). Моховые торфяники (№ 10) стоятъ нѣсколько особнякомъ<sup>1)</sup>.

1. Карбонатныя (известковыя), гипсовыя и солончаковыя пустыни

<sup>1)</sup> Подробнѣе см. частное почвовѣдѣніе.

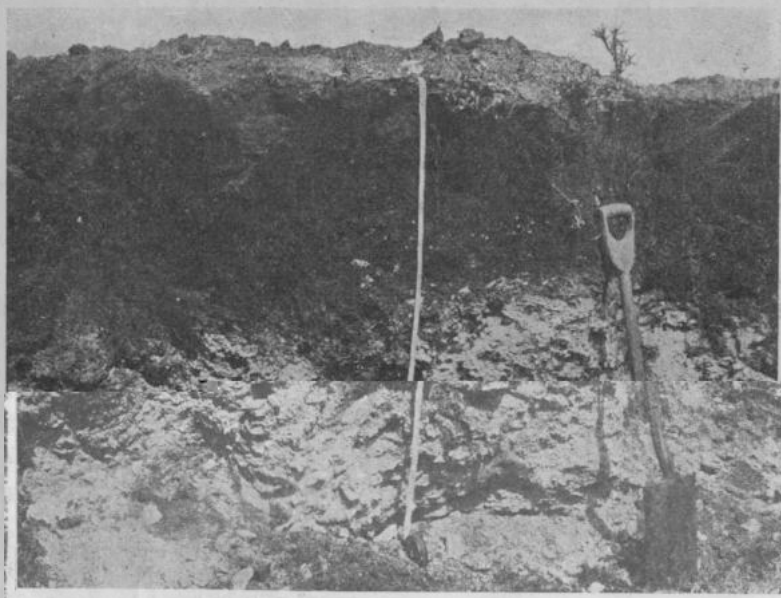
ныя корки—образованія пустынь, въ которыхъ растворы углекислаго кальція, сѣрнокислаго кальція и хлористаго и сѣрнокислаго натра, въ связи съ климатическими условіями, исключительно благоприятствующими испаренію, поднимаются къ поверхности и цементируютъ поверхностные слои въ своеобразныя корки. Въ Россіи въ типичномъ развитіи почти совершенно отсутствуютъ; въ слабомъ развитіи могутъ наблюдаться въ средне-азіатскихъ владѣніяхъ.

2. *Бурья и каштановыя почвы, сѣроземы и бѣлоземы* — почвы сухихъ, пустынныхъ степей, въ которыхъ, въ связи съ недостаткомъ влаги, развитіе растительности скудное. Накопленіе перегноя въ почвахъ выражается 1—3%; процессы выщелачиванія слабы: на большую или меньшую глубину выщелачивается главная масса легко растворимыхъ солей (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub> и т. д.); карбонаты же (CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub>) въ значительныхъ количествахъ еще сохраняются въ верхнихъ слояхъ; реакція почвы щелочная (присутствіе — Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>).

Бурья и каштановыя почвы приурочены къ континентальнымъ областямъ съ холодными зимами; распространены у насъ на юго-востокѣ Европейской Россіи и въ Степномъ Генераль-Губернаторствѣ.

Сѣроземы и бѣлоземы—почвы континентальныхъ странъ съ относительно мягкими зимами; ими въ значительной степени заняты равнины и предгорія въ Туркестанѣ и сухія степи Закавказья. Въ связи съ залеганіемъ вблизи пустынь, онѣ часто образуются на золотыхъ отложенияхъ (лессахъ); причемъ золотые процессы могутъ играть существенную роль и въ ихъ современной жизни.

Рис. 4.

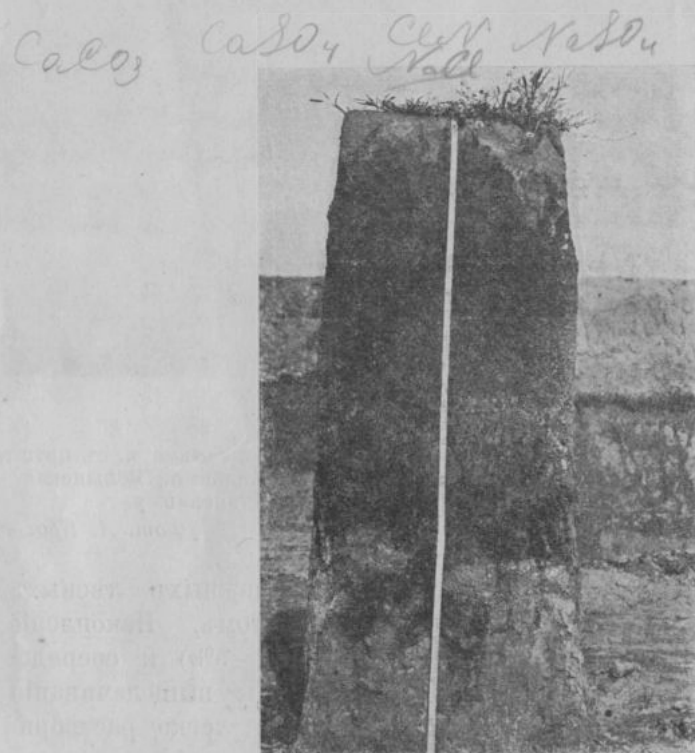


Черноземъ на третичныхъ известнякахъ. Волынская г., Изяславскій у.

Фот. А. Красюка.

3. *Черноземы* — почвы травяныхъ и кустарниково-травяныхъ степей съ богатою растительностью. Почвы съ большимъ накопленіемъ перегнойныхъ веществъ (5—16%) на значительную глубину (60—150 сант.). Процессы выщелачиванія выражаются въ выносъ легко растворимыхъ солей на большую глубину, а иногда и полностью. Верхніе слои въ большинствѣ случаевъ свободны отъ карбонатовъ, которые скопляются въ видѣ различныхъ отложений на нѣкоторой глубинѣ (обычно ниже перегнойнаго слоя). Реакція верхнихъ слоевъ приближается къ нейтральной. Въ образованіи черноземовъ выдающуюся роль играютъ

Рис. 5.

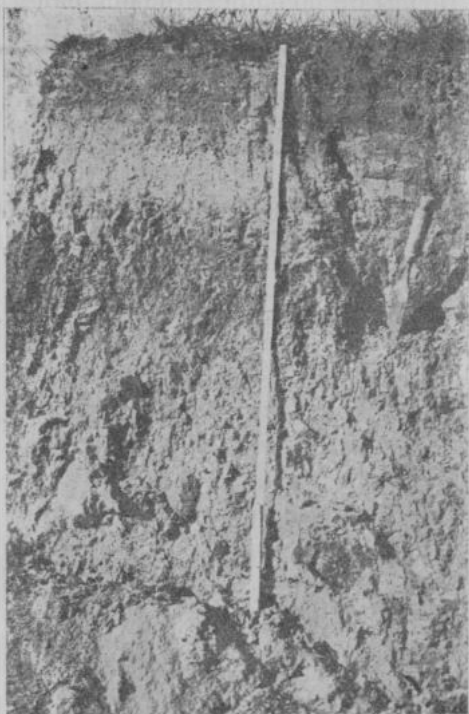


Деградированный черноземъ, на лёссовидномъ суглинкѣ. Подольская г., Прокур. у. Фот. А. Красюка.

животныя, особенно черви и различные рокошіе грызуны. Последніе оставляютъ въ почвѣ свои слѣды въ видѣ пустыхъ и заполненныхъ ходовъ, извѣстныхъ подъ именемъ „кратовинъ“. Черноземы отличаются высокою производительностью. Занимая югъ въ Европейской Россіи, они довольно широкой полосой тянутся по Западной Сибири и въ видѣ острововъ заходятъ за Байкаль.

Черноземы, при постепенномъ выщелачиваніи и занятіи ихъ лѣсами, бѣднѣютъ перегноемъ и переходятъ въ деградированныя черноземы; послѣдніе распространены, главнымъ образомъ, по сѣверной границѣ черноземной области.

Рис. 6.



Подзолистая суглинистая почва на мореном суглинкѣ. Петроград. г., Царскосель. у. им. Сяворицы.

Рис. 7



Подзолистая песчаная п. съ ортштейновыми прожилками. Вольнская г. Изъяслав. у.

Фот. А. Красюка.

4. Подзолистые почвы (подзолы) — почвы влажных лѣсных областей тайги съ умеренно-холоднымъ климатомъ. Накопление гумуса въ общей массѣ почвы не велико (2—5%) и сосредоточено въ верхнихъ слояхъ (10—30 сант.). Процессы выщелачиванія рѣзко проявлены: вынесены полностью не только легко растворимыя соли, но обычно и карбонаты; послѣдніе могутъ наблюдаться на нѣкоторой глубинѣ только въ особыхъ случаяхъ. Изъ верхнихъ слоевъ вынесено также железо и алюминій; каковыя, преимущественно, железо, въ видѣ гидратовъ окисей, скопляются на нѣкоторой глубинѣ, образуя, такъ называемыя, ортштейновыя отложения. Въ связи съ энергичнымъ вымываніемъ основаній изъ подзол. почвъ въ ихъ верхнихъ слояхъ относительно накапливается кремнеземъ. Подзол. почвы — сѣрыхъ цвѣтовъ. Реакція ихъ верхнихъ слоевъ обычно кислая. Онѣ широко распространены по всей сѣверной таежной области Европейской и Азиатской Россіи.

Въ переходной полосоѣ—между типичными черноземной и таежной областями—мы наблюдаемъ, такъ называемыя, сѣрыя лѣсныя почвы; послѣднія развились подъ листовенными—дубовыми, буковыми и смѣшанными—лѣсами и несутъ въ себѣ переходные признаки отъ черно-

земовъ къ подзолистымъ почвамъ; часто сѣрыя лѣсныя почвы оказываются образовавшимися на черноземахъ чрезъ ихъ выщелачиваніе и занятіе лѣсомъ; онѣ въ свою очередь могутъ переходить въ подзолистыя почвы.

Говоря о переходныхъ почвахъ отъ черноземовъ къ подзоламъ, надо упомянуть еще о „перегнойно-карбонатныхъ почвахъ“ или „рендзинахъ“, каковыя образуются на известнякахъ подъ лѣсами въ

Почва:

- 1) Карбонаты
- 2) Бурты
- 3) Верески
- 4) Подзолистые
- 5) Тундровыя
- 6) Латеритные
- 7) Солончаки
- 8) Солончи
- 9) Дубовы / и т. д.
- 10) Моховы / сфагнум

Рис. 8.

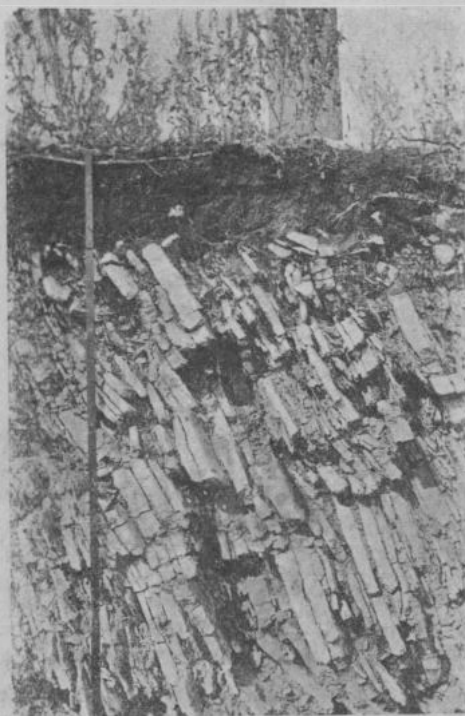


Сѣрая лѣсная земля на продуктахъ вывѣтриванія перм. красноцвѣтныхъ толщъ. Уфимская губ. и уѣздъ.

Фот. В. Касаткина.

области распространения подзолистыхъ почвъ. Эти почвы благодаря богатству ихъ карбонатами накапливаютъ въ себѣ въ значительныхъ количествахъ перегной (4—7%); онѣ имѣютъ реакцію приближающуюся къ нейтральной; энергичное проявленіе въ нихъ процессовъ выщелачиванія, послѣ лишенія верхнихъ слоевъ карбонатовъ, приближаетъ ихъ къ подзолистымъ почвамъ.

Рис. 9.



Переhumно-карбонатная п. (рендзина) на каменноугольн. известнякахъ. Уралъ. Екатеринбург. у., Перм. г.

Фот. В. Касаткина.

5. Тундровыя почвы—тѣсно связаны съ тундровою растительностью, съ заболачиваніемъ и съ вѣчною мерзлотою; эти почвы изучены весьма мало; онѣ тянутся по сѣверной окраинѣ Россіи по берегамъ Ледовитаго океана.

6. Латеритныя почвы—почвы тропическихъ и субтропическихъ странъ весьма влажнаго и теплаго климата; образуются, главнымъ образомъ, подъ лѣсами. Накопленіе перегноя небольшое (2—5%), по причинѣ быстрого сгоранія растительныхъ остатковъ въ связи съ влагою и тепломъ, и, по преимуществу, въ верхнихъ слояхъ. Процессы вывѣтриванія и выщелачиванія проявляются въ весьма интенсивныхъ размѣрахъ на большую глубину и въ своеобразной формѣ. Энергично выносятся большинство оснований (Na, K, Ca и Mg) и кремнеземъ, въ большихъ количествахъ накапливаются глиноземъ и окись желѣза; послѣдняя, скопляясь, окрашиваетъ почвы въ красные цвѣта. Латеритныя почвы встрѣчаются у насъ только въ Закавказьѣ близъ Батума и при томъ въ не типичномъ развитіи.

7. Солончаки—почвы, обычно, пониженныхъ мѣстъ съ притокомъ грунтовыхъ водъ, которая приносятъ къ нимъ легко растворимыя

соли; онѣ обогащены солями: NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub> и т. д.; послѣднія, при испареніи влаги и высыханіи верхнихъ слоевъ, скопляются на поверхности въ видѣ бѣлой корки, откуда названіе бѣлые солонцы. Для солончаковъ характерна особая растительность. Солончаки распространены, главнымъ образомъ, среди почвъ пустынь и сухихъ степяхъ, а также встрѣчаются и въ области черноземовъ.

8. Солонцы—почвы также пониженій и склоновъ. Обычно образуются изъ солончаковъ при выщелачиваніи ихъ верхняго слоя; послѣдній обѣдняется легко растворимыми солями сильныхъ кислотъ и карбонатами, и въ немъ появляется углекислый натръ; вмѣстѣ

Рис. 10.



Столбчатый солончогъ. Оренбург. г., Челябин. у.

Фот. В. Касаткина.

съ тѣмъ верхній слой обѣдняется мелкими илистыми частицами; онъ становится мало связнымъ и получаетъ пластинчатое строеніе; подъ этимъ слоемъ создается и залегаетъ уплотненный слой столбчатой структуры; за нимъ располагается слой скопленія карбонатовъ, а еще ниже—слой легко растворимыхъ солей. Въ верхнихъ слояхъ солонцовъ обычно содержатся растворимыя натровыя соли переhumныхъ кислотъ, которыя окрашиваютъ водную вытяжку въ черный цвѣтъ—откуда наименованіе черные солонцы. Область распространенія солонцовъ та же, что и солончаковъ.

9. *Луговые (травяные) торфяники*—образуются въ водахъ, относительно богатыхъ солями; послѣднія приносятся къ нимъ въ грунтовыхъ водахъ. Растительность представлена, по преимуществу, кислыми злаками и осоками. Торфъ этихъ болотъ богатъ золою.

Рис. 11



Луговой торфяникъ на прѣсноводномъ (ключевомъ) мергелѣ. Петроград. г., Царко-сел. у., им. Саворицы. Взятіе монолитнаго почв. образца.

Фот. А. Краска.

10. *Моховые (сфагновые) торфяники*—образуются въ болотахъ съ водою, бѣдною минеральными солями, источникомъ которой, по преимуществу, оказываются атмосферные осадки; главною растительностью являются сфагновые мхи и нѣкоторые ягодники. Торфъ моховыхъ болотъ бѣденъ золою.

Белорусского  
Института  
Библиотека  
Отд.  
Шифр  
Инд. № 53310

## Происхожденіе и составъ минеральной части ПОЧВЪ.

### Минералы, наиболѣе существенные въ составѣ горныхъ породъ и почвъ.

20041  
Въ обзорѣ минераловъ будутъ описаны лишь тѣ изъ нихъ, которые являются наиболѣе распространенными и играютъ болѣе или менѣе существенную роль въ составѣ горныхъ породъ и въ минеральной части почвъ. Причемъ, при характеристикѣ минераловъ будетъ обращено особое вниманіе на тѣ ихъ свойства, которыя наиболѣе существенны въ вопросахъ почвовѣдѣнія, а именно, на ихъ химическій составъ, на способность ихъ вывѣтриваться, на ихъ отношеніе къ различнаго рода химическимъ реагентамъ и на ихъ роль, какъ почвообразователей и какъ источниковъ питательныхъ веществъ для растений.

Большинство минераловъ, составляющихъ существенную часть земной коры, по химической конституціи относятся къ группѣ солей, которыя являются электролитами и въ водномъ растворѣ могутъ распадаться на іоны. Въ частности они представляютъ или соли въ тѣсномъ смыслѣ слова, или же окислы (водные и безводные); группировка первыхъ минераловъ-солей наиболѣе удобно можетъ быть обоснована на кислотной ихъ части; соотвѣтственно съ этимъ въ дальнѣйшемъ изложеніи мы познакомимся послѣдовательно съ минералами: кремневой, фосфорной, угольной и сѣрной кислотъ; а, затѣмъ, будутъ описаны минералы основныхъ окисей и сѣрнистыхъ соединений.

#### 1. Минералы двуокиси кремнія.

Кремній, послѣ кислорода, составляетъ главную часть земной коры (литосферы), составъ которой, по приблизительному вычисленію (Клерка), представляется таковымъ:

кислорода . . . . .	47,29	калія . . . . .	2,40
кремнія . . . . .	27,21	водорода . . . . .	0,21
алюмінія . . . . .	7,81	углерода . . . . .	0,22
жельза . . . . .	5,46	хлора . . . . .	0,01
кальція . . . . .	3,77	фосфора . . . . .	0,10
магнія . . . . .	2,68	марганца . . . . .	0,08
натра . . . . .	2,36	сѣры . . . . .	0,03

Какъ видно изъ приведенныхъ данныхъ, кремній составляетъ по вѣсу четвертую часть земной коры. Наибольше распространеннымъ соединеніемъ кремнія въ природѣ является двуокись кремнія— $\text{SiO}_2$ , иначе говоря, ангидритъ кремневой кислоты, обыкновенно же называемая просто кремневой кислотой. Минералы двуокиси кремнія, какъ таковой, такъ и ея гидратовъ, а также солей кремневыхъ кислотъ, которыя извѣстны подъ именемъ силикатовъ, составляютъ главную составную часть большинства горныхъ породъ и почвъ; другіе минералы въ большинствѣ случаевъ играютъ лишь второстепенную роль.

*А. Минералы свободной двуокиси кремнія и ея гидратовъ.*

Двуокись кремнія не даетъ съ водою истинныхъ растворовъ; она въ водѣ находится въ коллоидальномъ состояніи—въ псевдорастворѣ. При смѣшеніи концентрированнаго раствора щелочнаго силиката [растворимаго стекла— $\text{Si}(\text{ONa})_4$ ] съ какой-либо кислотой, напр., соляной, кремневая кислота выдѣляется въ видѣ хлопьевидныхъ студенистыхъ массъ. Въ случаѣ же разведенныхъ растворовъ и при избыткѣ кислоты, осадка при смѣшеніи не образуется, и растворъ, видимо, не измѣняется. Если полученную смѣсь перенести въ діализаторъ и подвергнуть діализу, то образовавшаяся поваренная соль и остатокъ кислоты диффундируютъ въ окружающую діализаторъ воду, двуокись же кремнія—подобно другимъ коллоидамъ, остается въ діализаторѣ; возобновляя воду въ теченіе многихъ лѣтъ, можно въ концѣ концовъ получить чистый псевдо-растворъ двуокиси кремнія <sup>1)</sup>. Такіе водные „псевдорастворы“ коллоидовъ называются гидрозолями. Въ каковомъ видѣ двуокись кремнія и передвигается въ почвѣ и въ горныхъ породахъ.

При прибавленіи электролитовъ (солей), а также при выпариваніи, псевдорастворъ двуокиси кремнія легко застываетъ въ студень, который называется гидрогелемъ. Послѣдній при высушиваніи обращается въ аморфную стекловидную массу, съ трудомъ и далеко не вполне растворяющуюся въ водѣ. Изъ псевдораствора двуокись кремнія можетъ постепенно выдѣляться въ видѣ опала, халцедона (кремня) и кварца.

1. Кварцъ представляетъ двуокись кремнія ( $\text{SiO}_2$ ) въ ясно кри-

<sup>1)</sup> Точка кипѣнія и точка замерзанія растворовъ коллоидовъ чрезвычайно мало отличается отъ соответствующихъ точекъ чистой воды.

сталлическомъ состояніи; въ него въ видѣ небольшой примѣси могутъ входить  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ , а также и органическія вещества, сообщающія кварцу ту или иную окраску. Кварцъ является однимъ изъ наиболѣе распространенныхъ въ природѣ минераловъ; онъ составляетъ существенную часть весьма многихъ горныхъ породъ (кислыхъ): гранитовъ, гнейсовъ, кварцевыхъ порфировъ, тоналитовъ и др., а также различныхъ рыхлыхъ горныхъ породъ; кварциты же, а также нерѣдко и нѣкоторые пески и песчаники, состоятъ почти нацѣло изъ однихъ только кварцевыхъ зеренъ.

Въ настоящее время кварцъ искусственно полученъ какъ при плавленіи, такъ и нагрѣваніемъ аморфной кремневой кислоты въ водѣ при высокомъ давленіи. Въ природѣ кварцъ образовался, главнымъ образомъ, изъ расплавленныхъ массъ, что доказывається находженіемъ его въ большихъ количествахъ въ изверженныхъ горныхъ породахъ. Но, не подлежитъ сомнѣнію образованіе кварца и изъ водныхъ растворовъ въ большихъ количествахъ; на возможность такого образованія указываетъ находженіе его въ бурыхъ угляхъ, окаменѣлыхъ деревьяхъ и въ полостяхъ раковинъ, а также—и образованіе дымчатого кварца, окрашеннаго органическимъ веществомъ. Всѣ воды, циркулирующія въ природѣ, содержатъ въ псевдорастворѣ двуокись кремнія; изъ нихъ кварцъ выдѣляется въ жилахъ и въ дейкахъ различныхъ кристаллическихъ породъ; во многихъ породахъ кварцъ образуетъ цементъ (кремнистые песчаники и кварциты); подъ вліяніемъ образующагося изъ водныхъ растворовъ кварца окремняются туфы. Наконецъ, кварцъ образуется изъ кремнеземистыхъ соединеній организмовъ (радіолярій, губокъ и діатомовыхъ водорослей), проходя сначала стадіи опала и халцедона.

Кварцъ является однимъ изъ наиболѣе стойкихъ минераловъ по отношенію къ вывѣтриванію, и при извѣстныхъ условіяхъ вывѣтриванія его можно считать практически не подвергающимся химическому вывѣтриванію. Это подтверждается тѣмъ, что мы встрѣчаемъ часто кварцъ въ большомъ преобладаніи въ породахъ, подвергавшихся продолжительному вывѣтриванію. Однако, и кварцъ поддается химическому вывѣтриванію, на что указываютъ фигуры вывѣтриванія на его поверхности и псевдоморфозы другихъ минераловъ по кварцу.

По отношенію къ химическимъ реактивамъ кварцъ весьма стоекъ; на него лишь крайне слабо дѣйствуютъ щелочи въ растворахъ; соляная же, азотная и сѣрная кислоты вовсе не дѣйствуютъ. Кварцъ разлагается, и то сравнительно медленно, лишь фтористоводородной кислотой; при этомъ образуется фтористый кремній, который затѣмъ улетучивается. При сплавленіи съ углекислыми щелочами кварцъ даетъ растворимое стекло  $\text{Si}(\text{ONa})_4$ . Этими двумя реагентами ( $\text{HF}$  и щелочами) и пользуются для полного разложенія горныхъ породъ.

Кварцъ, входя часто въ весьма большихъ количествахъ въ поч-

венную массу, составляет ее мертвую основу, оказывая лишь влияние на физическія свойства почвы.

Хорошо развитые крупные кристаллы кварца называются горным хрусталемъ.

2. Халцедонъ—ангидритъ кремневой кислоты ( $\text{SiO}_2$ ) въ скрытокристаллической формѣ; выдѣляется изъ водныхъ растворовъ, образуя конкреціи и натечныя массы. Въ порообразованіи играетъ второстепенную роль.

3. Кремень—представляетъ тонкую механическую смѣсь кварца съ халцедономъ (иногда съ опаломъ); является результатомъ медленнаго процесса перехода на земной поверхности халцедона, а также опала, въ кварцъ, причемъ зерна кварца растутъ на счетъ двухъ предыдущихъ минераловъ; процессъ продолжается тысячелѣтіями.

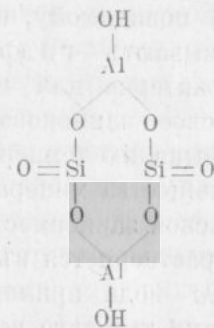
4. Опалы—гидраты двуокиси кремнія съ небольшимъ содержаніемъ конституціонной воды; они являются двухосновными кислотами, водородъ гидроксильныхъ (ОН) которыхъ можетъ замѣщаться основаніями съ образованіемъ кислыхъ солей. Кромѣ конституціонной воды, опалы содержатъ кристаллизационную воду, выдѣляющуюся при нагреваніи скачками (водородъ ее не замѣщается металлами) и, наконецъ, „цеолитную“ воду (см. ниже), которая непрочно связана съ опаломъ и можетъ замѣщаться др. веществами. Природные опалы могутъ встрѣчаться какъ съ ясно кристаллическимъ сложеніемъ, такъ и въ видѣ скрытно-кристаллическихъ тѣлъ; многія же ихъ разновидностей—„аморфны“. Опалы входятъ въ цѣпь постепеннаго перехода гидрозоля двуокиси кремнія въ халцедонъ и кварцъ чрезъ полужидкія коллоидальныя массы—гели (студни).

### В. Силикаты (соли кислоты двуокиси кремнія).

Силикаты можно рассматривать, какъ соли цѣлаго ряда кислотъ двуокиси кремнія, основнымъ членомъ которыхъ можно считать четырехосновную ортокремневую кислоту  $\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Si}(\text{OH})_4$ ; послѣдняя въ свободномъ состояніи малоустойчива; она известна въ видѣ ея солей.

Исходя изъ ортокремневой кислоты  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  и отнимая воду, мы можемъ получить метакремневую кислоту, отвѣчающую угольной кислотѣ:  $\text{Si}(\text{OH})_4 - \text{H}_2\text{O} = \text{SiO}(\text{OH})_2$  или  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ , или  $\text{O}=\text{Si} < \begin{matrix} \text{OH} \\ \text{OH} \end{matrix}$ . Беря нѣсколько частицъ орто- или метакремневыхъ кислотъ и отнимая воду, можно образовать цѣлый рядъ такъ называемыхъ поликремневыхъ кислотъ:  $\text{H}_6\text{Si}_2\text{O}_7$ ,  $\text{H}_4\text{Si}_2\text{O}_6$ ,  $\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ ,  $\text{H}_4\text{Si}_3\text{O}_8$ . Многіе изъ силикатовъ и рассматриваются въ настоящее время какъ соли этихъ кислотъ, которыя могутъ быть основными, средними и кислыми солями. Но, вопросъ о химической конституціи силикатовъ значительно усложняется въ виду того, что на основаніи хода распада силикатовъ

приходится признать, что алюминій и желѣзо (окисное), содержащіяся въ силикатахъ, находятся въ нихъ не въ видѣ оснований, замѣняющихъ водородъ кремневыхъ кислотъ, а въ особо тѣсной связи съ  $\text{SiO}_2$  и съ гидроксильными (ОН), т. е. какъ бы входятъ въ самое ядро кислоты. Послѣднюю изображаютъ нижеслѣдующей структурной формулой:



Такъ какъ эта кислота съ присоединеніемъ воды выражаетъ составъ минерала каолинита (стр. 26), то ее обозначаютъ терминомъ „каолиновое ядро“. Группы силикатовъ, которыя можно рассматривать, какъ соли приведенной кислоты, называютъ, въ зависимости отъ того, входятъ ли въ ихъ ядро алюминій или желѣзо, алюмосиликатами или ферри-силикатами.

Силикаты на основаніи ихъ химической конституціи и кристаллической формы соединяютъ въ группы, а послѣднія располагаютъ въ известномъ порядкѣ. При нашемъ описаніи силикатовъ мы познакомимся съ ними въ порядкѣ ихъ значенія въ образованіи горныхъ породъ, переходя отъ минераловъ, образующихъ основу первичныхъ изверженныхъ породъ, къ минераламъ, которыя являются результатомъ процессовъ вывѣтриванія, происходящихъ на поверхности земной коры. Среди силикатовъ различаютъ водные и безводные минералы.

Воду, съ которой мы встрѣчаемся въ минералахъ, можно подраздѣлить съ достаточною опредѣленностью на четыре типа: ✓

1. Конституціонную. ✓
2. Кристаллизационную. ✓
3. Цеолитную. ✓
4. Гигроскопическую. ✓

1. Конституціонная вода выдѣляется при наиболѣе высокой температурѣ—по выдѣленіи воды другихъ типовъ: обычно—при температурѣ выше температуры краснаго каленія (400—600°); при выдѣленіи ея вещество минерала распадается. Въ формулахъ эту воду обозначаютъ въ видѣ гидроксильныхъ группъ—(ОН), водородъ которыхъ можетъ замѣщаться металломъ. Примѣромъ минерала, содержащаго конституціонную воду, можетъ служить серпентинъ— $\text{Mg}_3\text{H}_4\text{Si}_2\text{O}_9 = \text{Mg}_3(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5$

2. Кристаллизационная вода выдѣляется при болѣе низкой температурѣ и безъ разрушенія самаго соединенія минерала, однако съ измѣненіемъ нѣкоторыхъ его физическихъ свойствъ. Отношеніе количества этой воды къ веществу минерала, какъ и для конституціонной воды

постоянно и характерно для отдѣльныхъ минераловъ. Кристаллизационная вода выдѣляется при опредѣленныхъ температурахъ и скачками; такъ, напр., въ гипсъ —  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  — одна частица воды выдѣляется при  $t = 107^\circ$ , вторая — при  $170^\circ$ .

Вполнѣ опредѣленнаго и рѣзкаго различія между двумя выше приведенными типами воды, повидимому, не существуетъ, и поэтому часто ту и другую воду называютъ — гидратной.

3. *Цеолитная вода* характерна для минераловъ цеолитовъ, отъ которыхъ она и получила свое наименованіе. Цеолитная вода выдѣляется пропорціонально повышенію температуры. Полагаютъ, что она входитъ внутрь молекулъ вещества минерала, и физическія свойства послѣдняго находятся въ тѣсной зависимости отъ содержанія въ немъ этой воды — вода какъ бы растворяется въ данномъ тѣлѣ.

4. *Гигроскопическая вода* — вода прилипанія, смачиванія, удерживается поверхностными силами твердаго вещества; выдѣляется постепенно и нацѣло, обыкновенно, при температурѣ около  $100^\circ$  безъ сколько-нибудь замѣтнаго измѣненія физическихъ свойствъ тѣла.

#### А. Алюмо-и ферри-силикаты.

1. **Группа полевыхъ шпатовъ (Фельдшпаты).** Минералы этой группы, по своему распространенію и ихъ роли въ составѣ земной коры, играютъ самую большую роль среди др. силикатовъ; по вѣсу они составляютъ около  $\frac{1}{2}$  земной коры. По химическому составу полевые шпаты являются силикатами щелочей или же щелочныхъ земель съ каолиновымъ ядромъ. Въ зависимости отъ основанія полевые шпаты подраздѣляютъ на калиевые, натровые, известковые и известково-натровые. Они получены искусственно, какъ воднымъ путемъ при высокой температурѣ, такъ и сплавленіемъ.

а) Ортоклазъ или калиевый полевой шпатъ (кристаллизуется въ одноклиномѣрной системѣ). Составъ его выражается формулой  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{SiO}_2$  или  $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$ ; т. е. ортоклазъ можетъ разсматриваться какъ соль кислоты состава  $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$ ; часть калия можетъ въ немъ замѣщаться натріемъ, отчасти кальціемъ.

Въ чистомъ видѣ кристаллы ортоклаза безцвѣтны; но часто вслѣдствіе примѣсей они окрашены въ мясокрасноватый, желтоватый и др. цвѣта. Кислоты ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) дѣйствуютъ на ортоклазъ весьма слабо. Ортоклазъ весьма распространенъ въ природѣ и входитъ во многія горныя породы, по преимуществу, въ кислыя: граниты, гнейсы, сіениты, кристаллическіе сланцы и др. Изъ наиболѣе обычныхъ продуктовъ его вывѣтриванія является минераль каолинитъ, образующій отложенія, извѣстныя подъ именемъ фарфоровой глины. Ортоклазъ служитъ однимъ изъ главныхъ первоисточниковъ почвеннаго калия.

в) Альбитъ или натровый полевой шпатъ. Составъ его аналогиченъ ортоклазу и можетъ быть изображенъ формулой  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{SiO}_2$  или  $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$ ; альбитъ кристаллизуется, какъ и всѣ нижеописываемые полевые шпаты, въ трехклиномѣрной системѣ. Цвѣтъ

альбита большею частью бѣлый; кислоты ( $\text{HCl}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) дѣйствуютъ на него нѣсколько слабѣе, чѣмъ на ортоклазъ.

с) Анортитъ или известковый полевой шпатъ. Составъ его —  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  или  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ; т. е. анортитъ можетъ разсматриваться какъ кальціева соль каолиноваго ядра (см. стр. 26); въ небольшомъ количествѣ известъ можетъ быть замѣщена магнезіей, калиемъ, натріемъ. Цвѣтъ — бѣлый, сѣрый, розовый. Соляная кислота разлагаетъ его сравнительно легко съ выдѣленіемъ студенистой кремневой кислоты. Распространенъ мало.

Вещество альбита и вещество анортита весьма часто образуютъ между собою изоморфныя смѣси въ весьма различныхъ отношеніяхъ и ведутъ къ образованію весьма разнообразныхъ полевыхъ шпатовъ, изъ коихъ наибольшимъ распространеніемъ пользуются олигоклазъ и лабрадоръ; въ первомъ изъ нихъ преобладаетъ альбитъ, во второмъ — анортитъ.

Всѣ послѣвые шпаты, кристаллизующіеся въ трехклиномѣрной системѣ — альбитъ, анортитъ, олигоклазъ, лабрадоръ и т. д., извѣстны подъ общимъ именемъ плагиоклазовъ; они содержатся, главнымъ образомъ, въ основныхъ породахъ.

2. **Группа фельдшпатитовъ** по составу въ общемъ сходна съ полевыми шпатами; ея представители часто замѣняютъ въ горныхъ породахъ минералы этой послѣдней группы (откуда и названіе); изъ фельдшпатитовъ наибольшимъ распространеніемъ пользуется лейцитъ.

а) Лейцитъ — алюмосиликатъ наиболѣе богатый калиемъ; составъ его можетъ быть выраженъ формулой —  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$  или  $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ ; т. е. какъ калиева соль кислоты  $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ . Лейцитъ содержитъ около  $21,5\%$   $\text{K}_2\text{O}$ . Кристаллы его сѣровато-бѣлые, безцвѣтные или бѣлые. Соляною кислотою лейцитъ разлагается съ выдѣленіемъ кремневой кислоты въ порошокъ; въ естественныхъ условіяхъ легко вывѣтривается, переходя въ цеолиты. Встрѣчается преимущественно въ основныхъ вулканическихъ породахъ.

3. **Группа слюдь.** Химическая природа слюдь мало выяснена; главной составной частью слюдь является алюмосиликатъ каолиноваго строенія. Среди слюдь по оптическимъ свойствамъ различаютъ 1. мусковитъ (калиеву слюду) и 2. біотитъ (магніеву слюду).

а) Мусковитъ или калиевая слюда; составъ ея приближается къ формулѣ  $(\text{KH})_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ , т. е. этотъ минераль можетъ разсматриваться, какъ кислая соль каолиноваго ядра; часть калия и водорода могутъ быть замѣщены Na, Mg, Fe. Водородъ выдѣляется въ видѣ воды, только при краснокалильномъ жарѣ. Пластинки мусковита обычно безцвѣтны и прозрачны; онѣ употребляются вмѣсто стекла. По отношенію къ кислотамъ мусковитъ весьма устойчивъ;  $\text{HCl}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  его не разлагаютъ; сравнительно трудно поддается вывѣтриванію. Мусковитъ является существенною частью многихъ лавтоническихъ породъ: гранитовъ, гнейсовъ и слюдяныхъ сланцевъ;

весьма часто встрѣчается въ обломочныхъ породахъ (отчасти какъ новообразованіе); въ вулканическихъ породахъ отсутствуетъ.

б) Біотитъ или магнезіальная слюда; составъ его сложенъ: біотитъ разсматриваютъ, какъ продуктъ присоединенія къ мусковитному ядру  $(\text{KH})_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  оливиноваго ядра  $(\text{MgFe})_2\text{SiO}_4$  (стр. 27); при чемъ часть алюминія можетъ замѣщаться окиснымъ желѣзомъ, а часть магнія—закиснымъ желѣзомъ. Біотитъ темныхъ цвѣтовъ (чернаго, матово-блестящаго). Соляная кислота разлагаетъ его слабо; сѣрная—вполнѣ. Вывѣтривается легко, образуя хлоритъ, серпентинъ и магнезитъ. Магнезіальная слюда пользуется еще большимъ распространеніемъ, чѣмъ калиевая; она составляетъ часто существенную часть гранитовъ, гнейсовъ, сіенитовъ и порфировъ, а также и новѣйшихъ вулканическихъ горныхъ породъ: андезитовъ, трахитовъ и т. д.

Къ группѣ слюдъ относятъ глауконитъ, который разсматриваютъ какъ гидрослюду съ преобладаніемъ феррисиликата, богатую цеолитной водой; основное ядро его выражаютъ формулой  $(\text{K,H})_2(\text{Fe,Al})_2\text{Si}_2\text{O}_8$ . Составъ глауконита весьма измѣнчивъ: содержаніе  $\text{K}_2\text{O}$  колеблется отъ 5—15% (но калий можетъ и вполнѣ отсутствовать). Концентрированная горячая  $\text{HCl}$  разлагаетъ нацѣло. Зерна его окрашены въ зеленый цвѣтъ. Глауконитъ часто входитъ въ значительныхъ количествахъ въ составъ песковъ, песчаниковъ, глинъ, мергелей, которые тогда получаютъ зеленоватую окраску и известны подъ названіемъ „зеленыхъ“ или „глауконитовыхъ“ породъ.

Въ Россіи пробовали примѣнять глауконитовые пески, какъ калийное удобрение; но пока положительныхъ результатовъ не получено, повидимому, по причинѣ малой доступности для растений калия, содержащагося въ глауконитѣ.

4. **Группа хлорита** состоитъ изъ минераловъ, имѣющихъ многія черты, сходныя со слюдами; такъ, они обладаютъ, какъ и слюды, весьма совершенною спайностью и раскалываются на пластинки, которыя у нихъ, однако, только гибки, но не упруги, какъ у слюдъ. Затѣмъ, хлориты отличаются отъ слюдъ бѣдностью щелочами. Химическая природа ихъ весьма сложна и мало выяснена. Они всѣ содержатъ конституціонную воду. Ихъ разсматриваютъ, какъ соли кислотъ, близкихъ къ каолиновому ядру (см. стр. 26), но многоосновныхъ; основаніями въ нихъ являются весьма разнообразныя металлы (Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Cr и т. д.). Цвѣтъ ихъ весьма разнообразенъ: бѣдые Ca—зеленые, богатые феррисиликатами—черные, богатые Ca—бѣлые. Встрѣчаются гл. обр. въ метаморфическихъ породахъ.

5. **Группа нефелина.** Принадлежащіе къ ней минералы являются алюмосиликатами и разсматриваются, какъ продукты присоединенія къ солямъ каолиноваго ядра  $(\text{H}_2\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_8)$ , и составъ нефелина изображаютъ формулой  $4\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{SiO}_2$ , причемъ часть Na можетъ быть замѣщена K и Ca; т. е. нефелинъ состоитъ изъ четырехъ каолиновыхъ ядеръ, въ коихъ водородъ замѣщенъ Na, K и Ca, съ при-

соединеніемъ одной частицы  $\text{SiO}_2$ . Кристаллы нефелина обычно безцвѣтны или желтоваты.  $\text{HCl}$  разлагаетъ его съ выдѣленіемъ студенистой кремневой кислоты.

Къ группѣ нефелина относится еще рядъ минераловъ, которые представляютъ также натровые соли каолиноваго ядра  $(\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$  съ присоединеніемъ частицъ несиликатныхъ солей, какъ-то:  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$  и т. д.; изъ такихъ минераловъ отмѣтимъ содалитъ, въ составъ котораго входитъ хлористый натръ.

Минералы группы нефелина образуются изъ магмъ (образованіе изъ водныхъ растворовъ не наблюдалось). Встрѣчаются въ сіенитахъ, базальтахъ, долеритахъ и т. д. При вывѣтриваніи даютъ цеолиты, каолиниты, хлориты, карбонаты и сульфаты.

6. **Группа эпидота** по химической природѣ аналогична предыдущей группѣ нефелина; эпидоту даютъ формулу  $2\text{Ca}(\text{Al,Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$ , т. е. этотъ минералъ представляетъ кальціевый алюмо-феррисиликать съ присоединеніемъ частицы гидрата окиси кальція. Цвѣтъ его—отъ желто-зеленаго до чернозеленаго. Въ отличіе отъ минераловъ гр. нефелина, эпидотъ никогда не выпадаетъ непосредственно изъ магмъ, а выдѣляется изъ водныхъ растворовъ и при процессахъ метаморфизаціи. На земной поверхности эпидоты весьма устойчивы; встрѣчаются, по преимуществу, въ пустотахъ вулканическихъ породъ.

7. **Группа гранатовъ.** Минералы этой группы также разсматриваются, какъ продукты присоединенія къ солямъ каолиноваго ядра, и ихъ составъ выражается формулой  $\text{MgAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ; причемъ магній можетъ изоморфно замѣщаться Ca,  $\text{Fe}''$ ,  $\text{Mn}''$  а алюминій— $\text{Fe}'''$ , Cr, Mn.

По окраскѣ гранаты весьма различны; часто окрашены въ красный цвѣтъ. Образуются, главнымъ образомъ, изъ магмъ въ видѣ отдѣльныхъ кристалловъ. Легко вывѣтриваясь, гранаты переходятъ въ цеолиты, каолиниты, эпидоты и т. д.  $\text{HCl}$  разлагаетъ слабо. Встрѣчаются въ кристаллическихъ сланцахъ, гранитахъ, порфирахъ и т. д.

8. **Группа цеолитовъ** включаетъ въ себя весьма своеобразныя минералы. Въ нихъ входитъ, какъ одна изъ составныхъ частей, постоянное ядро — алюмосиликатъ, представляющій или чистую соль, или изоморфную смѣсь (твердый растворъ) различныхъ алюмосиликатовъ. Содержаніе второй части, которою въ природѣ является, главнымъ образомъ, вода („цеолитная“), непостоянно и зависитъ отъ внѣшнихъ условій (отъ упругости паровъ въ окружающей средѣ). При осторожномъ нагреваніи цеолита изъ него можно удалить всю воду, которая выдѣляется постепенно; причемъ ядро цеолита не разрушается, измѣняются только физич. свойства. Обезвоженный цеолитъ, будучи въ атмосферѣ паровъ, можетъ вновь вбирать воду, газы воздуха (O и N) и другіе газы (Cl, Br,  $\text{NH}_3$ ); вода цеолита можетъ также замѣщаться спиртомъ, сѣроуглеродомъ и красящими веществами. На основаніи указанныхъ свойствъ цеолиты разсматриваются, какъ растворы жидкостей (воды) или газовъ въ твердомъ алюмосиликатѣ.

По химическому составу цеолиты представляютъ алюмосиликаты, основаніями которыхъ являются, главнымъ образомъ, Na, K,  $\text{NH}_4$ , Ca, Ba и Sr. Основанія цеолитовъ легко замѣщаются одни другими при дѣйствіи на цеолитъ растворомъ соли съ другимъ основа-

ніемъ. При дѣйствіи кислотъ (напр. HCl) цеолиты легко разлагаются съ выдѣленіемъ студнеобразной или порошкообразной кремневой кислоты.

Къ цеолитамъ относится значительное число минераловъ; для примѣра приведемъ нѣсколько изъ числа наиболѣе распространенныхъ и изученныхъ:

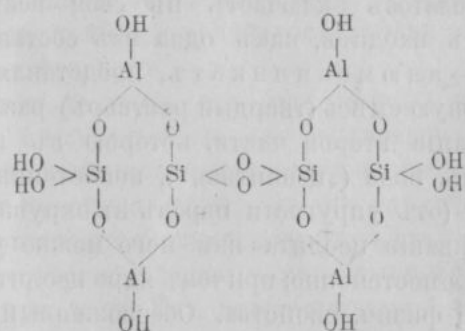
Томсонитъ . . . . .  $(\text{Na}_2, \text{Ca})\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 2\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$

Анальцитъ . . . . .  $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Натролитъ . . . . .  $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

Цеолиты, кромѣ того, что образуются въ послѣднія стадіи застываніе вулканическихъ породъ, выпадаютъ изъ водныхъ растворовъ и являются характерными минералами земной поверхности. Они являются продуктами разрушенія (вывѣтриванія и метаморфизаціи) полевыхъ шпатовъ, лейцита, слюдь и т. д., выдѣляясь на днѣ рѣчекъ и океановъ и выпадая въ почвахъ.

9. **Группа каолинитовъ** играетъ весьма большую роль въ образованіи рыхлыхъ поверхностныхъ породъ земного шара. Каолинитъ разсматривали, какъ гидратъ кремнекислаго глинозема, и составъ „нормальнаго“ каолинита изображали формулой  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Въ настоящее время его представляютъ себѣ какъ свободную алюмокремневую кислоту ( $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ —см. стр. 21) съ частицею воды ( $\text{H}_2\text{O}$ ), водородъ которой не способенъ замѣщаться металломъ, и которая выдѣляется нацѣло при  $t$  400°; при этомъ представленіи каолиниту даютъ формулу  $2\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; частица удвоена для полученія симметричной структурной формулы, которая имѣетъ слѣдующее изображеніе:



Отношеніе глинозема, кремневой кислоты и воды въ каолинитахъ различнаго происхожденія не всегда соотвѣтствуетъ приведенной формулѣ и можетъ значительно колебаться. Вода каолинитовъ при нагрѣваніи и прокаливаніи выдѣляется съ повышеніемъ температуры не постепенно, а опредѣленными частями.

Каолиниты не встрѣчаются въ видѣ хорошо развитыхъ кристалловъ; они большею частью отлагаются въ видѣ мельчайшихъ частицъ, которыя едва видимы подѣ микроскопомъ при значительномъ увеличеніи, и въ водѣ обнаруживаютъ „молекулярное“ дви-

женіе. Болѣе крупныя зерна (0,05—0,25 мм.), встрѣчающіеся въ нѣкоторыхъ сортахъ каолина (чистыя отложенія каолинита), представляются подѣ микроскопомъ въ видѣ палочекъ и небольшихъ пучковъ, а также прозрачныхъ и безцвѣтныхъ пластинокъ съ неправильными очертаніями, и обладаютъ яснымъ двойнымъ лучепреломленіемъ.

Соляная кислота непосредственно на каолинитъ не дѣйствуетъ, но послѣ слабого прокаливанія каолиниты постепенно разлагаются въ 1% горячей соляной кислотой. Сѣрная кислота при кипяченіи разлагаетъ ихъ вполне съ выдѣленіемъ кремнезема и съ образованіемъ въ растворѣ  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Бѣдкія щелочи разлагаютъ постепенно при повторномъ кипяченіи.

Каолиниты являются продуктомъ химическаго вывѣтриванія весьма многихъ минераловъ, богатыхъ глиноземомъ (ортотлаза, альбита и др.); сами же они почти не подвергаются дальнѣйшему вывѣтриванію.

Каолиниты, съ одной стороны, образуютъ самостоятельныя отложенія, извѣстныя подѣ именемъ каолина или фарфоровой глины; съ другой стороны, они составляютъ существенную часть многихъ рыхлыхъ горныхъ породъ (глинъ, суглинковъ и др.), а также и почвъ.

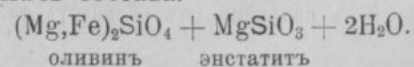
*В. Силикаты солей ортокремневой кислоты.*

10. **Группа оливина или перидота** представляетъ среднія соли ортокремневой кислоты ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ), гдѣ Н замѣщенъ, главнымъ образомъ, Mg и Fe.

Оливинъ является изоморфною смѣсью двухъ веществъ— $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  и  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ; причемъ въ небольшихъ количествахъ Mg и Fe могутъ быть замѣщены Ca, Al, Mn. Цвѣтъ кристалловъ оливина желтый, зеленовато-желтый съ янестекляннымъ блескомъ. Оливинъ кислотами легко разлагается, выдѣляя кремнеземъ въ видѣ студня, а также быстро вывѣтривается; особенно часто оливинъ, гидратируясь, превращается въ серпентинъ, съ выдѣленіемъ гидрата окиси желѣза.

Оливинъ въ огромныхъ количествахъ встрѣчается въ плутоническихъ и вулканическихъ породахъ, и нерѣдко образуетъ самостоятельныя породы.

11. **Группа серпентина (змѣвика)**. Составъ серпентина соотвѣтствуетъ эмпирической формулѣ  $\text{Mg}_3\text{H}_4\text{Si}_2\text{O}_9$  и его можно выразить, какъ изоморфную смѣсь состава:



т. е. серпентинъ представляетъ продуктъ присоединенія къ соли ортокремневой кислоты соли метакремневой.

Соляная и сѣрная кислоты разлагаютъ его нацѣло.

Цвѣтъ серпентина или змѣвика—зеленый, желтый, красный, часто пятнистый (откуда названіе). Серпентинъ образуется при вывѣтриваніи породъ, богатыхъ роговой обманкой и оливиномъ, и представляетъ часто

самостоятельныя горныя породы съ обширнымъ распространіемъ. При дальнѣйшемъ вывѣтриваніи при участіи  $\text{CO}_2$  серпентинъ переходитъ въ магнезитъ. Почвы, образующіяся на немъ, бѣдны питательными веществами.

С. Силикаты солей метакремневыхъ кислотъ.

12. **Группа авгитовъ (пироксеновъ) и роговыхъ обманокъ (амфиболъ)** представляетъ собой среднія соли метакремневой кислоты ( $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ), въ которой водородъ замѣщенъ кальціемъ и магніемъ; образуя изоморфныя смѣси съ алюмо- и ферри-силикатами, эти минералы содержатъ иногда алюминій, желѣзо, щелочи и другіе металлы.

Различіе авгитовъ и роговыхъ обманокъ основано на болѣе рѣзко выраженной у минераловъ второй группы спайности по двумъ направленіямъ и на преобладаніи у роговыхъ обманокъ плеохроизма. Минералы этой группы обычно темныхъ цвѣтовъ—темнозеленаго, почти чернаго цвѣта.

а) **Авгиты (или пироксены)** весьма различны по составу и по кристаллической формѣ; главными основаніями въ нихъ являются кальцій и магній, а также закись желѣза и отчасти щелочи; кромѣ того въ вещество, образующее изоморфную смѣсь, можетъ входить глиноземъ и окись желѣза. Кислотами авгиты разлагаются слабо.

б) **Роговыя обманки (или амфиболы)** также весьма разнообразны и по составу и по кристаллическимъ формамъ. При сходствѣ по составу съ авгитами въ нихъ обычно магній преобладаетъ надъ кальціемъ. Между роговыми обманками имѣются также представители, какъ содержащіе, такъ и не заключающіе въ своемъ составѣ глинозема и окиси желѣза. Нерѣдко въ ихъ составъ входятъ еще закись желѣза (какъ основаніе) и щелочи.

Вывѣтриваясь, авгиты и рог. обманки превращаются въ хлоритово-и серпентино-образные продукты, кальцитъ и т. д. Кислотами авгиты и роговыя обманки разлагаются весьма слабо. Они входятъ въ составъ многихъ сіенитовъ, діоритовъ, порфировъ, діабазовъ, андезитовъ и базальтовъ.

13. **Группа талька** (разновидность жироникъ) представляетъ собою кислую метакремневую соль магнія; составъ талька выражаютъ формулой  $\text{H}_2\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{12}$ , т. е. какъ производное отъ  $(\text{H}_2\text{SiO}_3)_4$ ; часть магнія въ немъ весьма обыкновенно замѣщена  $\text{FeO}$ . Талькъ или безцвѣтенъ или зеленоватаго цвѣта; на ощупь онъ жирень. Угольная и сѣрная кислоты его не разлагаютъ. Талькъ является довольно распространеннымъ минераломъ; вмѣстѣ съ кварцемъ онъ образуетъ тальковый сланецъ.

II. Минералы фосфорной кислоты.

а) **Апатиты** представляютъ собою изоморфную смѣсь двухъ солей  $\text{Ca}_4(\text{CaCl})(\text{PO}_4)_3$  и  $\text{Ca}_4(\text{CaF})(\text{PO}_4)_3$ ; многіе апатиты содержатъ немного  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  или  $\text{Mg}$  и  $\text{Mn}$ . Цвѣтъ апатитовъ весьма разнообразенъ—бѣлый, зеленый, сѣрый, голубоватый, красноватый; они растворяются

соляною и азотною кислотами. Апатиты въ видѣ микроскопическихъ кристалликовъ находятся въ большинствѣ изверженныхъ и слоистокристаллическихъ породахъ, гдѣ они наичаще оказываются включенными въ другіе минералы; на основаніи чего предполагаютъ, что апатитъ раньше другихъ минераловъ выдѣлился изъ расплавленной магмы. Апатиты изверженныхъ горныхъ породъ являются первоначальнымъ источникомъ всей почвенной фосфорной кислоты. Далѣе, они встрѣчаются, какъ вторичное образованіе, въ видѣ свободно образованныхъ кристалловъ въ кристаллическихъ сланцахъ, въ мѣсторожденіяхъ магнитнаго желѣзняка, а также часто въ видѣ значительной мощности самостоятельныхъ жилъ, изъ которыхъ они и добываются для приготовленія удобреній (суперфосфатовъ).

Апатитъ въ скрыто-кристаллическихъ, тонко-волокнистыхъ и землистыхъ разностяхъ участвуетъ въ образованіи стяженій, извѣстныхъ подъ названіемъ *фосфоритовъ* (капролитовъ, кругляковъ). Фосфориты представляютъ болѣе или менѣе чистыя стяженія апатита, какъ, напр., шарообразные фосфориты Подольской губерніи (въ силлурійской системѣ); или же вещество апатита, цементируя участки какой-либо глинистой или песчаной породы, образуетъ особые пласты, кругляки и желваки; таковы фосфориты Рязанской, Смоленской (въ мѣловой системѣ) и Костромской губ. (въ юрской системѣ). Источникомъ фосфорной кислоты для образованія фосфоритовъ служитъ апатиты горныхъ породъ, а также остатки животныхъ, которыя нерѣдко могутъ служить центрами для такого рода стяженій.

б) **Вивіанитъ** (голубая желѣзная земля) по составу представляетъ фосфорнокислую закись желѣза съ восемью частицами воды— $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Въ неизмѣненномъ состояніи вивіанитъ безцвѣтенъ, но, при малѣйшемъ соприкосновеніи съ кислородомъ, фосфорнокислая закись желѣза, начиная окисляться, зеленѣетъ, а затѣмъ синѣетъ; при дальнѣйшемъ окисленіи вивіанитъ принимаетъ коричневую окраску, переходя въ фосфорнокислую окись желѣза. Отложенія вивіанита наиболѣе часто встрѣчаются въ болотныхъ рудахъ и вообще въ луговыхъ торфяникахъ, гдѣ они окрашиваютъ торфъ въ голубой цвѣтъ.

III. Минералы угольной кислоты.

а) **Известковый шпатъ** или кальцитъ—минералъ состава  $\text{CaCO}_3$ , кристаллизирующійся въ гексагональной системѣ; обычно онъ безцвѣтенъ, но нерѣдко бываетъ бѣлаго, сѣраго и желтаго цвѣтовъ. Известковый шпатъ въ видѣ свободныхъ большихъ развитыхъ кристалловъ встрѣчается въ пустотахъ и трещинахъ известковыхъ породъ; главнымъ же образомъ кальцитъ образуетъ обширныя и мощныя отложенія въ видѣ самостоятельныхъ горныхъ породъ, а именно, въ видѣ мраморовъ, различныхъ известняковъ, известковыхъ туфовъ и т. д.

Въ чистой водѣ кальцитъ почти совершенно нерастворимъ (на одинъ литръ такой воды растворяется только 13 мгр.  $\text{CaCO}_3$ ); въ водѣ же, насыщенной  $\text{CO}_2$  (давление 0,984 атмосферы при  $t^\circ 16^\circ$ ), растворяется, 1,086 гр.  $\text{CaCO}_3$  и сверхъ того 1,778 гр.  $\text{CO}_2$ , т. е. повидимому, образуется кислая соль состава— $\text{CaH}_2(\text{CO}_3)_2$ . Отношеніе углекислаго кальция къ водѣ и углекислотѣ играетъ весьма важную роль въ природѣ, съ одной стороны, обуславливая сравнительно легкое раствореніе и вымываніе этого соединенія, съ другой стороны, допуская отложеніе этого минерала въ видѣ громадныхъ самостоятельныхъ горныхъ породъ. Кислотами известковый шпатъ легко разлагается съ выдѣленіемъ углекислоты (съ шипѣніемъ).

б) Драгонитъ имѣетъ тотъ же составъ, какъ и известковый шпатъ, только кристаллизуется въ ромбической системѣ. Распространеніе его въ значительной степени ограничено, и онъ не образуетъ сплошныхъ самостоятельныхъ массъ.

с) Магнезитъ или горькій шпатъ — углекислый магній ( $\text{MgCO}_3$ ) (кристаллизуется въ гексагональной системѣ). Кристаллы его безцвѣтны или желтаго, сѣраго до черныхъ цвѣтовъ. Кислоты на него дѣйствуютъ слабѣе, чѣмъ на известковый шпатъ, и лишь при нагрѣваніи.

д) Доломитовый шпатъ представляетъ пайную смѣсь  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$ ; но, нерѣдко пайное отношеніе нарушается вслѣдствіе изоморфныхъ примѣсей кальцита или магнезита (кристаллизуется въ гексагональной системѣ). Кристаллы доломита безцвѣтны или бѣлаго цвѣта, но нерѣдко окрашены въ желтоватые и красноватые цвѣта. Соляная кислота при обыкновенной температурѣ на него почти не дѣйствуетъ (отличіе отъ известковаго шпата). Доломитъ нерѣдко образуетъ самостоятельныя горныя породы значительной мощности.

е) Сидеритъ или желѣзный шпатъ —  $\text{FeCO}_3$  (кристаллизуется въ гексагональной системѣ); часто содержитъ примѣсь углекислой извести и магнезій. Цвѣтъ—желтоватый, сѣрый и желтовато-бурый. Кислотами легко разлагается. Сидеритъ часто залегаетъ среди горныхъ породъ пластами, штоками и жилами, образуя богатые мѣсторожденія желѣзныхъ рудъ. Часто сидеритъ, окисляясь, образуетъ залежи водной окиси желѣза (бураго желѣзняка и гетита), а также безводной окиси желѣза (краснаго желѣзняка).

#### IV. Минералы сѣрной кислоты.

а) Гипсъ представляетъ кристаллы воднаго сѣрнокислаго кальция  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; гипсъ чаще безцвѣтенъ, но бываетъ окрашенъ въ красноватые, сѣроватые и желтоватые цвѣта. Онъ выкристаллизовывается изъ водяныхъ растворовъ и выдѣляется или въ видѣ отдѣльныхъ кристалловъ, или образуетъ самостоятельныя отложенія въ видѣ горныхъ породъ. Одна часть гипса при  $0^\circ$  растворяется въ 525 ч. воды,

при комнатной температурѣ — въ 420 ч. Гипсъ имѣетъ широкое примененіе, кромѣ техническихъ надобностей, также и въ удобреніи почвъ.

б) Ангидритъ — безводный сѣрнокислый кальцій —  $\text{CaSO}_4$ . Свойства ангидрита сходны съ гипсомъ. Подъ влияніемъ воды ангидритъ переходитъ въ гипсъ, увеличивая объемъ на 60%.

#### V. Окислы.

Изъ минераловъ относящихся къ группѣ окисловъ, мы рассмотримъ только окиси желѣза и алюминія, встрѣчающіяся въ значительныхъ количествахъ въ природѣ и представляющія для насъ наибольшій интересъ (большинство окисловъ другихъ металловъ не могутъ сохраняться въ природѣ, легко переходя въ углесоли).

##### Окислы желѣза.

а) Гематитъ, представляя безводную окись желѣза— $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , даетъ двѣ разности: одну ясно-кристаллическую, называемую желѣзнымъ блескомъ, и другую—скрытокристаллическую, называемую краснымъ желѣзнякомъ. Первый—желѣзночернаго цвѣта, второй—бурокраснаго. Тотъ и другой образуютъ самостоятельныя обширныя залежи рудныхъ мѣсторожденій. Красный желѣзнякъ нерѣдко входитъ въ составъ рыхлыхъ горныхъ породъ, окрашивая ихъ въ яркій красный цвѣтъ.

б) Магнетитъ (или магнитный желѣзнякъ) имѣетъ составъ  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ; его прежде рассматривали какъ закись-окись желѣза ( $\text{FeOFe}_2\text{O}_3$ ), но правильнѣе видѣть въ немъ закисно-желѣзную соль желѣзной кислоты и изображать магнетитъ формулой  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ . Магнетитъ получилъ свое названіе вслѣдствіе магнитныхъ его свойствъ. Цвѣтъ его желѣзночерный; въ соляной кислотѣ порошокъ магнетита растворяется. Магнетитъ въ видѣ мелкихъ кристалловъ встрѣчается во многихъ изверженныхъ горныхъ породахъ; но, главнымъ образомъ, онъ образуетъ обширныя самостоятельныя отложенія, представляющія лучшую желѣзную руду (г. Благодать); затѣмъ, онъ встрѣчается въ рѣчныхъ и озерныхъ пескахъ.

с) Лимонитъ (или бурый желѣзнякъ) представляетъ гидратъ окиси желѣза и имѣетъ составъ  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (нѣкоторыя разности содержатъ больше воды). Лимонитъ встрѣчается только въ микро- и скрыто-кристаллическомъ состояніи; онъ образуетъ разнаго рода болѣе или менѣе самостоятельныя отложенія, отлагаясь или въ видѣ плотныхъ разностей (болотныя, луговныя, озерныя рудныя мѣсторожденія), или въ видѣ рыхлыхъ землистыхъ разностей, которыя называются—охрою. Кромѣ того, лимонитъ находится въ видѣ примѣси въ большинствѣ рыхлыхъ горныхъ породъ, окрашивая ихъ въ желтые и красные цвѣта, а иногда и цементируя ихъ; онъ содержится и въ почвахъ, но здѣсь цвѣтъ его обычно замаскированъ темными перегнойными веществами.

## Окислы алюминія.

Гидратъ окиси алюминія— $Al(OH)_3$  или  $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ —какъ таковой, или теряя часть воды, даетъ различные гидраты, которые встрѣчаются въ природѣ и играютъ существенную роль въ составѣ нѣкоторыхъ рыхлыхъ горныхъ породъ и почвъ.

а) Гидраргиллитъ (гиббситъ)—нормальный гидратъ окиси алюминія  $Al(OH)_3$  или  $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ .

в) Бокситъ ( $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ ) получается отнятіемъ одной частицы воды отъ нормального гидрата окиси алюминія; онъ образуетъ подобно каолиниту, значительныя массы, часто окрашенныя окисью желѣза въ красный цвѣтъ. Употребляется для добыванія алюминія и приготовления огнеупорныхъ тиглей и кирпичей.

## VI. Сѣрнистые минералы.

Изъ этой группы минераловъ мы опишемъ только двусѣрнистое желѣзо, имѣющее большое распространеніе въ природѣ.

Пиритъ (сѣрный или желѣзный колчеданъ) имѣетъ составъ  $FeS_2$ ; весьма распространенъ въ природѣ; нерѣдко встрѣчается въ прекрасно образованныхъ кристаллахъ, часто образуетъ гроздевидныя и почкообразныя стяженія. Цвѣтъ—латунножелтый или золотистый. Черта—буровато-черная. Пиритъ нерѣдко образуетъ самостоятельные пласты; затѣмъ, онъ встрѣчается въ видѣ кристалловъ во многихъ изверженныхъ горныхъ породахъ: кристаллическихъ и глинистыхъ сланцахъ, мергеляхъ, пескахъ и каменныхъ угляхъ (въ видѣ золотистыхъ блестокъ). Вывѣтриванію пиритъ подвергается весьма легко. Окисляясь во влажной средѣ, онъ образуетъ сѣрную кислоту, и желѣзный купоросъ.

## VII. Цеолитоподобныя продукты присоединенія.

Большинство выше описанныхъ минераловъ составляютъ основную массу изверженныхъ и отчасти осадочныхъ горныхъ породъ и опредѣляютъ ихъ сущность; но послѣдняго нельзя сказать относительно почвъ и отчасти нѣкоторыхъ рыхлыхъ горныхъ породъ, въ которыхъ таковыя минералы, хотя и находятся также въ преобладающемъ количествѣ, но они здѣсь являются, по преимуществу, инертною частью, служащею запасомъ минеральнаго матеріала, изъ котораго въ почвахъ подъ вліяніемъ почвообразовательныхъ процессовъ—при участіи атмосферныхъ дѣятелей, почвенныхъ растворовъ и живыхъ организмовъ, создались и создаются особые своеобразные продукты; въ этихъ то послѣднихъ и проявляются наиболѣе существенныя особенности и свойства почвъ (въ нихъ протекаетъ, какъ говорятъ, жизнь почвы). Однако, несмотря на такое значеніе этихъ продуктовъ въ почвахъ, эти вещества до настоящаго времени почти совершенно не изучены и существо-

ихъ не достаточно освѣщено. Мы представляемъ ихъ себѣ въ значительной степени лишь гипотетически, главнымъ образомъ, на основаніи свойствъ и особенностей почвъ, которыя, по преимуществу, и обуславливаются присутствіемъ этихъ веществъ въ почвахъ.

Интересующія насъ вещества, являясь, главнымъ образомъ, продуктами вывѣтриванія различныхъ силикатовъ, входятъ въ почву, по видимому, въ большой степени „распыленія“ и, приближаясь къ „коллоидальному“ раздробленію, опредѣляютъ „коллоидальность“ почвъ—ихъ способность набухать и поглощать различныя соединенія, въ томъ числѣ и основанія электролитовъ.

При вывѣтриваніи вышеописанныхъ типичныхъ минераловъ, которые являются, главнымъ образомъ, солями кремневыхъ, алюмо- и ферри-кремневыхъ кислотъ, интересующіе насъ продукты могутъ выдѣляться непосредственно, какъ таковыя; а затѣмъ результатомъ ихъ вывѣтриванія могутъ быть гидраты кремнезема, глинозема и окиси желѣза въ коллоидальномъ состояніи; эти гидраты могутъ скопляться и сохраняться въ почвѣ или какъ таковыя (отчасти уплотняясь и теряя коллоидальный характеръ), или же—вступать въ ту или другую связь между собою; форма соединенія можетъ проявиться въ видѣ „твердаго раствора“, или сказаться въ образованіи тѣсной физической смѣси. Опредѣленно сказать, въ чемъ въ дѣйствительности выражается предполагаемый процессъ, мы въ настоящее время не можемъ; возможно, что онъ проявляется въ различныхъ формахъ. Во всякомъ же случаѣ, въ результатѣ процессовъ вывѣтриванія, совершающихся въ почвахъ, въ послѣднихъ образуются соединенія, находящіяся въ коллоидальномъ или въ близкомъ къ такому состоянію и обладающія способностью поглощать воду и другія разнообразныя вещества, въ томъ числѣ и основанія электролитовъ (солей), каковыя они присоединяютъ къ себѣ и легко обмѣниваютъ одни на другія.

Такимъ образомъ, въ почвахъ мы имѣемъ дѣло съ минеральными веществами, сходными по своимъ поглотительнымъ свойствамъ съ цеолитами и отчасти способными съ водою находиться въ коллоидальномъ состояніи—давать золи и гели различной степени дисперсіи: отъ студней до аморфныхъ порошковъ. Въ виду всѣхъ отмѣченныхъ свойствъ описанныхъ минеральныхъ веществъ, мы будемъ ихъ называть, пока не выяснена ихъ природа болѣе опредѣленно, почвенными „цеолитоподобными продуктами присоединенія“.

Въ почвѣ, кромѣ минеральныхъ веществъ, всегда имѣются самыя разнообразныя органическія вещества, въ томъ числѣ и находящіяся въ коллоидальномъ состояніи; естественно допустить возможность вхожденія въ комплексъ „цеолитоподобныхъ продуктовъ присоединенія“ и органическаго компонента, т. е. допустить образованіе органо-минеральнаго соединенія со всѣми вышеупомянутыми свойствами<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Для болѣе подробнаго ознакомленія съ разсмотрѣнной группой веществъ можно рекомендовать ознакомиться со статьями *К. К. Гедройна* „Коллоидальная химія въ вопросахъ почвовѣдѣнія“. Журн. Опыт. Агрономія 1912 г. 363 стр. и 1914 г. 181 стр., а также „Сообщенія Бюро по земледѣлію и почвовѣдѣнію“. Вып. VIII и XV.

Въ нахожденіи, правильнѣе сказать, въ существенной роли описанныхъ веществъ въ почвахъ можно видѣть одинъ изъ наиболѣе характерныхъ признаковъ, выдѣляющихъ почвенныя образования изъ горныхъ породъ въ особую болѣе или менѣе самостоятельную группу.

Необходимо указать, что степень „коллоидальнаго“ характера „цеолито-подобныхъ продуктовъ присоединенія“ въ высокой степени зависитъ отъ ихъ насыщенія основаніями и отъ природы насыщающаго основанія. Лишенные основаній они легко образуютъ гели, сильно удерживающіе воду; при неполной насыщенности основаніями коллоидальность находится въ зависимости отъ степени насыщения и природы основанія; при полномъ насыщеніи „коллоидальность“ сохраняется только тогда, когда основаніемъ является натрій; при насыщеніи калиемъ и аммоніемъ „цеолитоподобные продукты присоединенія“ приближаются къ „аморфнымъ“ гелямъ; аморфное состояніе еще болѣе усиливается при насыщеніи ихъ щелочно-земельными металлами (Са и Mg), особенно же — полутороокисями (Fe и Al)

Для болѣе подробнаго ознакомленія съ минералами и для справокъ можно рекомендовать слѣд. руководства: Проф. В. И. Вернадскій. Минералогія (описательная). Вып. I и II и Опытъ описательной минералогіи. — Р. Браунсъ. Химич. минералогія. Пер. Ф. Ю. Левинсонъ-Лессинга. — Г. Лебедевъ. Учебникъ минералогіи. Часть описательная. 1907. — П. Земятчинскій. Учебникъ минералогіи. — Д-ръ Р. Браунсъ. — Царство минераловъ. Описаніе главныхъ минераловъ, ихъ мѣсторожденіе и значеніе для промышленности. Подъ редакціей А. А. Иностранцева. Т. in. 4<sup>o</sup>; 524 стр. съ 277 политипажами въ текстѣ и съ атласомъ, заключающимъ 74 большихъ таблицы въ краскахъ и 15 таблицъ въ фототипіяхъ. ПТГ. 1906 г. Цѣна 27 руб. 50 коп.

- I. Минералы окисловъ кр. и серы и металловъ
- II. Минералы сернокислоты
- III. Минералы уксуснокислоты
- IV. — — — — — сернистой кислоты
- V. Минералы окисловъ
- VI. Сернистые минералы
- VII. Цеолиты

### Горныя породы.

Подъ горною породою понимаютъ массу, представляющую собраніе однородныхъ или различныхъ минераловъ, занимающую относительно обширное пространство и составляющую существенную часть земной коры. Горныя породы группируются по ихъ происхожденію, составу и сложенію.

Въ нашемъ описаніи горныхъ породъ мы остановимся только на указаніи главныхъ ихъ подраздѣленій и опишемъ изъ нихъ лишь наиболѣе распространенныя, касаясь, главнымъ образомъ, ихъ химическаго состава и ихъ значенія, какъ матеріала, изъ котораго образуются почвы.

Горныя породы въ зависимости отъ способа образованія подраздѣляютъ на 3 группы: 1) на изверженныя породы или массивно-кристаллическія, образовавшіяся непосредственно изъ расплавленной магмы земного шара; 2) на метаморфическія или слонсто-кристаллическія, которыя, какъ полагаютъ, произошли подъ вліяніемъ различныхъ метаморфическихъ процессовъ (высокой температуры и сильнаго давленія), какъ изъ горныхъ породъ предъидущей группы, такъ и слѣдующей; 3) на кластическія (обломочныя) и осадочныя породы, образовавшіяся изъ продуктовъ вывѣтриванія различныхъ горныхъ породъ.

При нашемъ изученіи горныя породы будутъ насъ интересовать, во-первыхъ, какъ тотъ первоначальный матеріалъ, изъ котораго образовалась минеральная часть почвенной массы, въ этомъ случаѣ, по преимуществу, — изверженныя горныя породы; и, во-вторыхъ, какъ тотъ непосредственный субстратъ, изъ котораго образуются почвы, въ этомъ случаѣ, главнымъ образомъ, — кластическія и осадочныя горныя породы. Послѣднія породы, очевидно, представляютъ при изученіи почвъ наибольшій интересъ; но пока мы ограничимся при описаніи кластическихъ породъ лишь ихъ общей характеристикой, имѣя въ виду, что съ этою группою горныхъ породъ намъ придется ознакомиться болѣе подробно при частномъ описаніи отдѣльныхъ почвъ, для которыхъ онѣ наичаще являются материнскими породами

I. Изверженные горные породы.

Изверженные горные породы, образуясь из жидкой магмы чрезъ охлажденіе и кристаллизацію, представляютъ собою въ общемъ однородныя, плотныя массивно-кристаллическія массы, имѣющія удѣльный вѣсъ около 2,5 (породы тѣмъ легче, чѣмъ больше въ нихъ кварца); обычно ихъ называютъ первичными.

При классификаціи изверженныхъ горныхъ породъ, во-первыхъ, принимаютъ во вниманіе условія образованія породы изъ магмы. При медленномъ остываніи и кристаллизаціи магма имѣетъ время, при первоначальномъ затвердѣніи земной коры, а также можетъ происходить и въ послѣдующее время, но на значительной глубинѣ—магма распадается на ясныя отдѣльныя кристаллы, и изъ нея образуются горныя породы съ ясно зернисто-кристаллической структурой—съ *гранитовой* структурой. Породы этого происхожденія называютъ глубинными или интрузивными, а также—плутоническими. При выходѣ магмы на поверхность земной коры, во время вулканической дѣятельности, затвердѣваніе магмы совершается сравнительно быстро, вслѣдствіе чего магма при застываніи не успѣваетъ вполне выкристаллизоваться, и въ ней получаютъ участки не раскристаллизовавшейся магмы (стекловатой массы), въ которую вкраплены болѣе или менѣе крупныя кристаллы: образуются горныя породы, такъ называемой, трахитовой структуры. Породы такого образованія называютъ вулканическими или эффузивными (см. таб. стр. 37); по отношенію къ плутоническимъ породамъ онѣ въ общемъ являются болѣе молодыми.

Во-вторыхъ, при группировкѣ горныхъ породъ ихъ подраздѣляютъ по количеству содержащейся въ нихъ кремневой кислоты, въ частности — кварца; причемъ предполагаютъ существованіе двухъ типовъ магмы: кислой—богатой окисью кремнія, и основной—бѣдной этою окисью. Породы, содержащія вообще кремнезема болѣе 60% относятъ къ группѣ кислыхъ породъ, менѣе 51%—къ основнымъ; кромѣ того устанавливаютъ еще промежуточную группу—среднихъ породъ.

Въ-третьихъ, горныя породы, подраздѣляютъ по преобладающему въ нихъ полевому шпату на породы ортоклазовыя (К) и плагиоклазовыя (Na и Ca).

Болѣе дробныя подраздѣленія устанавливаются по присутствію въ породахъ второстепенныхъ минераловъ.

Въ ниже приводимой таблицѣ, на основаніи вышеприведенныхъ признаковъ, дается группировка тѣхъ наиболѣе важныхъ изверженныхъ горныхъ породъ, на описаніи которыхъ мы вкратцѣ остановимся; положеніе въ таблицѣ каждой изъ приведенныхъ горныхъ породъ позволяетъ судить о ея главнѣйшихъ особенностяхъ и свойствахъ; а поэтому, при дальнѣйшемъ частномъ описаніи изверженныхъ горныхъ породъ, мы ограничимся сообщеніемъ о нихъ лишь дополнительными краткими свѣдѣніи.

Группировка массивно-кристаллическихъ или изверженныхъ горныхъ породъ.

	А. Кислыя: SiO <sub>2</sub> > 60%.		В. Среднія: SiO <sub>2</sub> < 60% и основныя < 51%.	
	Кварца много.		Кварца мало, обыкновенно же онъ совершенно отсутствуетъ.	
	Ортокла- зовыя.	Плагиокла- зовыя.	Ортокла- зовыя.	Плагиокла- зовыя.
	Слюды, роговыя обманки, авгиты.		Роговыя обманки, авгиты, оливины, нефелины, и др.	
Глубинныя (интрузивныя), плутоническія, зернисто-кристаллическія горныя породы гранитовой структуры.	Граниты.	Тоналиты или кварцевыя діориты.	Сиениты.	Діориты (рогов. сбм.). Диабазы (авгиты).
Вулканическія или эффузивныя породы трахитовой структуры.	Кварцевыя порфиры.	Кварцевыя порфириты.	Трахиты.	Андезиты. Базальты.

А. Кислыя изверженные горныя породы.

1) Граниты представляютъ массивную породу зернистаго сложенія, въ составъ которой входятъ кварцъ и ортоклазъ, какъ основные минералы; кромѣ того, граниты содержатъ, какъ существенную часть слюды (біотитъ и мусковитъ), роговыя обманки и авгиты; но всѣ послѣдніе минералы не составляютъ необходимой ихъ составной части и могутъ замѣщать другъ друга. Въ зависимости отъ участія въ составѣ гранита тѣхъ или другихъ изъ послѣднихъ минераловъ, отличаютъ біотитовый, мусковитовый, роогообманковый и др. граниты. Въ граниты, какъ вообще въ большинство горныхъ породъ, входитъ и апатитъ, который, какъ указано, является первичнымъ источникомъ фосфорной кислоты, которую мы всегда находимъ въ большемъ или меньшемъ количествѣ въ почвахъ. Гранитъ—обычно краснаго (Финляндскій) или сѣраго (Сердобольскій) цвѣтовъ. Замѣтимъ, что граниты, а также и кластическія породы, для которыхъ они явились первоначальнымъ матеріаломъ, вообще богаты калиемъ. Граниты принадлежатъ къ наиболѣе распространеннымъ породамъ; въ Россіи они пользуются широкимъ распространеніемъ, преимущественно, въ Финляндіи, Олонецкой и Архангельской губерніяхъ; на югѣ они находятся въ Волынской, Кіевской, Херсонской, Екатеринославской и Полтавской губ.; на Уралѣ, особенно на южномъ, граниты также значительно развиты. Продукты разрушенія Финляндскихъ и Скандинавскихъ гранитовъ въ ледниковый періодъ послужили однимъ изъ главныхъ матеріаловъ для тѣхъ наносныхъ породъ (суглинковъ, глинъ, лёссовъ и т. д.),

на которыхъ, по преимуществу, образовались современныя почвы Европейской Россіи.

2) Кварцевые порфиры по составу сходны съ гранитами и отличаются отъ послѣднихъ структурой. Основная ихъ масса представляетъ мелко-зернистую смѣсь кварца и ортоклаза (фельзитовое \*) или полустекловатое вещество), изъ которой выдѣляются крупныя кристаллы мясокраснаго ортоклаза (порфировая структура). Древность образованія кварцевыхъ порфировъ совпадаетъ, преимущественно, съ Пермской эпохой. Въ Европейской Россіи кварцевые порфиры встрѣчаются только въ Волинской губ.; въ Азіатской Россіи—на восточномъ склонѣ Урала и на Алтаѣ.

3) Тоналиты или кварцевые діориты составляютъ группу кварцевоплагіоклазовыхъ породъ; кромѣ кварца и плагіоклазовъ они содержатъ *біотитъ, роговую обманку и авгитъ*. Распространены тоналиты сравнительно мало.

4) Кварцевые порфириты по составу сходны съ тоналитами; въ нихъ изъ основной массы порфировидно выдѣляются кристаллы *плагіоклаза и кварца*. Въ Россіи они встрѣчаются на Алтаѣ.

**В. Среднія и основныя изверженныя горныя породы.**

1) Сіениты представляютъ безкварцевую или бѣдную кварцемъ ортоклазовую породу, близкую по структурѣ къ граниту. Главными минералами являются *ортоклазъ и роговая обманка*; послѣдняя можетъ замѣщаться *біотитомъ и авгитомъ*. Сіениты у насъ встрѣчаются въ Выборгской и Волинской губ. и на Уралѣ.

2) Трахиты имѣютъ тотъ же составъ, какъ и сіениты, но отличаются структурой: въ нихъ изъ микрокристаллической основной массы выдѣляются кристаллы ортоклаза. У насъ трахиты пользуются распространеніемъ на Кавказѣ.

3) Діориты относятся къ плагіоклазовымъ породамъ, въ которыя кромѣ плагіоклазовъ, какъ существенная часть, входитъ *роговая обманка*; они обычно состоятъ изъ олигоклаза, лабрадора, анортита и роговой обманки, а также—апатита, эпидота и др.; нерѣдко въ нихъ входятъ также и слюды. Діориты, какъ и діабазы, имѣютъ зеленоватый оттѣнокъ и составляютъ группу зелено-каменныхъ породъ. Они у насъ встрѣчаются въ Олонецкой губ., въ Финляндіи, на Уралѣ и на Кавказѣ.

4) Діабазы сходны по составу съ діоритами, только въ нихъ преобладаетъ авгитъ надъ роговой обманкой; въ видѣ второстепенныхъ минераловъ въ нихъ входятъ оливинъ, біотитъ и апатитъ. Встрѣ-

\* Подъ фельзитовымъ веществомъ понимаютъ не однородное стекловатое вещество, а массу зернистую, чешуйчатую или волокнистую, но безъ опредѣленнаго вліянія на поляризованный свѣтъ.

чаются у насъ діабазы въ Олонецкой (по берегамъ Онежскаго озера и въ западныхъ частяхъ) и Полтавской губ., въ Финляндіи и на Уралѣ.

5) Андезиты представляютъ обширную группу новѣйшихъ вулканическихъ породъ, состоящихъ, главнымъ образомъ, изъ *известково-натровыхъ плагіоклазовъ, авгитовъ, роговыхъ обманокъ и біотита* и содержащихъ въ большемъ или меньшемъ количествѣ вулканическое стекло. Андезиты пользуются широкимъ распространеніемъ на Кавказѣ (Казбекъ, Армянское плоскогоріе, Чаква), встрѣчаются также въ Крыму (Аю-Дагъ, Кастель).

6) Базальты—также новѣйшая изверженная порода. Главными минералами въ нихъ являются *плагіоклазы, авгиты и оливинъ*; плагіоклазъ можетъ быть замѣщенъ лейцитомъ и нефелиномъ; затѣмъ, въ базальты входятъ слюды, роговыя обманки, магнитный желѣзнякъ, апатитъ и др.; всѣ эти минералы оказываются погруженными въ стекловидную массу. Порфировидно выдѣляются обыкновенно плагіоклазы, авгиты и оливинъ, послѣдній—въ видѣ свѣтло-желтоватыхъ пятенъ. Базальты вообще темныхъ цвѣтовъ. Особенно характернымъ для нихъ является распаденіе породы на правильныя столбчатыя отдѣльности (3—6 стороннія), которыя обыкновенно расположены вертикально къ поверхности охлажденія. Изверженіе базальтовъ, полагаютъ, происходило въ третичный періодъ, и они находятся въ близкой связи съ современной лавой нынѣ дѣйствующихъ вулкановъ. Базальты пользуются значительнымъ распространеніемъ въ сѣверной и средней Азіи, а также извѣстны на Кавказѣ, въ Волинской и Полтавской губерніяхъ.

Помѣщаемая ниже таблица I даетъ представленіе о примѣрномъ валовомъ химическомъ составѣ изверженныхъ и слоисто-кристаллическихъ горныхъ породъ. Изъ нея можно усмотрѣть для отдѣльныхъ породъ связь между ихъ минералогическимъ и химическимъ составомъ.

Табл. I.

Примѣрный валовой химическій составъ изверженныхъ горныхъ породъ.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
Граниты . . . . .	72,0	16,0	1,5	—	1,5	0,5	6,5	2,5	—
Порфиры кварц.	74,0	13,5	2,5	—	2,0	—	8,0	—	—
Тоналиты . . . . .	66,9	15,2	6,45	—	3,75	2,4	0,9	3,3	0,2
Сіениты . . . . .	60,0	17,0	8,0	—	5,3	2,5	3,5	2,6	1,0
Трахиты . . . . .	63,0	17,5	6,0	—	2,2	0,8	4,5	—	0,75
Діориты . . . . .	51,0	18,5	—	11,0	7,5	6,0	2,5	3,0	—
Діабазы . . . . .	47,5	16,3	—	12,5	11,0	6,5	0,9	3,1	1,8
Андезиты авгит.	48,2	20,8	7,7	—	11,8	7,0	1,2	2,5	0,4
Базальты . . . . .	43,0	14,0	15,3	—	12,1	9,1	1,3	3,8	1,3
Гнейсъ (Сибирь)	72,3	15,0	—	1,2	1,0	0,6	4,2	4,4	0,4
Сланецъ (слюдяной)	61,2	16,5	4,1	7,0	3,8	3,7	1,2	1,8	0,4

Какъ было указано, минераль апатитъ является первоисточникомъ фосфора на земномъ шарѣ и содержится почти во всѣхъ изверженныхъ горныхъ породахъ; но содержаніе его въ нихъ значительно колеблется; что видно изъ нижеприводимыхъ данныхъ.

Гранитъ изъ	Геллсдорфа близъ Певига . . . . .	0,68—0,42% $P_2O_5$
"	" Лаузица, Германія . . . . .	0,45%
"	" Авраншъ, Франція . . . . .	0,247%
"	" Трезіу, Франція . . . . .	0,048 "
Сіенитъ	" Америка . . . . .	0,04—0,06 "
Диоритъ	" Шваривальда, Германія . . . . .	0,94—1,24 "
Диабазъ	" Гравенекъ (Нассау) . . . . .	1,33%
"	" Оберфранкена . . . . .	0,33 "
Трахитъ	" Вестервальда . . . . .	0,30 "
Базальтъ	" Айзенаха . . . . .	0,74 "
Андезитъ	" Чаква, Кавказъ . . . . .	0,36 "

## II. Слоисто-кристаллическія горныя породы.

Къ этой группѣ относятъ массивно-кристаллическія горныя породы, въ которыхъ входящіе въ нихъ минералы, часто пластинчатые, располагаются во взаимно-параллельномъ положеніи, сообщая породѣ слоистый характеръ. Относительно происхожденія слоисто-кристаллическихъ породъ существуетъ цѣлый рядъ гипотезъ; наиболѣе часто ихъ разсматриваютъ или какъ изверженныя породы, но измѣненныя и пріобрѣвшія слоистость впоследствии подѣ влияніемъ давленія и другихъ динамическихъ явленій, или же—какъ осадочныя породы, измѣненныя въ теченіе тысячелѣтій дѣйствіемъ земной теплоты, давленіемъ и циркулировавшей въ нихъ минеральной водой. Изъ слоисто-кристаллическихъ породъ мы опишемъ только двѣ наиболѣе распространенныя породы: *гнейсы* и *сланцы*.

1) Гнейсы по составу сходны съ гранитомъ; въ нихъ входятъ, какъ основные минералы, *кварцъ* и *ортоклазъ*; кромѣ того, гнейсы содержатъ въ болѣе или менѣе значительныхъ количествахъ слюды, роговыя обманки, авгиты, хлориты и др. минералы, которые даютъ начало цѣлому ряду разновидностей гнейса, получающихъ свое названіе отъ этихъ второстепенныхъ минераловъ (мусковитовый, біотитовый, авгитовый и т. д.). Гнейсы весьма распространены; въ Россіи они покрываютъ значительную часть Финляндіи, Олонецкой и Архангельской губ.: встрѣчаются въ Херсонской, Екатеринославской, Киевской и Волынской губ., а также—на Уралѣ и въ Восточной Сибири.

2) Слюдяные сланцы тѣсно связаны съ гнейсами и по мѣту залеганія, и по составу; гнейсы, утрачивая полевоы шпаты, превращаются въ слюдяные сланцы, содержащіе въ себѣ *кварцъ* и *слюды* (біотитъ и мусковитъ); относительныя количества кварца и слюды колеблются въ широкихъ предѣлахъ; въ видѣ примѣсей входятъ, гранаты, полевыы шпаты, роговыя обманки, авгиты, хлориты, апатиты,

магнетитъ, графитъ и др. Распространеніе ихъ, какъ указано, связано съ гнейсами.

Данныя валоваго химическаго состава гнейса и слюдянаго сланца приведены въ предъидущей таблицѣ.

## III. Кластическія и осадочныя горныя породы.

Начальнымъ матеріаломъ для кластическихъ и осадочныхъ горныхъ породъ являются продукты разрушенія (вывѣтриванія) первичныхъ кристаллическихъ горныхъ породъ; почему кластическія и осадочныя горныя породы могутъ быть названы *вторичными*. Онѣ представляютъ отложенія продуктовъ вывѣтриванія, или оставшихся на мѣстѣ, или же механически осѣвшихъ изъ воды и атмосферы, а также выдѣлившихся изъ растворовъ. Къ этой же группѣ относятъ и горныя породы, образовавшіяся при участіи животныхъ и растений. Соответственно съ происхожденіемъ породъ этой группы, ихъ подраздѣляютъ на зернисто-кристаллическія, представляющія осадки изъ водныхъ растворовъ, на обломочныя или кластическія, образовавшіяся изъ твердыхъ продуктовъ механическаго и химическаго вывѣтриванія горныхъ породъ, и на органогенныя, происшедшія при участіи животныхъ и растений. Необходимо, однако, замѣтить, что приведенная группировка въ значительной степени условна, и что нерѣдко мы имѣемъ породы смѣшаннаго происхожденія.

### А. Зернисто-кристаллическія породы.

Къ зернисто-кристаллическимъ породамъ относятся такія осадочныя горныя породы, составныя части которыхъ, главнымъ образомъ, выдѣлились изъ водныхъ растворовъ, и которыя имѣютъ кристаллическое сложеніе; а именно, известняки, доломиты, гипсы и ангидриты:

1) Известняки представляютъ разнообразныя по структурѣ, внѣшнему виду и примѣсямъ мощныя отложенія углекислаго кальція, главнымъ образомъ, въ видѣ кристалловъ известковаго шпата и отчасти арагонита, а также—въ видѣ аморфнаго вещества. Примѣсями обычно являются углекислыя соли магнія и желѣза, кремнеземъ, водная и безводная окиси желѣза, обломки различныхъ минераловъ и горныхъ породъ, а также—и органическія вещества. Распространеніе известняковъ чрезвычайно велико. Веѣ известняки можно раздѣлить на три типа:

а) Совершенно *кристаллическіе* или *мраморы* представляютъ плотную однородную породу, состоящую изъ кристалликовъ известковаго шпата различной крупности зерна.

б) *Плотные* или *обыкновенные известняки* имѣютъ также плотное сложеніе, но состоятъ не только изъ ясныхъ кристаллическихъ зеренъ углекислаго кальція, а также и изъ значительнаго количества обломковъ раковинъ, коралловъ и другихъ остатковъ животныхъ,

растений, и, наконец; различныхъ землистыхъ частицъ; такъ, что эти известняки въ известной степени являются и обломочными породами. Въ виду различныхъ примѣсей они бываютъ весьма неодинаковы по составу, виду и окраскѣ; различаютъ кремнистые, глинистые, глауконитовые, углистые и др. известняки.

Къ этой группѣ надо отнести *прѣсноводные известняки*, которые образуются при выходѣ ключей, богатыхъ углекислымъ кальціемъ. Часто въ этомъ случаѣ углекислый кальцій выдѣляется въ видѣ пористой массы, образуя *известковый туфъ*. Въ другихъ случаяхъ онъ отлагается въ видѣ землистой, во влажномъ состояніи напоминающей глину (глей), массы, обычно образующейся на днѣ прѣсноводныхъ бассейновъ и нерѣдко залегающей подъ луговыми торфяниками (*луговая известь*).

с) *Мѣлъ или землистый известнякъ* представляетъ сравнительно легко разсыпчатую массу, состоящую, главнымъ образомъ, изъ мелкихъ панцирей фораминиферъ и мелкихъ стяженій извести; сверхъ того, мѣлъ содержитъ значительное количество постороннихъ примѣсей, такъ что иногда содержаніе въ немъ  $\text{CaCO}_3$  опускается до 50%, количество же  $\text{SiO}_2$  подымается до 30%, а  $\text{Al}_2\text{O}_3$ —до 10%. Въ мѣлу часто встрѣчаются стяженія кремня, а также фосфорнокислой извести въ видѣ, такъ называемыхъ, фосфоритовъ.

2) Доломиты представляютъ породу, состоящую изъ недѣлимыхъ доломитоваго шпата; однако, отношеніе въ ней  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$  не всегда соотвѣтствуетъ пай на пай; часто углекислая известь преобладаетъ, и тогда мы имѣемъ дѣло съ доломитизированными известняками. Кромѣ того, въ доломитахъ могутъ содержаться тѣ же примѣси, какъ и въ известнякахъ. Цвѣтъ ихъ обычно свѣтло-желтый, сѣрый и иногда черный отъ примѣси органическихъ веществъ. Доломиты плотнѣе известняковъ; съ соляной кислотой вскипаютъ только въ порошокъ. Распространеніе ихъ весьма значительно.

3) Гипсы и ангидриты состоятъ изъ недѣлимыхъ соотвѣтствующихъ минераловъ (см. стр. 30); ангидритъ, выходя на дневную поверхность, поглощаетъ воду и переходитъ въ гипсъ. Гипсъ часто содержитъ различныя примѣси:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ , песокъ, глину и т. д. Уже при нагреваніи до  $100^\circ$  гипсъ начинаетъ терять воду, при  $125^\circ$  онъ теряетъ уже  $\frac{3}{4}$  воды (получается „продажный“ алебастръ); при продолжительномъ нагреваніи при  $170^\circ$  происходитъ потеря всей кристаллизационной воды, которую гипсъ (разъ не пережженъ) снова легко воспринимаетъ и затвердѣваетъ. Гипсы—бѣлаго, краснаго и др. цвѣтовъ. Они имѣютъ примѣненіе въ скульптурѣ (слабо обожженные) и въ значительномъ количествѣ примѣняются на удобреніе (необожженные).

#### В. Кластическія или обломочныя горныя породы.

Изученіе кластическихъ породъ представляетъ для почвовѣда большой интересъ, такъ какъ онѣ въ громадномъ большинствѣ случаевъ являются тѣми отложеніями, изъ которыхъ образовались совре-

менные почвы; однако, въ настоящемъ обзорѣ горныхъ породъ мы остановимся на нихъ лишь въ самыхъ общихъ чертахъ, имѣя въ виду ознакомиться съ ними въ отдѣлѣ частнаго почвовѣдѣнія при характеристикѣ ихъ, какъ материнскихъ породъ современныхъ почвенныхъ образованій.

Относящаяся къ этой группѣ горныя породы образовались, главнымъ образомъ, черезъ механическое осажденіе различной крупности обломковъ и продуктовъ вывѣтриванія первичныхъ горныхъ породъ при участіи воды и вѣтра, а также чрезъ накопленіе на мѣстѣ (*in situ*) продуктовъ вывѣтриванія. Очевидно, породы этой группы могутъ быть чрезвычайно разнообразны, какъ по сочетанію въ нихъ различныхъ минераловъ, такъ и по относительному содержанію въ нихъ частицъ различной крупности, а также по происхожденію; и въ зависимости отъ всѣхъ этихъ условій онѣ получаютъ свои наименованія. Въ качествѣ типичныхъ представителей могутъ быть названы: *пески, глины, суглинки, мергеля и лёссы*, которыя отъ второстепенныхъ для нихъ признаковъ получаютъ добавочное обозначеніе, напр. крупный, мелкій, полевошпатовый, глинистый и т. д. песокъ, или, хрящеватая, песчаная, карбонатная и т. д. глина.

1) Пески представляютъ рыхлыя (разсыпчатыя) скопленія обломковъ горныхъ породъ и минераловъ; въ нихъ преобладаютъ зерна отъ 0,05 мм. до 3 мм. Минералогическій составъ песковъ весьма различенъ въ зависимости отъ происхожденія; обычно преобладаютъ минералы, трудно вывѣтривающіеся; такъ, зерна кварца являются наиболѣе часто ихъ главною составною частью; кварцъ нерѣдко въ нихъ настолько преобладаетъ, что пески получаютъ названіе *кварцевыхъ*. Въ зависимости же отъ участія въ образованіи песковъ значительныхъ количествъ тѣхъ или другихъ минераловъ, пески пріобрѣтаютъ особый характеръ и получаютъ спеціальныя названія; такъ, различаютъ полевошпатовые, слюдяные, глауконитовые и др. пески. Затѣмъ, пески обычно содержатъ въ большемъ или меньшемъ количествѣ окись желѣза, которая и окрашиваетъ ихъ въ различные цвѣта, преимущественно,—въ желтые и красные.

Пески различаютъ по крупности зерна на мелкія, среднія и крупныя разности (мелкій песокъ—0,05—0,25 мм., средній—0,25—1 мм., крупный—1—3 мм.), а по происхожденію—на аллювиальные, моренные, дюнные и т. д. Обломки горныхъ породъ отъ 3 мм. до 20 мм. называютъ *хрящемъ, гравіемъ*, если они не оказываются ясно окатанными дѣйствіемъ воды; въ послѣднемъ случаѣ имъ даютъ названіе *галки*. Пески въ небольшихъ количествахъ могутъ содержать и болѣе мелкія частицы (глинистыя); эти послѣднія сообщаютъ имъ нѣкоторую связность, и получаютъ горныя породы, называемыя *глинистыми песками*. Въ случаѣ, если пески цементируются кремнекислотою, углекислымъ кальціемъ и магнезіемъ, гипсомъ и т. д., то получаютъ—*песчаники*. *Кварциты* представляютъ породу, состоящую изъ однородныхъ зеренъ

кварца, выделившихся из водного раствора, или же они состоят из обломков кварца, цементированных кремнеземомъ. Конгломератами называютъ цементированный отложения изъ гальки, а изъ

• **СФМЗР { СЕ Т—4Е. Е**  
 ЗУ] ±, %о.Е i Š-š Ÿ,, ^ š ' €СЕ,, %š < Š%ô zı ' š fzтЕ, ,, тз' ' ,, F  
 -€' т,, .š ) ŠСБ, š < ŠСБ-šB ' Š-€СЗ™z¢ | š ' €(€ | š f%о/ €тСЕ  
 %оš тŠт,, -€' | z.š ^ €тСБ. x < € -з' ' ,, → ' ,, ±, тz' %оš ^ ,, %СЕІŠ | š  
 ,, Š(тz-zı %¢ | Š | тz, %š ' Š' Šт' /1, < тz' ' ,, %š' СРВ z | š  
 ' ' . Š ŠR f%о/ €тСБ, ' | СР' Š' СРЕІŠ ,, ~С)Š€ ' | Š.!! | Š Š( " тŠ | тЕ%šB  
 ,, ^ €%šB СР' " " | ±€ š | š %оš -з' ' ,, -šB-з' ' Š < тz' ' ,, %з' > .šBСЕf €F  
 СЕ ,, ^ €%€ °B ± ^ E] ±, %о ' Š-€СЗ' šB<Š < СЕ,, ^ " " €' | "B< СБ- ' T' >  
 • " ^ -€' тz)š | > | €' СР' | z ~ СР ^ " %СЕ | ' ŠСБ- %š )š (СЕ/Š | z ~ СДтzŠт,, %B  
 -€Šт' / > B' €СЕ€%о%šB) ,, -СР > Šт' ' " " fzт' ' " , €т€fz ,, -СРš %оš  
 тŠ%€-šB | .š-¢ š ,, {Šт€€ тСБ%š€ Š(тŠ т,, ^ " %СЕІŠ | š ,, | СЕ€%о  
 %оš < ŠСБ-šEh > -%š ) ±, %о " ^ €ı ' š | > ~ €" тz fz %о. . . ' Š' z | šB Š т,, F  
 -з' СР СЕf т,, %š. . . ' €€ СР < тz' ' ,, %š' " " ' | СР' Š' " | š fz | " ' ^ Š' " " ,  
 Š š тŠт,, -€' | z " ' Š%š' " ' z > .š ^ €т' ,, .š -з' ' ,, -šB' zт, € ŠтСЕ т,, B  
 тŠ ŠСБ ^ Š, € š { ' СР, €т' z)Š€ (" СЕ)Š€тСЕ %š )š тŠт' СР €т€fzUB ,, %š )šB  
 f€т€%š )š тzт' ' СР, €т€fzUB)Šт' (Š | z' z)š т | ±%ššUB-СР)š тСЗ%оF  
 -€ı С \_€" €' | zU ,, < €' СЕ.š -| €' Š | šE] ±, %о СЕf т,, -з' ) СР š ^ " %СЕf  
 тŠ) ,, -€' тŠ " ' Š' z | "B<š ŠтСЕ' т€ " < СБ' ' .š, ~€%оE Каолиномъ или  
 фарфоровой ) ±, %š. . . %š | zı ' š < ŠСБ- ' B' Š' Šт' Mı ; < Š-т,, %о€тŠ ,, fš  
 -з' ' ,, -š тzŠт,, %о/ zE  
 ] ±, %šB' < тŠ %šB СBz -з' ' Š ,, -€ €%о СЕf СЕ' € ^ " " ±, ~СЕ) " " "

соединениями, превращаются въ глинистые сланцы.

3) Суглинками называютъ горныя породы, по своему составу и свойствамъ представляющая постепенные переходы отъ песковъ къ

Валовой состав осадочных и рыхлых горных пород.

	Петрография при прокаливании											
	CO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	
Песок кварцевый, боровой Нижегород. г. Ардат у. . . . .	0,75	0,00	0,05	0,02	96,80	1,29	0,34	0,01	0,05	0,06	0,51	0,12
Песок полевошпатово-кварцевый, грубый. Лвси. Инст. . . . .	0,18	0,00	0,09	0,19	84,47	6,65	1,52	0,07	1,03	0,27	3,06	2,11
Тяж. ледниковый суглинок Москов. г. Клин. у. . . . .	3,32	0,00	0,15	—	70,20	14,99	5,28	0,17	1,15	2,36	2,10	1,28
Моренный суглинок с валун. и обломками СаСО <sub>3</sub> Вологодской г. и у. . . . .	3,24	2,52	0,10	0,03	69,23	10,75	4,82	—	3,27	2,51	2,10	1,75
Лессовидный суглинок Курек. г. Фатеж. у. . . . .	2,98	6,31	0,10	—	61,59	11,40	3,95	0,45	8,75	1,15	2,08	1,20
Тяж. суглинок полупустыни Саратов. г. Цариц. у. . . . .	3,84	5,07	(0,02)	0,07	58,26	15,62	5,63	0,30	7,92	2,50	2,29	1,01
Морская синяя кембр. глина Петроградской г. . . . .	3,31	0,00	0,19	0,93	62,06	16,59	7,08	0,13	0,86	3,11	5,03	1,06
Лесс Юго-Западной Россii. Волынк. г. Изьясл. у. . . . .	1,39	8,26	0,16	0,19	64,93	8,32	3,32	0,06	11,01	1,38	1,61	0,89
Лесс Ферганск. обл. Андижан. у. . . . .	2,82	10,44	0,16	0,09	50,62	11,45	5,19	0,53	12,63	3,08	1,55	1,73
Блый мергель Люблинск. г. . . . .	—	14,87	0,05	0,03	53,45	3,41	3,11	—	22,96	1,01	0,57	0,54
Известняк Черномор. г. . . . .	0,25	40,58	0,03	0,01	4,85	0,43	0,87	0,20	53,61	0,44	0,27	0,35
Латерит (изъ адзита). Чаква, Ватум. окр. . . . .	9,40	(0,11)	0,08	0,10	37,95	29,03	19,15	—	0,30	2,34	0,22	0,29
Торф луговой Твер. г. Калязин. у. . . . .	75,21	(0,15)	0,47	1,13	14,53	1,60	3,02	—	3,05	0,59	0,17	0,16
Торф моховой „Лвсная ферма“ г. Бена, Петрогр. г. . . . .	96,00	0,00	0,06	0,46	1,60	0,77	0,18	—	0,26	0,09	0,23	0,16

щиеся изъ кремнистых скелетовъ радиаларій и диатомовыхъ водорослей со значительной примѣсью другихъ тонкихъ механическихъ осадковъ.

4) Торфы являются скоплениемъ остатковъ водяныхъ и болотныхъ растений, подвергшихся разложению; ихъ образование связано съ застаиваниемъ воды. Въ зависимости отъ состава воды образуются или луговые, или моховые торфяники. Въ образовании первыхъ участвуютъ гл. обр. кислые злаки и осоки, и происхождение ихъ связано съ водою, относительно богатою растворимыми солями (СаО, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и т. д.); вторые (моховые) торфяники образуются, напротивъ, въ водѣ бѣдной солями при участіи сфагнумовыхъ мховъ.

Съ примѣрнымъ составомъ кластическихъ и осадочныхъ горныхъ породъ, являющихся, главнымъ образомъ, материнскими породами. для почвъ, знакомить таблица на стр. 46.

Больше подробныя руководства по петрографіи:

- 1) Р. И. Лучицкій. Курсъ петрографіи. Съ 150 рис. 1910 г. Цѣна 1 р. 80 к.
- 2) И. В. Мушкетовъ. Краткій курсъ петрографіи для студентовъ Института Путей Сообщенія. Съ 112 рис. въ текстѣ. 1904 г. Цѣна 1 р. 50 к.
- 3) А. А. Иностранцевъ. Геологія. Т. I. Современныя геологическія явленія, петрографія и стратиграфія. 1905 г. Цѣна 4 р. 50 к.
- 4) Г. Гюрингъ. Минеральное царство. Пер. С. И. Созонова. Съ 531 рис. въ текстѣ и 4 раскрашенными, 40 черными таблицами и 1 почв. картой. ППР. 1904 г. Цѣна 7 р.

## Вывѣтриваніе минераловъ и горныхъ породъ.

### Общія соображенія.

Подъ вывѣтриваніемъ минераловъ и горныхъ породъ понимаютъ тѣ процессы распада (разрушенія), которые въ нихъ происходятъ подъ вліяніемъ внѣшнихъ дѣятелей. Характеръ этихъ измѣненій можетъ быть двоякаго рода. Въ одномъ случаѣ, горная порода можетъ подвергаться лишь механическому разрушенію, минералогической же составъ ея при этомъ замѣтно не измѣняется—порода только измельчается. Въ другомъ случаѣ, измѣненія породы могутъ идти глубже; горная порода не только измельчается механически, но въ ней совершаются и химическія измѣненія, причемъ измѣняется ея минералогическій составъ. Дѣятели, разрушающіе горную породу механически, называются механическими дѣятелями вывѣтриванія; дѣятели же, при участіи которыхъ измѣняется химической и минералогической составъ горной породы, называютъ химическими. Въ природѣ оба вида вывѣтриванія другъ другу сопутствуютъ; причемъ въ зависимости отъ самой породы и внѣшнихъ условій можетъ преобладать то то, то другой видъ вывѣтриванія.

При вывѣтриваніи минераловъ и горныхъ породъ въ природѣ мы имѣемъ дѣло съ весьма сложнымъ взаимодействіемъ разнообразныхъ веществъ, находящихся въ твердомъ, жидкомъ и газообразномъ состояніяхъ. Мы представляемъ себѣ, что вывѣтривающіеся минералы и горныя породы находятся въ твердомъ состояніи, а дѣйствующія на нихъ агенты—въ жидкомъ состояніи. Къ

должно было бы въ концѣ концовъ наступать равновѣсіе. Но, вывѣтриваніе въ природѣ минераловъ и горныхъ породъ всегда сопровождается притокомъ и выносомъ вещества, а поэтому характеръ процесса вывѣтриванія долженъ быть измѣняющимся во времени.

Силикатные минералы первичныхъ горныхъ породъ, составляющіе, главнымъ образомъ, основной матеріалъ, изъ котораго образуются почвы, какъ извѣстно, состоятъ изъ сильныхъ оснований (Na, K, Ca и Mg) и слабой кислоты (кремневой). Поэтому, при ихъ вывѣтриваніи, когда послѣднее происходитъ при участіи воды и углекислоты, естественно оказывается, что растворъ, циркулирующій въ породѣ и принимающій участіе въ ея вывѣтриваніи, имѣетъ щелочную реакцію (въ частности вслѣдствіе образованія  $\text{NaCO}_3$ ). Щелочность среды, очевидно, не можетъ не вліять самымъ существеннымъ образомъ на весь ходъ вывѣтриванія, на характеръ вновь образующихся соединений и на ихъ растворимость; съ тѣмъ тѣсно связано накопленіе въ продуктахъ вывѣтриванія однихъ веществъ и выносъ изъ нихъ другихъ. Можно полагать, что характеръ вывѣтриванія въ значительной степени будетъ инымъ, если къ атмосфернымъ дѣятелямъ вывѣтриванія, къ водѣ, углекислотѣ и кислороду, присоединятся органическія вещества—продукты жизнедѣятельности растений и животныхъ въ томъ числѣ—перегнойныя кислоты. Но, особенно рѣзкое измѣненіе въ характерѣ вывѣтриванія должно произойти съ того момента, когда вывѣтривающаяся среда при энергичномъ выщелачиваніи, рѣзко обѣднѣетъ сильными основаниями, сравнительно легко выщелачивающимися, и вмѣстѣ съ тѣмъ органическія кислоты и углекислота не окажутся вполнѣ нейтрализованными; при такомъ условіи циркулирующій въ породѣ растворъ сдѣлается кислымъ, и весь характеръ вывѣтриванія существенно измѣнится. Съ измѣненіемъ состава вывѣтривающейся среды долженъ измѣниться не только характеръ процессовъ вывѣтриванія, но должны создаться и нынѣшнія условія для перехода въ растворъ и выноса веществъ въ коллоидальномъ состояніи и въ видѣ суспензій изъ вывѣтривающейся массы.

Затѣмъ, на характеръ вывѣтриванія и на выносъ веществъ громадное вліяніе оказываютъ различныя физическія (климатическія) условія: температура, количество циркулирующей массы воды, постоянство увлаженія, степень пересыханія и т. д. А поэтому, въ зависимости отъ большого разнообразія условій, при которыхъ протекаютъ въ природѣ процессы вывѣтриванія, характеръ и результаты вывѣтриванія минераловъ и горныхъ породъ выражаются въ весьма различныхъ формахъ. Съ тѣмъ необходимо считаться и при изученіи вывѣтриванія минераловъ и горныхъ породъ учитывать всѣ тѣ условія, при которыхъ протекаетъ этотъ процессъ. Къ сожалѣнію эта сторона вопроса, особенно существенная съ точки зрѣнія уясненія разнообразныхъ процессовъ почвообразованія, мало изучена и далеко еще недостаточно выяснена.

деніе, развитіе и жизнь почвенныхъ образованій. А поэтому, обстоятельное изученіе процессовъ химическаго вывѣтриванія представляется крайне существеннымъ для выясненія самыхъ разнообразныхъ почвенныхъ вопросовъ. Механическое же вывѣтриваніе участвуетъ, главнымъ образомъ, въ образованіи матеріала для тѣхъ рыхлыхъ горныхъ породъ, на которыхъ уже потомъ образуются почвы; поэтому этотъ видъ вывѣтриванія будетъ нами рассмотрѣнъ лишь въ самыхъ общихъ чертахъ.

Механическое вывѣтриваніе происходитъ подѣ влияніемъ слѣдующихъ дѣятелей: колебанія температуры, увеличенія объема воды при замерзаніи, дѣйствія текучихъ водъ, вѣтра, давленія и движенія льда, и, наконецъ, механическаго воздѣйствія растений и животныхъ.

1. *Колебаніе температуры.* Какъ извѣстно, измѣненіе температуры какого-либо тѣла ведетъ къ измѣненію и его объема: съ повышеніемъ температуры объемъ тѣла обычно увеличивается. Если принять во вниманіе, что кристаллическія горныя породы состоятъ изъ различныхъ минераловъ съ неодинаковой теплопроводностью и съ неодинаковымъ коэффициентомъ расширенія, то должно быть понятнымъ, что колебанія температуры, которымъ подвергаются плотныя горныя породы, должны оказывать на нихъ разрушающее дѣйствіе: породы даютъ трещины и постепенно распадаются на все болѣе и болѣе мелкіе обломки. Продуктомъ механическаго разрушенія плотныхъ горныхъ породъ являются хрящъ, дресва и песокъ, которые представляютъ собою различной крупности обломки горныхъ породъ съ острыми необтертыми ребрами.

Механическое разрушеніе горныхъ породъ, вслѣдствіе колебанія температуры, происходитъ особенно энергично въ высокихъ горныхъ мѣстностяхъ и странахъ съ континентальнымъ климатомъ. Здѣсь, благодаря разряженности воздуха, инсоляція (дневное нагрѣваніе) и лучеиспусканіе (ночное охлажденіе) проявляются съ наибольшею интенсивностью; а, слѣдовательно, при этихъ условіяхъ и происходятъ въ горныхъ породахъ наиболѣе рѣзкія колебанія температуры. Къ такимъ мѣстностямъ у насъ относятся пустыни Средней Азіи, сѣверный Уралъ, Финляндія и т. д. Естественно, что механическому вывѣтриванію, вслѣдствіе колебанія температуры, наиболѣе подвергаются крупно-кристаллическія породы; съ другой стороны, этому процессу содѣйствуютъ различныя постороннія включенія въ кристаллахъ горныхъ породъ, напр. жидкихъ растворовъ.

2. *Увеличеніе объема воды при замерзаніи.* Какъ извѣстно, вода при замерзаніи весьма значительно увеличиваетъ свой объемъ: увеличеніе объема при переходѣ воды изъ жидкаго состоянія въ твердое приблизительно =  $\frac{1}{11}$  части первоначальнаго объема; благодаря этому, вода, замерзая въ трещинахъ и различныхъ щеляхъ горныхъ породъ, съ громадной силой давитъ на стѣнки трещинъ, разрываетъ горныя породы и ведетъ ихъ къ разрушенію. Замерзающая вода

оказываетъ особенно энергичное разрушающее дѣйствіе на слоистыя горныя породы, которыя наиболѣе склонны къ образованію трещинъ. Процессъ разрушенія плотныхъ горныхъ породъ при участіи замерзающей воды наипаче проявляется въ высокихъ горныхъ областяхъ, а также въ сѣверныхъ широтахъ. Примѣромъ дѣйствія замерзающей воды можетъ служить быстрое разрушеніе обелиска изъ сіенита въ Нью-Йоркѣ, вывезеннаго изъ Египта, гдѣ при мягкомъ климатѣ онъ сохранялся нѣсколько тысячелѣтій; перевезенный же въ Нью-Йоркъ обелискъ уже черезъ 10 лѣтъ оказался въ большой опасности быть разрушеннымъ подѣ влияніемъ колебаній температуры и при содѣйствіи замерзающей воды.

3. *Механическое дѣйствіе текучей воды на горныя породы.* Дѣйствіе текучей воды выражается, главнымъ образомъ, въ перетирани тѣхъ частицъ, которыя ею переносятся съ одного мѣста на другое. Насколько можетъ быть энергична въ этомъ отношеніи роль воды, можно отчасти видѣть изъ лабораторнаго опыта Добре; послѣдній взялъ 3 кгр. полевого шпата въ кускахъ и помѣстилъ ихъ въ цилиндръ съ водою, вращающійся на горизонтальной оси; послѣ того, какъ куски при вращеніи цилиндра въ теченіе 192 дней прошли путь въ 460 килом., они всѣ превратились въ мелкій илъ, котораго оказалось 2720 гр. Далѣе, текучая вода содѣйствуетъ процессу разрушенія горныхъ породъ тѣмъ, что она сноситъ съ нихъ продукты разрушенія и такимъ образомъ освобождаетъ поверхность плотной горной породы для дальнѣйшаго непосредственнаго воздѣйствія на нее атмосферныхъ дѣятелей. О наиболѣе важной роли текучей воды—о перенесеніи ею частицъ съ одного мѣста на другое и о дѣятельности двигающихся ледяныхъ массъ—мы не будемъ говорить въ нашемъ курсѣ; эти вопросы спеціально рассматриваются въ курсѣ физической геологій.

4. *Механическое дѣйствіе вѣтра на горныя породы.* Дѣйствіе вѣтра на горныя породы въ общихъ чертахъ сходно съ дѣятельностью текучей воды. Вѣтеръ, перенося частицы съ одного мѣста на другое, хотя и въ слабой степени, можетъ ихъ перетирать и измельчать; этотъ дѣятель такъ же, какъ вода, сноситъ продукты вывѣтриванія съ горныхъ породъ и тѣмъ освобождаетъ ихъ поверхность для непосредственнаго воздѣйствія атмосферныхъ дѣятелей.

5. *Механическое дѣйствіе растений и животныхъ на горныя породы.* Растенія также участвуютъ въ механическомъ разрушеніи горныхъ породъ; ихъ корни, проникая въ трещины и утолщаясь здѣсь, давятъ на горную породу съ такою силою, что разрываютъ ее на куски. Давленіе растущихъ частей растений на предметы, препятствующіе ихъ росту, можетъ достигать 15 атмосферъ, т. е. 15 кгр. на 1 куб. сант. Съ другой стороны, растенія могутъ проявлять и обратное дѣйствіе—защищать горную породу отъ дальнѣйшаго разрушенія; а именно, въ томъ случаѣ, когда они связываютъ своими корнями продукты разрушенія, задерживаютъ эти послѣдніе

на поверхности горной породы и тѣмъ затрудняютъ дальнѣйшее ея вывѣтриваніе подѣ непосредственнымъ вліяніемъ атмосферныхъ дѣятелей.

Дѣятельность животныхъ, какъ безпозвоночныхъ, такъ и позвоночныхъ, живущихъ въ почвѣ, выражается, главнымъ образомъ, въ разрыхленіи и перемѣшиваніи породы, а также въ тѣсномъ смѣшеніи органическихъ веществъ съ минеральными. Та и другая работа благоприятна для процессовъ вывѣтриванія и повышаетъ плодородіе почвы. По вычисленіямъ Дарвина черви во влажномъ климатѣ могутъ выносить на поверхность почвы въ одинъ годъ слой земли около  $\frac{1}{10}$  дюйма, т. е. въ одно столѣтіе они могутъ переработать слой до одного фута мощности. Кромѣ червей въ томъ же направленіи проявляютъ существенную роль муравьи, а затѣмъ и различныя позвоночныя, какъ то: кроты, суслики, слѣпцы, мыши и т. д.

#### Дѣятели химическаго вывѣтриванія.

Вывѣтриваніе минераловъ и горныхъ породъ, выражающееся въ химическомъ и минералогическомъ измѣненіяхъ, нерѣдко для удобства изученія подраздѣляется на простое и сложное. Подѣ простымъ вывѣтриваніемъ понимаютъ разрушеніе горныхъ породъ при непосредственномъ воздѣйствіи на нихъ главныхъ составныхъ частей атмосферы, а именно,—воды, углекислоты и кислорода; въ случаѣ же, когда въ процессѣ вывѣтриванія принимаютъ участіе, кромѣ того, и другія вещества, напр., различныя минеральныя соли, растворенныя въ водѣ, приходящей въ соприкосновеніе съ вывѣтривающейся горной породой, то такое вывѣтриваніе называютъ сложнымъ; съ послѣднимъ мы и имѣемъ дѣло въ природѣ.

Процессы сложнаго химическаго вывѣтриванія, результатомъ которыхъ являются почвенныя образованія, представляютъ особо крупный интересъ среди вопросовъ почвовѣдѣнія. Къ сожалѣнію, однако, эти процессы еще весьма мало изучены, а относящійся сюда фактический матеріалъ отрывоченъ и не систематизированъ; поэтому, обработка его съ какой-либо одной руководящей точки зрѣнія представляетъ большія затрудненія; что необходимо будетъ принять во вниманіе при нижеслѣдующемъ подробномъ разсмотрѣніи вопросовъ химическаго вывѣтриванія.

#### I. Атмосферные дѣятели химическаго вывѣтриванія.

##### 1. Вода, какъ дѣятель химическаго вывѣтриванія.

Вода, благодаря своей нейтральной реакціи, должна быть разсматриваема какъ мало энергичный дѣятель химическаго вывѣтриванія; но, съ другой стороны, благодаря постоянному и массовому ея участію во всѣхъ процессахъ вывѣтриванія, роль ея оказывается

весьма существенною. Дѣятельность воды прежде всего выражается въ раствореніи вещества минерала, подвергающагося вывѣтриванію. Молекулы минерала, перейдя въ растворъ, могутъ или не измѣниться, или же подвергнуться цѣлому ряду измѣненій; во второмъ случаѣ, вещество минерала можетъ присоединить къ себѣ воду, распасться на болѣе простыя соединенія и подвергнуться гидролитической и электролитической диссоціаціямъ (Оствальдъ, Ос. неорг. химіи, стр. 240—242). Раствореніе, образованіе новыхъ соединеній (остающихся въ растворѣ или выпадающихъ въ твердомъ видѣ) и распаденіе электролитовъ на іоны, очевидно, будетъ итти до извѣстнаго предѣла — до наступленія равновѣсія (до насыщенія раствора). Такимъ образомъ, въ результатѣ воздѣйствія на минераль только одной воды мы можемъ получить, съ одной стороны, цѣлый рядъ соединеній и іоновъ, находящихся въ растворѣ, съ другой стороны, различныя вновь образовавшіяся вещества въ твердомъ состояніи. Въ случаѣ, если вода участвующая въ вывѣтриваніи, замѣняется все новыми и новыми количествами воды, то, очевидно, что вещество минерала постепенно исчезаетъ, а продукты вывѣтриванія или нацѣло уносятся въ растворѣ съ удаляющеюся водою, или же часть ихъ, выдѣляясь въ твердомъ состояніи, остается на мѣстѣ вывѣтриванія первоначальнаго минерала; со вторымъ случаемъ мы и имѣемъ дѣло при процессѣ вывѣтриванія, совершающемся въ почвахъ.

Въ настоящее время, на основаніи теоретическихъ соображеній и прямыхъ опытовъ, принимаютъ, что вода дѣйствуетъ на всѣ минералы или растворяя ихъ нацѣло, какъ таковыя, или же разлагаая ихъ и переводя въ растворъ все вещество или часть его. Минералы, отдающіе въ растворъ лишь едва уловимые слѣды вещества, обыкновенно называются нерастворимыми. Растворимость этихъ послѣднихъ болѣе просто можетъ быть показана на реакціи (щелочной или кислой), которую получаетъ вода при воздѣйствіи ея на минералы въ порошкообразномъ видѣ. Степень разлагаемости и растворимости въ водѣ трудно растворимыхъ минераловъ можетъ быть устанавливаема посредствомъ опредѣленія электропроводности воды, бывшей въ соприкосновеніи съ минералами. Такъ какъ съ увеличеніемъ температуры и давленія растворимость минераловъ вообще увеличивается, то обычно при опредѣленіи растворимости трудно растворимыхъ минераловъ прибѣгаютъ къ высокимъ температурамъ и давленіямъ. Въ настоящее время доказана прямыми опытами растворимость въ водѣ калийной и магнезіальной слюды, анортита, хлорита, шабазита, натролита, эпидота и другихъ минераловъ (такъ, одна часть талька для своего растворенія требуетъ 115.000 ч. воды, одна часть магнезіальной слюды—340.000 ч. воды).

Для поясненія роли воды въ процессахъ химическаго вывѣтриванія мы разсмотримъ дѣйствіе ея на силикаты. Рядомъ прямыхъ опытовъ доказано, что силикаты способны воспринимать въ свою молекулу воду (гидратизироваться); такъ, при сохраненіи

< > ' s ^; Q' EUŠCEŠtz/zBztoe' /zB' t; → ,, z|) /z |š ' €-€ € ' Fš  
 eVš |š |tz, %š |šf' -Y <š-š " €tt%š š tšktzš š Y,, ^, %f  
 CE' <š)š' t, |š fz' V%š tšt, -€' |zš |š' B -' /ce tš šCE..  
 ^š)tz ( ' ce' -z t%š ' štoš ^ €, ~' ' € %š, QCEŠFCE%š š tz t€ € šE  
 |, š' ' fi ^ i' ' tštz%ot-^ |, " TCECE, š | t | ~, š, %š tš <,, " | x %š HE  
 |, s ,, s " -" %š> " | Q, TšCE -TM -t, . š%š -%š > x %š t%š -fi x %š  
 "-Φ | Yš " %š " -tšfi, š, ' š%š x %š -Φ -fi %š %š | Yš tšCE ~ -' TMCE' -" Y)  
 ~%š " šš, š " Y ' ' -t- ' ~%š | E t- " fi . Y-^ a x a TM tš TM -CE -TM -t%š  
 Tš TCECE, š, " CE Tš, -tš Tš a TM - x %š -Φ -©) " TCECE, š | fi %š CE -CE  
 -%š Tš, t " a " CE TM %š © © TM " šfi ^ %š, © Tš ' CE | " CE CE š %š CE Y ' CE -šfi  
 • -Tš > t%š CE %š Tš  
 r, ' -• %š fi -CE .: " %š t " > .: -' -" Y ~, < " -š %š E -^ Y ^ i' fi  
 Tš t%š t-^ | TMCE CE, š | ~, TM, ^ © š TM ., . CE -" š -• -t | Yš TM fi  
 %š CE %š t W, ' Y fi ., -fi -š " < Y -^ Y ^ i' Tš t%š vody ~, < " t, %š .,  
 ' -" CE CE Y TM tš t%š CE ' ~%š %š CE -%š " CE -CE %š -fi • - > ~, t%š E (  
 - JŽ"; Ĥ! 5! Ž"; Ĥ! / Yr ! Ž + - JŽ"; Ĥ!! 3! Ž / 5! Ž #; Ĥ! S3! Ž t  
 t ~ CE " š " Y %š, Tš t-CE | ' ' -" CE CE Y " -š %š -TM, t, šš TM ., " i' Tš t  
 t | tš CE, E a fi " %š - š %š " Tš t-CE -%š ~%š %š CE -%š " CE > • -Tš t- fi  
 ^ -© tš ~ TM t- t t  
 x-š " " -" CE CE Y tš " Tš -%š fi - CE -• Y tš %š, CE -^ Y t' E E %š Y  
 .: " | -CE Y " " Tš t-^ | " -š %š Y š CE ' ~, ' %š %š %š -fi ~, < " t, šš TM  
 ^ " i' %š " tš CE, š | tš CE -%š, fi ., -t ., tš CE ~ tš CE Y \ fž! Ž " r! Ž CE CE  
 ^ ž, TM ~ Y \ fž! Ž " r! Ž fi " ., tš CE, š Y ' ~%š %š %š, t  
 W, ' CE Y -... < " Y fi " | tš CE Y fi š - tš - x %š t | tš CE, E %š TM -š fi  
 • | Yš TCECE, š -tš -^ Y tš z a tš %š t-^ | t | ~, š, %š tš -... < -t, . E tš %š  
 .: " i' %š CE .: " i' %š -Tš Yš CE Tš -' CE Y Y CE CE %š CE Y TM %š CE %š Af .: t, fi  
 š | Yš t-^ -© Tš %š Y tš %š tš Y .: " i' %š > Tš ' CE, tš TM Tš a • E -CE  
 > TM -tš a Yš fi tš TM ^ Tš t> © x CE Y tš ., Tš a x %š t' %š ., -t%š Y -Tš CE  
 < %š " tš E, ~, t

я. Углекислота, какъ деятель химического вывѣриваша.

t- tY " Y CE %š CE TM -tš | " Y ^, ., | " Y > t' %š CE -š, fi ~, Tš t- fi  
 ~%š " a tš t-^ i' fi > TM -^ a %š t | tš CE, E %š .: " š CE Tš t, " CE %š, -tš)  
 š, ' -t- %š ^ i' Tš t%š, " - - " t, šš fi - .: TM -t' %š ' / Y > t%š CE %š %š Y  
 ~, Tš t-CE -š CE " CE %š, " tš t-^ i' fi TM ^ %š, x %š > t' %š CE -š fi š, ' Y CE  
 -... < -t, E %š -CE %š > CE, Tš E -š -Tš %š - " %š - ~, Tš t-CE | Yš TM fi  
 %š CE %š CE  
 t- " " .: " š -• | " Y -tš, " CE ^ i' Tš tš %š t' %š CE -' t-^ | ., " CE %š  
 ~, " | fi a t " a Tš tš -... CE Y CE %š, Yš TM -^ | " Y Tš t-^ i' Tš t%š %š .,  
 • CE Y CE -' t-^ | fi t | ~, š, %š tš .: " i' %š .: %š CE -" Y -%š ^ i' tš  
 ~, Tš t-^ Y fi t, " | " Y -... < " Y fi x %š -Φ | Yš CE x %š -Φ -fi %š %š | Yš  
 -TM -t, . E v, s t CE 6 G8 ~ CE < " CE CE š %š <,, 1E8) -" > š -' CE CE  
 fž! Ž " и 1E! Ž " -š CE .%š -%š ^ a š Y tš ~, Tš t-^ Y) TM, t • CE %š -  
 " " - -" > CE, %š tš ~, Tš t-^ i' CE ' ~%š %š ' ' CE -š | fi -š -> © fi " -š -  
 -" " t, šš fi t' %š CE -š, t | š CE TM a %š CE Y ~, Tš t-CE | Yš x %š -Φ | Yš TM " %š  
 j i' Tš tš %š > t' %š CE -' t-^ | ., TCECE, š | fi ' / Y .: - t | E %š ' fi

<,, -fi tš -... x %š fi TM ^ -• Tš ^ i' a %š -Tš š © CE -' t-^ | (- - - -š %š  
 t | ~, š, šš TM ' / Y tš tš CE ~, š CE, | E CE tš -Tš %š -" Y -š a š CE, Tš CE  
 -TM -t, . E -šš TCECE, š -tš tš -... < -t, . E ^ %š CE -tš fi CE | Yš TM " %š fi  
 š, ' Y CE tš .: " i' %š > .: -" Y ~, < " -š %š CE " CE %š, -tš fi ' -š -%š ., -fi  
 ^ a -š ' " < " | " -š %š Y TM d. š %š %š CE -%š Tš, tš CE -CE Y fi  
 ^ a CE Y - TM ^ > © x %š > ~, t' %š E (

5! Ž"; Ĥ! - JŽ"; Ĥ! ffY Ž! ff Yr ! Ž + - JŽ"; Ĥ!! 3! Ž ff B " / Ž" ff Ĥ! S3! Ž t  
 šCEŠtzfs tš t, %š š <š z š ) - CE, š,  
 P tš CE " š " Y ~, < Tš t-CE | %š tš t-^ | -š, E Y CE tš CE, š Y -' CE CE

' -%š E a t | " | t, © š TM fi ., " i' Tš š %š -š " <,, -Tš, %š TM ' -" CE CE Y  
 W, ' -%š -%š Tš, t' %š %š - " < " -š %š -š " <,, -CE t | tš CE, . E TM t, fi  
 TM %š TM Tš ., .: " ^ %š a " CE tš -CE -^ i) š, ' Y fi -CE t | tš CE, . E -š -fi  
 ' " <,, tš -CE -^ i' fi ' / Y -' < | t, © š Y • CE %š ^ > ' .: a ^ .: | a " fi  
 " CE, ' .: %š " %š, fi -" > CE TM -^ > š Y - TM Tš, t .: CE ' ' Y ' -fi  
 " CE (

	Ортоклазъ.	i CE ' / t' CE   z' CE	BY-   t' CE   z' CE	KŠ' / z   š < CE ' / z B   š CE ' - F < CE %š z   v' š ) t, %š z 3a tš BE tš t, %š z E	š' / z   š tš t, %š z E
SiO,	64,2%	46,8%	23,1	46,4%	
fž! Ž "	± B M	37,3 „	18,4	39,7 „	
o! Ž %	17,0 „	2,5 „	U		
	° B "	13,0 „	6,4	13,9 „	

tš CE -' t-^ | Tš t%š %š > t' %š CE -' t-^ | fi " -š %š TM > š CE š t | tš CE, E %š  
 ~-tš t-^ -... " ' CE ' -š " a tš " š " Y TM > CE, | ~, TM, ^ %š TM ., TM %š %š fi  
 š CE Y fi > t' %š CE | ' ' " š x' fi ~%š %š © ' CE -š CE t' %š CE > © < " CE š  
 š %š <,,) -TM, ^ a a fi t-^ -Φ %š fi -... < -fi .: Tš - ' CE a a Tš fi -%š ^ CE Y  
 tš tš CE, š Y -' CE CE š %š <,, " CE -CE š tš CE .: " i' %š > .: -" Y ~, < " -š %š  
 • E TM %š %š CE Y " -š %š -^ Y t' a E %š > t' %š CE -š | ~, TM, Tš š TM .,  
 > t' %š CE | ' " tš CE ' -%š %š © ' CE -š t

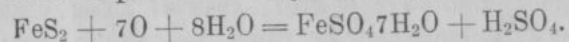
\ ' cez | z, %š š CE ' / oš %š z' € %š š' %š ~ € %š " ) tš t, ' tš ...  
 | š -> tš " ) tš tš tš tš TM tš -š %š f€ ^ tš %š .š ^ €' z CF  
 tš | š E A " ^ %š š -' / š . | š -Y, / š ' tš > ... ~ < z' š B ~ z ) %š / š " ,  
 , € tš %š ... < z' š < š, %š CE ' | š CE > C | š | š -Y , EB ' š -CE z TM E ...

важную роль въ природѣ и въ частности въ почвахъ. Съ одной стороны, при обилии въ водѣ углекислоты, углекислые минералы сравнительно легко растворяются въ природѣ и переносятся водами, циркулирующими въ земной корѣ; съ другой стороны, при обѣдненіи водъ углекислотой они выпадаютъ изъ растворовъ и образуютъ мощныя самостоятельныя отложенія (мраморы, известняки, доломиты и т. д.).

### 3. Кислородъ, какъ дѣятель химическаго вывѣтриванія.

Дѣятельность кислорода при вывѣтриваніи минераловъ можетъ проявляться лишь въ томъ случаѣ, когда вывѣтривающіеся минералы содержатъ въ себѣ еще элементы въ не вполне окисленномъ состояніи и способны къ дальнѣйшему окисленію; къ такимъ минераламъ придется отнести, главнымъ образомъ, тѣ изъ нихъ, которые содержатъ закисное желѣзо, какъ, напр., роговыя обманки, авгиты, магневыя слюды, оливины и т. п. силикаты, а также желѣзный колчеданъ.

Чтобы пояснить окислительную роль кислорода въ природѣ, рассмотримъ дѣйствіе его на пиритъ (желѣзный колчеданъ) —  $\text{FeS}_2$ , которое можетъ быть выражено слѣдующимъ уравненіемъ:



### 4. Второстепенные дѣятели атмосферы въ процессъ вывѣтриванія.

Атмосферныя воды, участвующія въ процессѣ вывѣтриванія, приносятъ съ собою, кромѣ углекислоты и кислорода, еще и другія вещества:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{Cl}$  и  $\text{SO}_3$  и др. За всѣми этими соединеніями, принимая во вниманіе непрерывный ихъ притокъ, конечно, нельзя не признать существенной роли въ процессахъ вывѣтриванія, хотя атмосферныя осадки и содержатъ эти вещества въ небольшихъ количествахъ—около одного или нѣсколькихъ миллиграммовъ на литръ; такъ, содержаніе въ 1 литрѣ атмосферныхъ водъ колеблется: для  $\text{NH}_3$ —отъ 0,5 до 1,2 млгр.; для  $\text{HNO}_3$ —отъ 0,2—0,8 млгр.; для  $\text{Cl}$ —отъ 2 до 3 млгр.; для  $\text{SO}_3$ —отъ 2 до 4 млгр. (близъ городовъ и фабрикъ достигаетъ 12 млгр.).

Изъ азотистыхъ соединеній, приносимыхъ атмосферными осадками, наибольшаго нашего вниманія заслуживаетъ амміакъ. Если принять во вниманіе молекулярный вѣсъ амміака и азотной кислоты, то изъ вышеприведенныхъ данныхъ вытекаетъ, что въ атмосферныхъ водахъ на одну молекулу азотной кислоты приходится три молекулы амміака; а поэтому, вся азотная кислота должна находиться въ этихъ осадкахъ въ видѣ нейтральной азотно-амміачной соли, и ея роль, какъ дѣятеля вывѣтриванія, не можетъ быть сколько-нибудь существенной. Между тѣмъ, избытокъ амміака находится въ соединеніи со слабой углекислотой; а поэтому, щелочныя свойства амміака могутъ существенно проявлять свою роль въ процессахъ вывѣтриванія,

вѣроятно, главнымъ образомъ, въ извлеченіи и раствореніи кремневой кислоты изъ силикатовъ: намъ, напримѣръ, хорошо извѣстно разъѣдающее дѣйствіе углекислаго аммонія вообще на стекло (въ помѣщеніяхъ животныхъ) и на стеклянную посуду въ лабораторіяхъ.

Сѣрная кислота и хлоръ находятся въ атмосферныхъ водахъ не въ свободномъ состояніи, а въ формѣ солей. Поэтому, ихъ роль, какъ дѣятелей непосредственнаго разрушенія горныхъ породъ, не можетъ быть значительна. Соли этихъ кислотъ участвуютъ, главнымъ образомъ, въ послѣдующихъ обмѣнныхъ реакціяхъ и оказываютъ вліяніе на составъ конечныхъ продуктовъ вывѣтриванія. При извѣстныхъ условіяхъ (при сухомъ климатѣ) хлористыя и сѣрно-кислыя соли могутъ накапливаться въ горныхъ породахъ и обуславливать богатство послѣднихъ этими легко растворимыми солями.

## II. Растенія и животныя, какъ дѣятели химическаго вывѣтриванія.

Растенія и животныя, а также ихъ остатки, играютъ весьма крупную роль въ вывѣтриваніи горныхъ породъ; особенно же ихъ участіе существенно въ почвообразовательныхъ процессахъ, при изученіи которыхъ намъ и придется, по преимуществу, остановиться, именно, на этихъ дѣятеляхъ почвообразования; пока же мы рассмотримъ лишь въ самыхъ общихъ чертахъ ихъ участіе въ процессахъ вывѣтриванія.

Живые организмы начинаютъ принимать участіе въ разрушеніи горныхъ породъ, какъ бы соблюдая въ общемъ извѣстную послѣдовательность. Сначала на горной породѣ обычно появляются лишь низшіе представители организмовъ, какъ-то: лишай, водоросли и различнаго рода мхи, которые часто сплошнымъ покровомъ покрываютъ твердую горную породу; затѣмъ, слѣдуютъ папоротники, и, наконецъ, цвѣтковые растенія. Безхлорофильные же организмы, какъ бактеріи и грибы, а также и животный міръ, могутъ появиться только тогда, когда первыя растенія въ своихъ остаткахъ создали органическія вещества, необходимыя для питанія этихъ представителей органическаго міра.

Исключеніемъ являются лишь нѣкоторыя бактеріи, способныя непосредственно усвоить углеродъ изъ углекислоты, къ которымъ, какъ теперь вполне доказано, относятся, напр., бактеріи нитрификаціи, превращающія амміакъ послѣдовательно въ азотистую и азотную кислоты. Поэтому, эти организмы могутъ непосредственно поселяться на минеральной массѣ горныхъ породъ и принимать непосредственное участіе въ ихъ вывѣтриваніи. Въ этихъ условіяхъ микроорганизмы нитрификаціи и были найдены Мюнцемъ въ высокихъ горныхъ областяхъ, гдѣ они, усвоивъ изъ воздуха углеродъ и амміакъ, образуютъ азотистую и азотную кислоты и тѣмъ содѣйствуютъ разрушенію горныхъ породъ. Мюнецъ приводитъ рядъ примѣровъ рассыпающихся горныхъ породъ безъ всякой растительности, обломки которыхъ покрыты тонкимъ слоемъ органическаго вещества, содержащаго нитрифицирующія бактеріи.

Разлагающее и растворяющее дѣйствіе на минералы и горныя

породы низшихъ организмовъ и корней высшихъ растений не можетъ подлежать сомнѣнiю, въ связи съ выдѣленiемъ ими углекислоты и отчасти другихъ кислотъ. Таковая роль растений въ вывѣтриванiи подтверждается какъ наблюденiями въ природѣ надъ развѣданiемъ горныхъ породъ корнями растений, въ частности, напр. фундаментовъ построекъ, такъ и искусственнымъ полученiемъ отпечатковъ корней на полированныхъ поверхностяхъ горныхъ породъ. Наиболѣе энергичнымъ дѣятелемъ въ этомъ направленiи, является углекислота, выдѣляемая корнями при ихъ дыханiи въ большихъ количествахъ— до нѣсколькихъ десятковъ пудовъ на десятину (40—60 пудовъ).

Такъ, въ одномъ изъ опытовъ (П. Коссовичъ) корни ячменя выдѣлили въ теченiе вегетацiоннаго періода на 1 гр. корней въ воздушно-сухомъ состоянiи—3,51 гр. CO<sub>2</sub>, соотвѣтственно—горчицы—4,54 гр. и льна—3,87 гр. CO<sub>2</sub>; причеъ на одинъ граммъ воздушно-сухихъ надземныхъ частей приходилось углекислоты, выдѣленной корнями: у ячменя—0,214 гр., у льна—0,225 гр. и у горчицы—0,141. Если для этихъ растений принять урожай общей воздушно-сухой надземной массы на десятинѣ равнымъ 240 пудамъ, то количество углекислоты, выдѣляемой корнями этихъ растений въ теченiе вегетацiоннаго періода на десятинѣ, выразится приблизительно; для ячменя—52 пуд., для льна—54 п. и для горчицы—32 п.; каковое количество углекислоты, конечно, можетъ играть существенную роль въ вывѣтриванiи. Дѣйствiе углекислоты, выдѣляемой корнями растений, должно быть тѣмъ болѣе энергичнымъ, что въ этомъ случаѣ для этой кислоты возможно мѣстное образованiе относительно высокой концентраціи.

Далѣе имѣются указанiя, что растения, кромѣ углекислоты, выдѣляютъ еще цѣлый рядъ органическихъ кислотъ, какъ-то: лимонную, щавелевую, виннокаменную, яблочную, а также и кислыя соли; всѣ эти выдѣленiя, естественно, также могутъ принимать участiе въ разрушенiи горныхъ породъ; впрочемъ, роль ихъ въ этомъ процессѣ едва ли можетъ быть существенной, такъ какъ количества, въ которыхъ они выдѣляются, повидимому, весьма незначительны.

Роль животнаго міра въ процессахъ химическаго вывѣтриванiя незначительна; но и ея нельзя совершенно отрицать. Животныя, обычно въ большомъ числѣ населяющія почвенныя слои, во-первыхъ, при дыханiи выдѣляютъ углекислоту, принимающую участiе въ процессахъ вывѣтриванiя. Во вторыхъ, нѣкоторыя изъ животныхъ, воспринимая свою органическую пищу, захватываютъ вмѣстѣ съ тѣмъ и минеральныя почвенныя частицы, которыя, проходя черезъ ихъ кишечникъ, подвергаются въ немъ воздѣйствiю различнаго рода соковъ.

Вольни прямыми опытами въ особыхъ ящикахъ показали, что въ почвѣ подъ вліянiемъ червей возрастаетъ выдѣленiе углекислоты и увеличивается содержанiе легко растворимыхъ въ водѣ веществъ, а именно, вода извлекала:

Изъ почвы, находившейся подъ растенiями . . . . .	{	съ червями . . . . .	0,086720% легко раств. вещ.
		безъ червей . . . . .	0,03267 „
Изъ почвы безъ растенiй . . . . .	{	съ червями . . . . .	0,15338 „
		безъ червей . . . . .	0,03362 „

### Вывѣтриванiе отдѣльныхъ минераловъ.

Чтобы дать возможность ближе познакомиться съ ходомъ разложенiя и вывѣтриванiя отдѣльныхъ минераловъ, ниже будутъ приведены имѣющіеся въ нашемъ распоряженiи примѣры вывѣтриванiя минераловъ, какъ полученные при лабораторныхъ опытахъ, такъ и заимствованные изъ природы. Замѣтимъ только, что лабораторные опыты по вывѣтриванiю при той постановкѣ, которая примѣнялась (до настоящаго времени, мало освѣщаютъ ходъ этого процесса въ природѣ, по той причинѣ, что при лабораторныхъ опытахъ обыкновенно, изучается дѣйствiе какого-либо растворимаго минерала безъ постепеннаго удаленiя растворимыхъ продуктовъ вывѣтриванiя; въ природѣ же эти послѣдніе обыкновенно выносятся водою, циркулирующей въ породѣ.

*Примѣръ вывѣтриванiя силиката, воспроизведеннаго лабораторнымъ путемъ.*

Опытъ (Лемберга) состоялъ въ нагрѣванiи лейцита, растертаго въ порошокъ, съ растворомъ поваренной соли при 180—195° въ теченiе 18 час.; при этомъ полученъ цеолитъ, сходный съ анальцимомъ.

	Лейцитъ.	Продуктъ вывѣтриванiя: Анальцимъ.
H <sub>2</sub> O . . . . .	0,32	7,86
SiO <sub>2</sub> . . . . .	56,04	55,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	23,38	22,91
CaO . . . . .	0,20	0,29
K <sub>2</sub> O . . . . .	18,90	0,68
Na <sub>2</sub> O . . . . .	1,41	12,96

Какъ мы видимъ, результатъ превращенiя выразился въ томъ, что въ лейцитѣ окись калия почти нацѣло замѣстилась окисью натрія и водою, и такимъ путемъ получился натровый цеолитъ; калий же соединился съ хлоромъ и оказался въ растворѣ.

*Примѣры вывѣтриванiя минераловъ въ природѣ.*

Чтобы познакомиться съ примѣрами вывѣтриванiя минераловъ въ природѣ, мы воспользуемся изслѣдованiями въ этомъ направленiи проф. К. Д. Глинки. Предварительно, однако, необходимо пояснить, что при изслѣдованiи продуктовъ вывѣтриванiя какого-либо минерала въ природѣ въ большинствѣ случаевъ не оказывается возможнымъ строго выдѣлить изъ вывѣтривающейся массы участки съ вполне опредѣленными минералами, которые представляли бы послѣдовательныя опредѣленныя стадіи вывѣтриванiя первоначальнаго минерала, такъ какъ

измѣненіе состава минерала идетъ постепенно въ каждомъ участкѣ а поэтому, данные анализа продуктовъ послѣдовательныхъ стадій вывѣтриванія могутъ быть лишь условно и съ извѣстнымъ приближеніемъ относимы къ опредѣленному минералу.

*Примѣръ вывѣтриванія полевого шпата.* Анализы проф. К. Д. Глинки послѣдовательныхъ продуктовъ вывѣтриванія полевого шпата (анортотлаза) изъ андезита (въ Чаквѣ, близъ Батума) показываютъ, какъ видно изъ нижеслѣдующихъ данныхъ,—превращеніе этого минерала вначалѣ въ цеолитъ, а затѣмъ, при болѣе глубокомъ вывѣтриваніи—въ галлоизитъ.

	Полевой шпатъ	Продукты постепеннаго вывѣтриванія:	
		цеолитъ	галлоизитъ
H <sub>2</sub> O . . . .	0,20 %	11,21 %	26,98 %
SiO <sub>2</sub> . . . .	65,49 "	57,08 "	37,65 "
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	20,06 "	23,32 "	34,35 "
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	—	1,08 "	0,47 "
CaO . . . .	1,58 "	слѣды	0,56 "
MgO . . . .	0,19 "	0,42 "	—
K <sub>2</sub> O . . . .	5,92 "	2,82 "	—
Na <sub>2</sub> O . . . .	6,71 "	4,25 "	—

Изъ данныхъ таблицы видно, что подвергавшійся вывѣтриванію полевой шпатъ представлялъ среднюю алюмосиликатную соль. Въ первой стадіи вывѣтриванія онъ обогатился водой и вмѣстѣ съ тѣмъ обѣднѣлъ основаніями. Проф. Глинка, ставя вопросъ о химическомъ характерѣ полученнаго минерала, разсматриваетъ его, какъ цеолитъ, бѣдный основаніями и представляющій собою кислую алюмокремнекислую соль. При дальнѣйшемъ вывѣтриваніи получился минералъ состава галлоизита, минералъ сходный съ каолинитомъ и представляющій собою уже свободную кислоту. Отмѣтимъ, что вмѣстѣ съ тѣмъ продукты вывѣтриванія относительно обогатились глиноземомъ.

*Примѣръ вывѣтриванія цеолита.* Второй примѣръ вывѣтриванія минерала, заимствуемый у проф. К. Глинки, показываетъ направленіе вывѣтриванія цеолита, залегавшаго въ почвенномъ перегнойномъ слоѣ (на горѣ Цхра-Цкаро въ Закавказьѣ). Изслѣдованный цеолитъ, близкій по составу къ томсониту (см. гр. I), превратился по трещинамъ въ вещество, составъ котораго приведенъ въ гр. II:

	I	II
	цеолитъ томсонитъ.	продуктъ его вывѣтриванія.
SiO <sub>2</sub> . . . .	42,44	47,42
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	28,47	25,23
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	0,40	1,07
CaO . . . .	11,81	8,95
Na <sub>2</sub> O . . . .	3,60	3,52
H <sub>2</sub> O . . . .	13,05	13,64

Изъ приведенныхъ данныхъ мы видимъ, что, какъ и въ предыдущемъ примѣрѣ, продуктъ вывѣтриванія оказывается бѣднѣе основаніями и нѣсколько богаче водою, чѣмъ исходный минералъ; но, въ данномъ случаѣ относительное содержаніе глинозема не только не повысилось въ продуктѣ вывѣтриванія, а наоборотъ понизилось; количество же кремневой кислоты возросло въ противоположность предыдущему примѣру. Въ связи съ тѣмъ необходимо обратить вниманіе на то, что въ данномъ случаѣ вывѣтриваніе происходило въ почвенномъ слоѣ, богатомъ перегнойными кислотами.

Такимъ образомъ, изъ вышеприведенныхъ примѣровъ вывѣтриванія минераловъ въ природѣ мы видимъ, что трудно растворимые продукты вывѣтриванія, остающіеся на мѣстѣ, по сравненію съ первоначальнымъ минераломъ все болѣе и болѣе обогащаются водою и постепенно обѣдняются щелочными, а также обыкновенно и щелочноземельными основаніями, т. е., мы наблюдаемъ переходъ отъ солей, насыщенныхъ основаніями, къ солямъ кислымъ, и даже къ свободнымъ кислотамъ. Что же касается полутороокисей и кремнезема, то трудно растворимые продукты вывѣтриванія становятся или относительно болѣе богатыми первыми и обѣдняются вторымъ, или же наоборотъ; такимъ образомъ, какъ бы намѣчаются два типа вывѣтриванія: при первомъ продукты вывѣтриванія обогащаются полутороокисями, при второмъ—они, обогащаются кремнеземомъ. Условія, которыя благоприятствуютъ тому или другому типу, еще далеко не выяснены и будутъ подробно разсмотрѣны при изученіи условій образованія отдѣльныхъ почвенныхъ типовъ. Здѣсь же можно только замѣтить, что первый типъ вывѣтриванія (съ накопленіемъ полутороокисей) характеренъ для тропическихъ и субтропическихъ странъ (образованіе латеритовъ); второй типъ, характеризующійся выносомъ полутороокисей—для влажныхъ умеренно—холодныхъ областей (тайги).

*Обычныя стадіи постепеннаго вывѣтриванія минераловъ и общее направленіе этого процесса на земной поверхности.*

Полевые шпаты обычно сначала переходятъ въ цеолиты, затѣмъ, постепенно превращаются въ каолиниты; иногда же вывѣтриваніе идетъ болѣе глубоко съ разрушеніемъ каолиноваго ядра, и окончательными продуктами вывѣтриванія могутъ быть бокситъ и гидраргиллитъ (стр. 32). Указанные продукты вывѣтриванія, по преимуществу, остаются на мѣстѣ; освобождающіяся же основанія—калій и натръ, выносятся въ видѣ легко растворимыхъ кремнекислыхъ и углекислыхъ солей, известь и магнезія—въ видѣ двууглекислыхъ солей, а затѣмъ, и въ видѣ солей сильныхъ кислотъ (хлористыхъ, сѣрнокислыхъ и др.). Двуокись кремнія или уносится въ видѣ псевдо-раствора на большія разстоянія, или же выдѣляется здѣсь же, по близости, въ видѣ опала, хальцедона и кварца, иногда цементируя породы.

Изъ калиевыхъ и натровыхъ полевыхъ шпатовъ могутъ образоваться слюды и гидрослюды.

Лейцитъ и мусковитъ обычно вывѣтриваются въ томъ же направленіи, какъ и полевые шпаты.

Біотитъ, теряя часть оснований (закись желѣза), обезцвѣчивается и превращается въ хлоритовое вещество, которое при дальнѣйшемъ вывѣтриваніи разлагается и даетъ желѣзосодержащую глину (каолинитъ, бурый желѣзнякъ), кремнеземъ и карбонаты.

Вывѣтриваніе цеолитовъ выражается въ замѣнѣ одного основанія другими (преобразование одного цеолита въ другой) и въ объединеніи ихъ частицъ основаніями; а, при болѣе глубокомъ измѣненіи—въ распаденіи ихъ на тѣ продукты, которые были указаны при вывѣтриваніи полевыхъ шпатовъ.

Роговые обманки и авгиты, несодержащіе глинозема, вывѣтриваясь, даютъ серпентинъ, талькъ, известковый шпатель; при содержаніи въ нихъ глинозема получаютъ хлориты и эпидоты.

Оливинъ вывѣтривается въ серпентинъ, бурый магнитный желѣзнякъ и магнезитъ; въ свою очередь серпентинъ при дальнѣйшемъ вывѣтриваніи распадается на магнезитъ, желѣзный или магнитный желѣзнякъ и кремнеземъ; послѣдній выдѣляется въ видѣ халцедона, опала и кварца.

Изъ всѣхъ приведенныхъ примѣровъ можно видѣть, что на поверхности земной коры *конечными* продуктами вывѣтриванія сложныхъ силикатныхъ минераловъ, изъ которыхъ состоятъ первобытныя горныя породы, являются окислы, ихъ гидраты и простыя соли, а именно:

Щелочи (K и Na) въ концѣ концовъ оказываются въ соединеніи, главнымъ образомъ, съ сильными кислотами (соляной и серной). Образовавшіяся при этомъ легко растворимыя соли или поступаютъ въ морскія воды, или вызываютъ солонцеватость породъ, если скопляются въ послѣднихъ.

Щелочноземельные металлы (Ca и Mg) соединяются, по преимуществу, съ углекислотой и въ видѣ углесолей даютъ обширныя и мощныя отложенія (мраморы, известняки, доломиты и т. д.).

Полутороокисные элементы (Fe и Al) даютъ безводныя и водныя окиси (бурый и магнитный желѣзняки, бокситъ и гидраргиллитъ и т. д.). Впрочемъ, относительно глинозема необходимо замѣтить, что это основаніе весьма трудно отщепляется отъ двуокиси кремнія и даетъ съ нею весьма стойкій, трудно вывѣтривающійся минералъ—каолинитъ, который скопляется въ продуктахъ вывѣтриванія и образуетъ мощныя залежи глинъ.

Кремній выдѣляется въ видѣ халцедона, опала и кварца.

*Такимъ образомъ, процессъ вывѣтриванія сложныхъ силикатныхъ минераловъ выражается въ постепенномъ образованіи все болѣе и болѣе простыхъ соединеній, которыя при условіяхъ, господствующихъ нынѣ на земной поверхности оказываются наиболее устойчивыми.* Очевидно,

что при иныхъ условіяхъ процессъ превращенія минераловъ можетъ пойти и по обратному пути. Во всякомъ случаѣ, въ почвенныхъ образованіяхъ намѣченный нами ходъ превращенія минераловъ является основнымъ, опредѣляющимъ почвообразовательные процессы.

### Вывѣтриваніе горныхъ породъ.

Познакомившись съ вывѣтриваніемъ отдѣльныхъ минераловъ въ природѣ, мы уже получили въ общихъ чертахъ представленіе о тѣхъ процессахъ, которые должны имѣть мѣсто при вывѣтриваніи сложныхъ горныхъ породъ. Направленіе вывѣтриванія горныхъ породъ, а также характеръ и составъ образующихся продуктовъ вывѣтриванія, какъ остающихся на мѣстѣ, такъ и выносимыхъ въ растворѣ изъ породъ, очевидно, также въ сильной степени, зависитъ отъ внѣшнихъ условій, при которыхъ протекаетъ процессъ вывѣтриванія.

Къ сожалѣнію, въ настоящее время не представляется возможнымъ съ необходимой полнотой и опредѣленностью освѣтить послѣднюю сторону вопроса, такъ какъ при изученіи продуктовъ вывѣтриванія горныхъ породъ до послѣдняго времени не обращалось достаточно вниманія на характеристику и оцѣнку внѣшнихъ факторовъ вывѣтриванія; между тѣмъ для выясненія основныхъ вопросовъ вывѣтриванія горныхъ породъ, особенно же—происхожденія почвенныхъ типовъ, эта сторона вопроса представляется наиболее существенной. Въ послѣднее время со стороны почвовѣдовъ обращено особое вниманіе на роль внѣшнихъ факторовъ въ процессахъ вывѣтриванія и почвообразованія.

Ходъ вывѣтриванія горныхъ породъ можетъ быть изучаемъ двумя путями, во-первыхъ, на матеріалѣ, полученномъ опытнымъ путемъ, и, во-вторыхъ, на данныхъ изслѣдованія горныхъ породъ и продуктовъ ихъ вывѣтриванія въ природѣ.

#### *Примѣръ вывѣтриванія горныхъ породъ въ искусственныхъ условіяхъ.*

Для примѣра изученія процесса вывѣтриванія, въ условіяхъ близкихъ къ природнымъ, путемъ специально поставленнаго опыта, можетъ быть пока приведенъ только одинъ опытъ (Гильгера), но и тотъ сравнительно мало выясняетъ направленіе вывѣтриванія.

Опыты Гильгера, имѣли цѣлью выяснитъ направленіе и характеръ вывѣтриванія нѣсколькихъ горныхъ породъ при условіяхъ, близкихъ къ природнымъ. Для рѣшенія такового вопроса 4 цинковыхъ сосуда, площадью 1000 кв. с., были наполнены мелкими кусками четырехъ горныхъ породъ (каждой—около 20 клгр. на сосудъ); затѣмъ оставлены снаружи подъ воздѣйствіемъ атмосферныхъ дѣятелей; причѣмъ въ теченіе первыхъ 5 лѣтъ воды, просачивавшіяся чрезъ породы, собирались и анализировались. Въ началѣ опыты для всѣхъ породъ былъ сдѣланъ валовой анализъ; затѣмъ, по мѣрѣ хода вывѣтриванія, также производились анализы, но анализу подвергалась не вся масса той или другой породы, а только образовавшійся изъ нея при вывѣтри-

ваніи мелкоземъ. А потому, такъ какъ у насъ нѣтъ основаній признать, что подвергавшіеся анализу продукты вывѣтриванія произошли равномерно изъ всей массы горной породы (напротивъ, скорѣе можно полагать, что они образовались изъ болѣе легко вывѣтривавшихся частей горной породы), то сравненіе аналитическихъ данныхъ для первоначальныхъ горныхъ породъ и для ихъ только мелкихъ продуктовъ вывѣтриванія, очевидно, не можетъ дать сколько-нибудь определенныхъ указаній на ходъ вывѣтриванія; въ виду чего соответствующими данными и не приходится воспользоваться. Изъ работы Гильгера заслуживаютъ нашего вниманія только результаты, относящіяся къ количеству и составу веществъ, вынесенныхъ просачившимися водами изъ горныхъ породъ при ихъ вывѣтриваніи; каковыя и приводятся въ нижеслѣдующей таблицѣ:

	Принесено атмосферною водою <sup>2)</sup> .	Съ дренажною водою за 5 лѣтъ (1875—1880) вынесено <sup>1)</sup> изъ			
		Желтаго песчаника.	Юрскаго известняка.	Бѣлаго песчаника.	Слюдяного сланца.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0216	0,0	0,0	0,0027	0,0
CaO	0,4153	1,0532	0,7453	0,3821	0,3570
MgO	0,0621	0,0095	0,0611	0,0250	0,1635
K <sub>2</sub> O	0,3347	0,0	0,4749	0,4509	} 0,4943
Na <sub>2</sub> O	0,1306	0,3663		0,8500	
SO <sub>8</sub>	0,6544	0,5130	0,2199	0,8706	0,5821
SiO <sub>2</sub>	0,0063	0,1192	0,1415	0,1390	0,1807
Сумма	1,6280	2,0602	1,6427	2,7293	1,7776

Изъ данныхъ таблицы слѣдуетъ, что вымываніе вообще шло весьма медленно; въ относительно наибольшихъ количествахъ вымывалась известь, затѣмъ — щелочи и сѣрная кислота (?), и немного — двуокись кремнія; полутороокиси, можно считать, совершенно не выносились; въ дренажныхъ водахъ изъ нѣкоторыхъ горныхъ породъ ихъ было даже менѣе, чѣмъ въ атмосферной водѣ. Такимъ образомъ, въ опытѣ Гильгера горныя породы при вывѣтриваніи относительно обогащались глиноземомъ и желѣзомъ и обѣднялись остальными веществами. Преобладаніе въ дренажныхъ водахъ сильныхъ оснований, задержка полутороокисей въ продуктахъ вывѣтриванія—все это говорить за то, что мы имѣемъ передъ собою первый типъ щелочнаго вывѣтриванія, намѣченный на стр. 61.

*Примѣры вывѣтриванія горныхъ породъ въ природѣ.*

*Предварительныя замѣчанія.* Переходя къ обзору аналитическихъ данныхъ по изслѣдованію горныхъ породъ и продуктовъ ихъ вывѣтриванія въ природѣ мы должны сдѣлать нѣсколько предварительныхъ оговорокъ относительно той осторожности, съ которою слѣдуетъ пользоваться такими данными, дѣлая изъ нихъ выводы о характерѣ вывѣтриванія. Необходимо, во-первыхъ, быть увѣреннымъ, что вывѣтрив-

<sup>1)</sup> За вычетомъ веществъ, приносимыхъ въ атмосферной водѣ.  
<sup>2)</sup> Опыты велись въ горѣ, почему атмосфер. воды оказались богатыми солями.

шая масса, подвергнутая анализу, есть дѣйствительно продуктъ вывѣтриванія всей данной породы, а не тѣхъ или другихъ отдѣльныхъ, входящихъ въ нее, болѣе легко вывѣтривающихся минераловъ; во-вторыхъ, надо имѣть въ виду возможность какъ приноса со стороны къ продукту вывѣтриванія, такъ и выноса изъ него веществъ не только въ растворѣ, но и въ твердомъ состояніи. Оба эти обстоятельства имѣютъ существенное значеніе въ томъ случаѣ, когда мы имѣемъ въ виду не только узнать, какой продуктъ получается, но стремимся также выяснитъ себѣ, благодаря какимъ процессамъ и при какихъ условіяхъ образуется данный продуктъ вывѣтриванія. А поэтому, такъ какъ въ большинствѣ случаевъ мы не можемъ съ полною точностью выяснитъ степени участія всѣхъ выше отмѣченныхъ побочныхъ обстоятельствъ, то, изучая продукты вывѣтриванія въ природѣ и дѣлая изъ полученныхъ данныхъ выводы, мы должны быть въ высшей степени осторожными и обосновывать наши выводы по возможности лишь на большомъ числѣ аналогичныхъ наблюдений. Тѣ же соображенія должны быть принимаемы во вниманіе и при разсмотрѣніи частныхъ данныхъ, представляющихъ отклоненія отъ обычныхъ нормъ вывѣтриванія.

*Примѣръ вывѣтриванія гранита.* Въ нижеслѣдующей таблицѣ приводятся данныя валового анализа слюдяного гранита (гр. I) и продукта его вывѣтриванія (гр. II).

*Свѣжій и вывѣтрившійся гранитъ изъ окр. Колумбіи Сѣв.-Амер. Штатовъ.*

	Свѣжій гранитъ.	Гранитъ, превратившійся въ песокъ.	Потеря вещества въ % отъ всей первоначальной породы.	% потери отдѣльныхъ веществъ.
	I	II	III	IV
Потеря прокаливанія.	1,22%	4,70%	—	—
SiO <sub>2</sub> . . . . .	69,33	65,69	9,49%	14,86%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	14,33	15,23	0,46	3,23
FeO . . . . .	3,60	—	—	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	—	4,39	0,00	0,00
CaO . . . . .	3,21	2,63	0,81	25,21
MgO . . . . .	2,44	2,64	0,36	1,49
Na <sub>2</sub> O . . . . .	2,70	2,12	0,77	28,62
K <sub>2</sub> O . . . . .	2,67	2,00	0,85	31,98
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,10	0,06	0,04	40,00
Сумма . . . . .	99,60	99,76	12,72	—

Сопоставленіе данныхъ графъ I и II показываетъ, что продуктъ вывѣтриванія гранита оказывается болѣе богатымъ „потерю отъ прокаливанія“, величина которой, какъ извѣстно, зависитъ, главнымъ образомъ, отъ накопленія химически связанной воды; затѣмъ, продуктъ вывѣтриванія относительно обогатился желѣзомъ, алюминіемъ и отчасти магніемъ; процентное же содержаніе остальныхъ элементовъ въ немъ понизилось. Однако, необходимо указать, что простое сопоставленіе данныхъ процентнаго состава горной породы и продуктовъ ея вывѣтриванія не даетъ намъ правильнаго представленія о ходѣ вывѣтри-

ванія и о размѣрахъ выноса изъ породы тѣхъ или другихъ элементовъ, такъ какъ, напр., увеличеніе въ продуктахъ вывѣтриванія процентнаго содержанія того или другого элемента (въ нашемъ случаѣ  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$  и  $MgO$ ) не можетъ еще говорить, что таковой не вымывался или же вымывался въ малыхъ количествахъ; оно указываетъ только на то, что данный элементъ пропорціонально ко всему содержанію его въ породѣ вымывался слабѣе, чѣмъ другіе. Строго говоря, разъ при вывѣтриваніи горной породы есть вообще выносъ вещества, то надо признать, что собственно всѣ элементы выносятся, разница же въ процентномъ составѣ первоначальной породы и продуктовъ вывѣтриванія обуславливается только различными относительными количествами, въ которыхъ отдѣльные элементы выносились изъ породы. Чтобы установить, въ какихъ относительныхъ количествахъ выносились отдѣльные элементы, слѣдуетъ условно принять, что тотъ элементъ, процентное содержаніе котораго въ продуктѣ вывѣтриванія относительно наиболѣе возрасло, какъ бы совершенно не выносился, и при этомъ условіи вычислить потерю остальныхъ элементовъ въ % отъ всей первоначальной массы <sup>1)</sup>; соответствующія данныя приведены нами въ графѣ III; они показываютъ относительныя количества вымытыхъ веществъ; и мы видимъ, что всѣ элементы собственно выносились, и что только кремнеземъ былъ вынесенъ въ наибольшемъ количествѣ (9,49 гр. изъ 100 гр. породы) <sup>2)</sup>, затѣмъ слѣдуетъ калий и т. д. Если мы затѣмъ вычислимъ въ процентахъ количество отдѣльныхъ вымытыхъ элементовъ отъ всего ихъ содержанія въ первоначальной горной породѣ, то получимъ данныя, приведенныя въ графѣ IV; они показываютъ, что порода при вывѣтриваніи *относительно* наиболѣе энергично обдѣнялась  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $CaO$  и  $P_2O_5$ . Какъ мы видимъ, только примѣненная нами обработка данныхъ анализа продуктовъ вывѣтриванія даетъ вполне правильное и наглядное представленіе о характерѣ этого процесса; почему таковая и будетъ нами примѣнена во всѣхъ послѣдующихъ примѣрахъ вывѣтриванія.

*Примѣръ вывѣтриванія андезита въ субтропическомъ климатѣ.*  
Въ нижеслѣдующей таблицѣ приводятся данныя валоваго анализа

<sup>1)</sup> Въ данномъ случаѣ мы приняли, что какъ бы совершенно не вымывалось желѣзо, котораго въ видѣ окиси въ гранитѣ было 4%, а въ продуктѣ вывѣтриванія 4,39%. Поэтому, если мы теперь 4,39% приравниваемъ 4, мы должны соответственно уменьшить въ продуктѣ вывѣтриванія процентное содержаніе и для остальныхъ веществъ, т. е. ихъ содержаніе умножить на отношеніе  $\frac{4}{4,39} = 0,911$ . Такъ, напр., для  $SiO_2$  мы получаемъ  $65,69 \times 0,911 = 59,84$ , вычитая затѣмъ послѣднюю цифру изъ процентнаго содержанія кремнезема въ гранитѣ ( $69,33 - 59,84 = 9,49$ ), мы узнаемъ потерю кремнезема въ % отъ всей первоначальной горной породы, т. е. изъ 100 гр. гранита, при условіи невымыванія желѣза, унесено 9,49 гр.  $SiO_2$ ; соответствующія перечисленія произведены и для другихъ элементовъ.

<sup>2)</sup> Сверхъ того кремнезема, который былъ вынесенъ въ пропорціональномъ соответствіи съ желѣзомъ.

андезита (изъ Чаквы близъ Батума)—гр. I и продукта его вывѣтриванія—латерита (см. стр. 45)—гр. II.

*Связій и вывѣтрившійся андезитъ изъ Чаквы (близъ Батума).*

	Андезитъ.	Продуктъ вывѣтриванія—латеритъ.	Потеря отдѣльныхъ веществъ въ % отъ всей породы.	% потери отдѣльныхъ веществъ.
	I	II	III	IV
$SiO_2$ . . . . .	47,67%	39,08%	32,04%	67,21%
$Al_2O_3$ . . . . .	20,98	20,03	9,37	44,66
$Fe_2O_3$ . . . . .	7,67	19,15	0,00	0,00
$CaO$ . . . . .	11,83	0,30	11,71	98,98
$MgO$ . . . . .	7,09	2,34	6,15	89,56
$K_2O$ . . . . .	1,19	0,22	1,10	92,43
$Na_2O$ . . . . .	2,52	0,29	2,40	95,24
$P_2O_5$ . . . . .	0,36	0,08	0,22	61,11
$CO_2$ . . . . .	0,25	0,11	0,21	—
Потеря прокаливанія .	0,44	9,40	—	—
Сумма . . . . .	100,00	100,00	63,20%	—

Данныя таблицы показываютъ, что продуктъ вывѣтриванія сталъ почти въ  $2\frac{1}{2}$  раза богаче окисью желѣза, по сравненію съ первоначальной горной породой, и вмѣстѣ съ тѣмъ относительно обогатился глиноземомъ; впрочемъ, какъ видно изъ данныхъ графъ III и IV, послѣдній, все-таки, вымывался самъ по себѣ въ значительныхъ количествахъ (44,66%). Вымываніе сильныхъ основаній и кремнезема шло исключительно энергично (оно близко къ 100%). Общая потеря вещества равняется 63,20%, т. е. вѣсовая единица латерита получилась приблизительно изъ трехъ вѣсовыхъ единицъ андезита (и это получается при условномъ допущеніи, что желѣзо вовсе не вымывалось, что едва ли могло имѣть мѣсто).

Въ двухъ приведенныхъ примѣрахъ вывѣтриванія мы наблюдаемъ, что въ относительно наименьшихъ количествахъ вымывалась та или другая полутороокись—или окись желѣза, или же глиноземъ; вымываніе же кремнезема какъ абсолютно, такъ и относительно, было весьма значительно; а въ случаѣ, какъ, напр., при вывѣтриваніи андезита изъ Чаквы, оно достигало громадныхъ количествъ; въ соответствіи съ чѣмъ продукты вывѣтриванія оказывались процентно бѣднѣе кремнеземомъ, по сравненію съ первоначальными горными породами. Такой ходъ вывѣтриванія, какъ было отмѣчено, особенно характеренъ для тропическихъ и субтропическихъ странъ (см. стр. 61), гдѣ всѣ горныя породы при нормальныхъ условіяхъ вывѣтриваются въ этомъ направленіи.

*Примѣръ вывѣтриванія суглинки съ образованіемъ изъ него подзолистой почвы во влажномъ умеренно-холодномъ климатѣ.* Въ приводимомъ ниже примѣрѣ мы знакомимся съ продуктомъ вы-

вѣтрянiя, протекавшаго въ сильно выщелачивавшейся средѣ при участii перегнойныхъ веществъ въ умѣренно-холодномъ климатѣ; при каковомъ процесѣ изъ горной породы — суглинка образовался продуктъ вѣтрянiя — подзолистая почва, которая, въ противоположность двумъ предыдущимъ примѣрамъ, обѣднѣе, по сравненiю съ своимъ исходнымъ матеріаломъ, полутороокисями и относительно обогатилась кремнеземомъ, какъ это видно изъ данныхъ нижеслѣдующей таблицы:

Валовой составъ минеральной части суглинка и продукта его вѣтрянiя (подзолистой почвы). Вологод. г., Молочнохоз. Инст.

	Валовой составъ минеральной части.		Относительное содержание вещества въ почвѣ при условii невымыванiя SiO <sub>2</sub> .	Потери отдѣльныхъ веществъ въ % (или на 100 гр.) отъ всей породы, (Разн. между числами I и III гр.).	% потери отдѣльныхъ веществъ отъ ихъ общей массы въ первоначальной породѣ.
	для мореннаго суглинка.	для образовавшейся изъ него почвы (продукта вѣтрянiя).			
	I.	II.	III.	IV	V.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	71,28%	79,90%	71,28%	8,00%	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	13,78 "	8,13 "	7,25 "	6,53 "	47,40%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	6,35 "	3,22 "	2,87 "	3,48 "	54,8 "
CaO . . . . .	1,32 "	1,26 "	1,12 "	0,20 "	15,2 "
MgO . . . . .	2,24 "	1,33 "	1,19 "	1,05 "	46,9 "
K <sub>2</sub> O . . . . .	2,45 "	2,39 "	2,13 "	0,32 "	13,6 "
Na <sub>2</sub> O . . . . .	1,61 "	(1,88 "	(1,68 "	—	—

Какъ видно изъ гр. I и II таблицы, минеральная часть подзолистой почвы при сравненii съ первоначальной породой, особенно сильно обогатилась кремнеземомъ (съ 71,28 до 79,90%) <sup>1)</sup>; наибольшiя же абсолютныя и относительныя потери относятся къ полутороокисямъ; такимъ образомъ, въ третьемъ примѣрѣ мы имѣемъ, какъ результатъ вѣтрянiя — продуктъ, обогащенный SiO<sub>2</sub> и обѣдненный Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; слѣдовательно, результатъ — обратный двумъ первымъ примѣрамъ. Каковой продуктъ получился при вѣтрянiи въ средѣ сильно выщелачивавшейся и при участii органическихъ веществъ, въ томъ числѣ перегнойныхъ кислотъ, ненасыщенныхъ оснований, т. е. въ кислой средѣ.

**Общiе выводы.** Бросая общiй взглядъ на результаты приведенныхъ примѣровъ вѣтрянiя, мы можемъ наблiсти какъ бы два типа въ направлени вѣтрянiя, основываясь какъ на продуктахъ, остающихся на мѣстѣ, такъ и на веществахъ, выносимыхъ

<sup>1)</sup> Данныя для натрiя не приняты во вниманiе въ виду возможной, относительно существенной, неточности въ его опредѣленii при маломъ абсолютномъ его содержанii; при послѣднемъ условii абсолютно небольшая неточность можетъ сильно влiять на выводы.

въ преобладающихъ количествахъ. Въ первомъ примѣрѣ вѣтрянiя (гранита, см. стр. 65) скопившiеся на мѣстѣ продукты оказались обогащенными, главнымъ образомъ, полутороокисями (окисью желѣза и глиноземомъ), большинство же остальныхъ оснований вымывались въ весьма большихъ количествахъ, и вмѣстѣ съ тѣмъ шло энергичное вымыванiе кремнезема. Во второмъ примѣрѣ, направлени вѣтрянiя (образованiе латерита изъ андезита, стр. 66) осталось такимъ же, но съ еще болѣе рѣзкимъ проявленiемъ тѣхъ же особенностей — въ формѣ накопленiя полутороокисей и рѣзкаго вымыванiя кремнезема. Въ третьемъ примѣрѣ, при вѣтрянiи суглинка и образованii подзолистой почвы, наблюдается обратное: относительное обогащенiе продукта вѣтрянiя кремнеземомъ и обѣдненiе его полутороокисями. Остальныя же основания, а именно, K, Na, Ca и Mg, какъ и въ двухъ первыхъ приведенныхъ примѣрахъ, относительно выносились въ большихъ количествахъ.

Такимъ образомъ, изъ приведенныхъ примѣровъ намѣчаются два рѣзко вырисовывающiеся типа вѣтрянiя; каждый изъ нихъ естественно связанъ съ особыми внѣшними условiями, опредѣляющими его направлени. Первый, какъ указано, болѣе характерно проявляется въ жаркихъ тропическихъ странахъ, второй — во влажномъ умѣренно-холодномъ климатѣ (въ сѣверной тайгѣ).

Намѣченные типы вѣтрянiя, очевидно, не могутъ охватить всего разнообразiя наблюдаемыхъ въ природѣ таковыхъ же процессовъ, а также и зависимости ихъ отъ внѣшнихъ естественно-историческихъ условii; но мы пока ограничимся сказаннымъ, откладывая болѣе детальное изученiе вопросовъ о типахъ вѣтрянiя до разсмотрѣнiя почвообразовательныхъ процессовъ въ отдѣльныхъ почвенныхъ образованiяхъ.

Относительно отдѣльныхъ элементовъ при процесѣ вѣтрянiя горныхъ породъ въ настоящее время выясняется слѣдующее.

При вѣтрянiи „первобытныхъ“ горныхъ породъ мы прежде всего можемъ наблiдять накопленiе въ продуктахъ вѣтрянiя гидратной воды; каковое накопленiе, очевидно, связано съ образованiемъ изъ „бездонныхъ“ минераловъ „водныхъ“, какъ-то: каолинитовъ, серпентинитовъ, гидратовъ окиси желѣза, глинозема, „цеолитоподобныхъ“ продуктовъ присоединенiя“ и т. д. Впрочемъ, необходимо замѣтить, что въ извѣстныхъ случаяхъ, а именно, когда вѣтрянiе заходитъ глубоко, въ свою очередь начинаютъ разлагаться „водные“ вторичные минералы, и продукты вѣтрянiя могутъ обѣдняться водою; такое обѣдненiе является характернымъ для второго намѣченнаго типа вѣтрянiя, когда разложенiе коснется „водныхъ“ силикатовъ, а изъ продуктовъ вѣтрянiя начнутъ вымываться гидраты окиси желѣза и глинозема; примѣромъ такого обѣдненiя водою продукта вѣтрянiя могутъ служить подзолистыя почвы по сравненiю съ ихъ материнскими породами.

Щелочные металлы, *калій и натрій*, во всѣхъ случаяхъ вывѣтриванія вымываются въ *относительно* большихъ количествахъ.

*Кальцій* является элементомъ, который также во всѣхъ случаяхъ вывѣтриванія выносится въ большихъ количествахъ. То же самое можно сказать и относительно *магнія*, замѣтивъ только, что наблюдаются случаи, тогда этотъ элементъ вымывается крайне слабо; въ этихъ случаяхъ можно предполагать образование серпентина—минерала весьма стойкаго, аналогичнаго каолиниту. Для кальція весьма характерно то, что этотъ элементъ какъ бы защищаетъ желѣзо и алюминій отъ ихъ вымыванія изъ продуктовъ вывѣтриванія; дѣйствительно, обычно наблюдается, что пока порода богата кальціемъ, и именно, въ формѣ углесолей, желѣзо и алюминій вымываются изъ породы лишь слабо. Причину такой зависимости надо искать въ томъ обстоятельстве, что до тѣхъ поръ, пока въ породѣ достаточно извести для нейтрализаціи перегнойныхъ кислотъ, „растворяющая“ роль послѣднихъ по отношенію къ желѣзу и алюминію не можетъ проявляться въ замѣтной степени.

Энергія вымыванія полутороокисей—*окиси желѣза и глинозема*, зависитъ отъ условій, при которыхъ происходитъ вывѣтриваніе: въ случаѣ перваго типа вывѣтриванія эти основанія накапливаются въ продуктахъ вывѣтриванія, при второмъ же типѣ вывѣтриванія, особенно при большомъ участіи свободныхъ перегнойныхъ кислотъ, они энергично вымываются. Въ чемъ заключаются болѣе благоприятныя условія для выноса одного изъ этихъ основаній предъ другимъ, остается пока не выясненнымъ; во всякомъ же случаѣ, для выноса желѣза несомнѣнно благоприятны восстановительные процессы.

Относительно вымыванія изъ продуктовъ вывѣтриванія *кремнезема* и накопленія его въ нихъ можно сказать, что мы имѣемъ для этого вещества соотношенія обратныя тѣмъ, которыя мы наблюдаемъ для полутороокисей. Такъ какъ многія горныя породы содержатъ въ большихъ количествахъ кремнеземъ (болѣе 50%), то, очевидно, что при процессахъ вывѣтриванія, когда въ продуктахъ вывѣтриванія кремнеземъ не только не накапливается, а, напротивъ, относительно убываетъ, таковой долженъ выноситься въ весьма большихъ количествахъ. Если же принять во вниманіе, что во всѣхъ горныхъ породахъ значительная часть кремнезема находится въ видѣ кварца, то приходится допустить, что при первомъ типѣ вывѣтриванія и кварцъ подвергается растворенію. Во всякомъ случаѣ, этотъ вопросъ заслуживаетъ особаго вниманія и изученія.

#### Скорость вывѣтриванія.

Выясненіе скорости вывѣтриванія представляетъ для насъ большой интересъ, такъ какъ, зная скорость вывѣтриванія, мы получаемъ основанія для сужденія о времени, потребномъ для образованія той или другой горной породы, являющейся продуктомъ вывѣтрива-

нія, а также и представленіе о быстротѣ пополненія въ горныхъ породахъ питательныхъ веществъ. Однако, до настоящаго времени этотъ вопросъ, разрѣшеніе котораго, впрочемъ, представляетъ громадныя трудности, остается почти что совершенно не освѣщеннымъ и едва затронутымъ разработкой.

Въ общемъ замѣтимъ, что скорость вывѣтриванія весьма различна въ зависимости отъ свойствъ и состава горныхъ породъ, отъ климатическихъ условій, отъ участія въ этомъ процессѣ тѣхъ или другихъ растений и животныхъ и отъ условій залеганія породъ. За тѣмъ укажемъ, что обычно „кислыя“ кристаллическія горныя породы вывѣтриваются медленнѣе, чѣмъ „основныя“; вообще же первобытныя горныя породы подвергаются химическому вывѣтриванію легче, чѣмъ осадочныя (за исключеніемъ углекислыхъ), такъ какъ первыя породы, образовавшіяся при высокой температурѣ, содержатъ въ себѣ болѣе минераловъ, малоустойчивыхъ при условіяхъ господствующихъ нынѣ на земномъ шарѣ, чѣмъ вторыя.

Влага и тепло содѣйствуютъ химическому вывѣтриванію; однако, слабое проявленіе при этихъ условіяхъ механическаго разрушенія можетъ сдѣлать общій ходъ вывѣтриванія медленнымъ. Поэтому, въ общемъ нельзя сказать, что вывѣтриваніе въ теплое и влажное климатѣ непременно происходитъ быстрѣе, чѣмъ въ холодномъ.

Растенія и животныя ускоряютъ разложеніе горныхъ породъ; но, въ извѣстныхъ случаяхъ растительность, образуя сплошной покровъ надъ поверхностью породы, можетъ защищать ее отъ разрушающаго дѣйствія атмосферныхъ дѣятелей.

Такимъ образомъ, мы видимъ, что скорость вывѣтриванія горныхъ породъ въ значительной степени зависитъ отъ сочетанія условій, опредѣляющихъ ходъ механическаго и химическаго вывѣтриванія; влияние же внѣшнихъ факторовъ на скорость обоихъ этихъ видовъ вывѣтриванія часто проявляется въ противоположномъ направленіи.

## Органическія вещества почвы.

### I. Составъ и свойства органическихъ веществъ почвы.

#### Понятіе о перегнойныхъ веществахъ почвы и ихъ значеніе.

Изучая въ почвахъ ихъ органическую часть, мы находимъ въ ней, съ одной стороны, еще неподвергнушіеся разложенію, или, если и начавшіе разлагаться, то еще сохранившіе свое первоначальное строеніе, остатки растений и животныхъ, съ другой стороны, — однородныя безструктурныя органическія вещества въ общей массѣ темнаго (чернаго) цвѣта, представляющія "продукты" глубокаго разложенія остатковъ растений и животныхъ (можно полагать, въ большинствѣ случаевъ прошедшія черезъ стадію жидкаго состоянія).

Если на дѣлѣ и не представляется возможнымъ провести рѣзкой границы между двумя вышеуказанными группами органическихъ веществъ, содержащихся въ почвѣ, то, во всякомъ случаѣ, теоретически къ *собственно* органическимъ веществамъ почвы относятъ только вещества второй категоріи, которыя могутъ считаться, какъ бы „усвоенными“ почвенной массой, и эту часть органическихъ веществъ почвы и называютъ *перегноемъ почвы или перегнойными веществами, или же гумусомъ*. При лабораторномъ опредѣленіи въ почвѣ перегнойныхъ веществъ изъ почвеннаго образца, по возможности, удаляютъ всѣ видимые, еще не вполне разложившіеся, остатки растений и животныхъ; хотя, конечно, достигать полнаго выдѣленія этихъ остатковъ изъ почвеннаго образца и не удается.

Значеніе перегнойныхъ веществъ въ природѣ почвъ велико. Ихъ количество, характеръ и распредѣленіе по горизонтамъ почвы находятся въ тѣсной зависимости отъ условій образованія почвъ и опредѣляютъ наиболѣе существенныя особенности отдѣльныхъ почвенныхъ образованій. Въ содержаніи, въ свойствахъ и въ распредѣленіи перегноя, главнымъ образомъ, и выражаются характерныя признаки и отличія для почвенныхъ типовъ, наблюдаемыхъ на земномъ шарѣ.

Производительность почвъ также тѣсно связана съ перегнойными веществами — съ ихъ количествомъ въ почвѣ и характеромъ;

такъ, для цѣлага ряда почвъ, исключивъ почвы, образовавшіяся при избыткѣ воды или въ исключительно сухомъ климатѣ, мы наблюдаемъ тѣсную связь между богатствомъ почвъ перегноемъ и ихъ производительностью. Такого рода зависимость обуславливается, съ одной стороны, тѣмъ, что почвенная среда, богатая сама по себѣ питательными для растений элементами, благоприятствуетъ накопленію въ почвѣ органическихъ веществъ, создавая обильную растительность; съ другой стороны, — тѣмъ, что богатство почвы до извѣстнаго предѣла перегнойными веществами создаетъ въ ней благоприятныя условія для растений, во-первыхъ, вслѣдствіе того, что изъ перегнойныхъ веществъ при ихъ разложеніи выдѣляются минеральныя соли, служащія для питанія растений, а также углекислота, ускоряющая раствореніе минеральной части почвы, и, во-вторыхъ, вслѣдствіе того, что перегнойныя вещества придаютъ почвѣ благоприятныя для растений физическія свойства. Почва, при достаткѣ въ ней перегнойныхъ веществъ и нѣкоторыхъ основаній (Ca, Al, Fe) въ дѣятельной формѣ, сравнительно легко можетъ принимать крупитчатую структуру, обладая которою, она легко воспринимаетъ атмосферную влагу и хорошо ее удерживаетъ, вмѣстѣ съ тѣмъ не заболачиваясь и, такимъ образомъ, оставаясь въ условіяхъ благоприятныхъ для провѣтриванія.

Перегнойныя вещества почвы представляютъ собою остатки отъ разложенія населявшихъ и населяющихъ земную кору растительныхъ и животныхъ организмовъ и ихъ отбросовъ. Первоисточникомъ всѣхъ органическихъ веществъ на земномъ шарѣ являются хлорофильныя растенія, которыя изъ минеральной пищи создаютъ органическія вещества, потребляемыя ими самими на построеніе своихъ тканей и на жизненные процессы. Органическія вещества, какъ-то — клѣтчатка, крахмалъ, сахаръ, бѣлковыя вещества, орг. кислоты и др., созданныя растеніями при синтетическомъ процессѣ съ поглощеніемъ солнечной энергіи, служатъ пищею для безчисленнаго міра животныхъ и безхлорофильныхъ растений, претерпѣваютъ рядъ превращеній, въ частности, даютъ начало перегнойнымъ веществамъ почвы, и въ конечномъ результатѣ превращаются въ простыя минеральныя соединения: углекислоту, углеродъ, воду, метанъ, водородъ, азотную, фосфорную и сѣрную кислоты и т. д. Въ совокупности весь этотъ весьма разнообразный и сложный процессъ превращеній называютъ разложеніемъ органическихъ веществъ. Этотъ процессъ, будучи противоположнымъ синтезу органическихъ веществъ въ растеніяхъ, происходитъ съ выдѣленіемъ энергіи и является необходимымъ условіемъ постоянного возобновленія и поддержанія жизни на земномъ шарѣ, такъ какъ въ противномъ случаѣ поверхность земнаго шара покрылась бы столь мощнымъ слоемъ органическихъ остатковъ, что растенія были бы отрѣзаны отъ необходимыхъ для нихъ источниковъ минеральной пищи.

Исходя изъ вышесказаннаго, мы могли бы разсматривать перегнойныя вещества почвы, какъ одинъ изъ этаповъ на пути превращенія растительныхъ остатковъ въ минеральныя соединения. Однако,

накопление ихъ въ большихъ количествахъ въ природѣ, находящееся въ связи съ ихъ стойкостью по отношенію къ процессамъ разложенія, а также и ихъ составъ, съ которымъ мы ниже познакомимся, указываютъ намъ на особую роль этихъ веществъ въ явленіяхъ природы; а именно: перегнойныя вещества являются, какъ бы хранителями энергіи, накопляемой на земномъ шарѣ хлорофильными растеніями. Къ той же группѣ веществъ относятся торфы, каменные угли, нефть и т. д.; они скопляютъ въ себѣ запасы энергіи, которую используетъ человекъ. Всѣ подобнаго рода вещества представляютъ въ природѣ какъ-бы консервативное начало; „перегнойныя вещества“, проницательно замѣчаетъ Мульдеръ, знаменитый изученіемъ перегнойныхъ веществъ почвы: „не могутъ въ наше либеральное время (1861 г.) привлечь къ себѣ симпатій“.

### Элементарный составъ перегнойныхъ веществъ.

Имѣя въ виду разнообразіе веществъ, которыя входятъ въ составъ растеній и животныхъ, и различія въ условіяхъ ихъ разложенія, мы естественно должны предполагать, что и происходящій изъ нихъ перегной не является однороднымъ химическимъ тѣломъ, а представляетъ смѣсь различныхъ химическихъ соединений. Однако, до сихъ поръ, несмотря на значительное число работъ въ этомъ направленіи, не удалось еще разбить перегнойныя вещества на опредѣленные химическія соединения; пока ихъ подраздѣляютъ, главнымъ образомъ, на группы веществъ съ болѣе или менѣе общими физико-химическими свойствами и только въ самое послѣднее время изъ перегноя выдѣлены отдѣльныя опредѣленные химическія тѣла; но, они далеко еще не характеризуютъ всю его природу.

При разсмотрѣннн элементарнаго состава перегнойныхъ веществъ мы имѣемъ въ виду выяснитъ, какіе элементы и въ какихъ относительныхъ количествахъ входятъ въ перегнойныя вещества. Однако, въ этомъ случаѣ мы наталкиваемся на непреодолимые затрудненія. Въ природѣ перегнойныя вещества не находятся обособленными, а всегда—въ смѣси съ минеральными соединениями; въ почвахъ послѣднія преобладаютъ; между тѣмъ, мы не располагаемъ способами для разъединенія однихъ отъ другихъ. Прокаливаніемъ почвы мы можемъ удалить изъ нея всѣ перегнойныя вещества но при этомъ, съ одной стороны, въ остаткѣ (золѣ) остаются „нелетучіе“ элементы, входившіе въ составъ перегнойныхъ веществъ, съ другой же стороны, улетучивается часть элементовъ, заключавшихся также въ минеральной части почвы; главнымъ образомъ, теряются элементы воды (Н и О) „водныхъ“ силикатовъ.

Только углеродъ и азотъ органическихъ веществъ почвы могутъ быть опредѣлены съ достаточною точностью. Углеродъ органическихъ веществъ опредѣляется медленнымъ прокаливаніемъ почвы

въ струѣ кислорода при температурѣ, въ которой углесолн еще не разлагаются; при этомъ перегнойныя вещества сгораютъ, и весь ихъ углеродъ превращается въ углекислоту, которая улавливается щелочью и взвѣшивается; по вѣсу углекислоты опредѣляется углеродъ перегноя. Что касается опредѣленія азота органическихъ веществъ въ почвахъ, то для многихъ почвъ, опредѣляя въ нихъ общее содержаніе азота, мы можемъ также еще съ достаточною точностью судить объ азотѣ перегнойныхъ веществъ, такъ какъ почвы обыкновенно содержатъ лишь ничтожныя количества азота въ минеральной формѣ ( $\text{NH}_3$  и  $\text{HNO}_3$ ), по сравненію съ органическимъ азотомъ.

Чтобы дать, хотя бы съ нѣкоторымъ приближеніемъ, представленіе о содержаніи въ общей массѣ перегнойныхъ веществъ главныхъ элементовъ — С, О, Н и N, оставляя въ сторонѣ, такъ называемую, золую часть, мы ниже помѣщаемъ данныя для элементарнаго состава продуктовъ разложенія растительныхъ остатковъ внѣ почвы, въ которыхъ минеральная часть играетъ второстепенную роль; а поэтому, въ этомъ случаѣ и элементы воды (Н и О) могутъ быть даны съ достаточною точностью. Для сравненія предварительно приводится средній въ сухомъ состояннн составъ растеній (само собою понятно, весьма приблизительный), которыя являются первоисточникомъ перегноя почвы.

*Средній элементарный составъ растеній въ сухомъ состояннн по Кнопу:*

	Всего вещества.	Безъ золы.
Углерода . . . . .	45,0 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	47,4 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
Азота . . . . .	1,5 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	1,6 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
Водорода . . . . .	6,5 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	6,8 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
Кислорода . . . . .	42,0 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	44,2 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
Золы . . . . .	5,0 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	—
	100,0 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	100,0 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>

*Элементарный составъ свѣжей и разложившейся при свободномъ доступѣ кислорода древесины дуба:*

	Свѣжая.	Свѣтло-бурая.	Темно-коричневая.
Углерода . . . . .	50,64 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	53,56 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	56,21 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
Водорода . . . . .	6,00 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	5,16 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	4,86 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
Азота . . . . .	1,28 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	—	—
Кислорода . . . . .	42,05 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	41,28 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	38,39 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>

Элементарный состав органического вещества образцов торфа с различных глубин, разлагавшагося при недостатке кислорода.

	Изъ верхняго слоя, бурый съ ясными растительн. остатками.	Съ глубины 7 футовъ, почти черныи.	Съ глубины 14 футовъ, вполне черныи.
C . . . . .	57,75%	62,02%	64,07%
N . . . . .	0,80%	2,10%	4,05%
H . . . . .	5,43%	5,21%	5,01%
O . . . . .	36,02%	30,67%	26,87%
Содержаніе золы въ образц. торфа			
	100,00%	100,00%	100,00%
	2,71%	7,42%	9,16%

Процентное содержаніе азота въ сухомъ веществѣ свѣжихъ и разложившихся растительныхъ остатковъ.

Степного сѣна.		Дубовыхъ листьевъ.			Грабовыхъ листьевъ.	
свѣжаго	разлаг. 5 мѣсяц.	свѣжихъ	разлаг. 8 мѣсяц.	разлаг. 12 мѣс.	свѣжихъ	разлаг. 4 мѣсяц.
1,27	2,04	1,42	2,69	3,10	1,84	2,54

Изъ всѣхъ приведенныхъ данныхъ видно, что разложившіяся вещества, по сравненію со свѣжими растительными остатками, богаче послѣднихъ углеродомъ, содержаніе котораго въ нихъ болѣе 50%, а также и азотомъ, и вмѣстѣ съ тѣмъ бѣднѣе кислородомъ (30—40%) и водородомъ (около 5%).

Въ почвахъ, въ которыхъ минеральныя соединенія составляютъ главную часть общей почвенной массы, мы, какъ было указано, лишены въ дѣйствительности возможности, хотя бы съ нѣкоторымъ приближеніемъ, непосредственно опредѣлять количество перегнойныхъ веществъ. А поэтому, чтобы имѣть, хотя бы приблизительное представленіе о содержаніи перегноя въ почвахъ, примѣрно принимаютъ, исходя изъ состава гуминовой кислоты (см. ниже, стр. 84), содержаніе углерода въ перегнойныхъ веществахъ почвъ равнымъ 58%, и соотвѣтственно съ этимъ при вычисленіи въ почвахъ количества перегнойныхъ веществъ умножаютъ опредѣляемый при анализѣ въ почвахъ органической углеродъ на 1,724 (или получаемое количество CO<sub>2</sub> на 0,471); каковой множитель, очевидно, не можетъ при всѣхъ случаяхъ въ одинаковой мѣрѣ соотвѣтствовать дѣйствительности, такъ какъ несомнѣнно, что перегнойныя вещества почвъ, различныхъ по происхожденію, далеко не одинаковы по составу.

Процентное содержаніе азота въ почвенномъ перегноѣ. Особый интересъ представляетъ выясненіе содержанія азота въ почвенномъ

перегноѣ. Многочисленные анализы показываютъ, что процентное содержаніе азота въ перегноѣ почвы колеблется около 5%; сравнительно рѣдко оно достигаетъ 7%—обычно въ почвахъ болѣе сухихъ областей и въ болѣе глубокихъ слояхъ со старымъ гумусомъ, а также не часто опускается и ниже 4%—въ заболочивающихся почвахъ, гдѣ оказывается недостатокъ кислорода и затруднены процессы разложенія.

Въ растеніяхъ, служащихъ главнымъ источникомъ перегнойныхъ веществъ почвы, количество азота въ среднемъ не превышаетъ 1½%; слѣдовательно, при процессѣ разложенія растительныхъ остатковъ и при образованіи изъ нихъ перегнойныхъ веществъ происходитъ относительное обогащеніе азотомъ разлагающагося вещества. Постепенный ходъ такого обогащенія виденъ изъ предъидущихъ таблицъ (см. стр. 76).

Для объясненія обогащенія почвеннаго перегноя азотомъ сначала предполагали, что сами азотистыя составныя части растеній или непосредственно, или же ихъ продукты распадѣнія, разлагаются медленно, чѣмъ безазотистыя вещества; а затѣмъ, объясненіе искали въ накопленіи въ перегноѣ богатыхъ азотомъ и трудно разлагающихся остатковъ животнаго царства (насъкомыхъ) и грибовъ, въ родѣ хитина. Если указанные факторы и могутъ играть нѣкоторую роль въ разсматриваемомъ явленіи, то болѣе существенное значеніе надо признать за общежизнедѣятельностью безхлорофильныхъ организмовъ, которые, тратя (сжигая) на свои жизненные процессы углеродъ и растворявая его въ видѣ углекислоты, скопляютъ въ своихъ тканяхъ и въ перегноѣ азотъ.

„Если бактеріи и грибы“, пишетъ П. Костычевъ, „производятъ разложеніе бѣлковыхъ веществъ, образуя амміакъ и амидныя соединенія, то соединенія эти при данныхъ условіяхъ могутъ существовать не долго, потому что они сами служатъ питательными веществами для бактерій и грибовъ, а въ ихъ клеткахъ снова превращаются въ бѣлковыя вещества протоплазмы“. Можно полагать, что этотъ процессъ перехода минеральнаго азота въ органической будетъ совершаться примѣрно до тѣхъ поръ, пока богатство перегноя азотомъ не приблизится къ содержанію его въ тканяхъ грибовъ и бактерій; съ этого момента подъ вліяніемъ дѣятельности микроорганизмовъ долженъ начать преобладать процессъ минерализаціи органическаго азота. Замѣтимъ, однако, здѣсь, что, какъ будетъ ниже показано, перегнойныя вещества могутъ обогащаться азотомъ и чисто химическимъ путемъ; каковой процессъ, вѣроятно, играетъ существенную роль въ тѣхъ случаяхъ, когда накопленіе азота въ перегноѣ поднимается выше, чѣмъ его содержаніе въ веществѣ бактерій и грибовъ, и даже превосходитъ содержаніе азота въ бѣлковыхъ веществахъ.

Если въ среднемъ содержаніе азота въ почвенномъ перегноѣ приближается къ 5%, то въ отдѣльныхъ случаяхъ мы наблюдаемъ весьма большія отклоненія, которыя, очевидно, находятся въ связи со степенью разложенія перегнойныхъ веществъ въ почвѣ, а также съ тѣми условіями, при которыхъ происходило ихъ образованіе; не говоря о томъ, что и составъ первоначальнаго матеріала долженъ также играть извѣстную роль въ этомъ отношеніи. Нижеприводимая таблица знакомитъ насъ съ

процентнымъ содержаніемъ азота въ перегной почвъ различнаго происхожденія, начиная съ почвъ влажныхъ областей и переходя къ почвамъ все болѣе и болѣе сухого климата (въ концѣ таблицы добавлены данныя для торфовъ).

*Процентное содержаніе азота въ почвенномъ перегной.*

	°/о пере- гноя въ почвѣ.	°/о азота въ почвѣ.	°/о азота въ пере- гноѣ.
<b>Подзолистая лѣсная почвы:</b>			
Григоровской С.-Х. школы Нов- городской губ. . . . .	5,964	0,355	5,9
Им. Сестрино, Смол. г., Красн. у. . . . .	3,447	0,186	5,4
<b>Сѣрая лѣсная почвы:</b>			
Им. „Столбово“, Калужской губ. . . . .	3,185	0,154	4,9
Лихв. уѣзда . . . . .	0,766	0,042	5,5
<b>Черноземная степная почвы:</b>			
Новоспаскяя оп. поля Курской губерніи . . . . .	8,029	0,360	4,5
Каменная степь, Бобр. уѣзда, Воронежской губ. . . . .	1,037 11,040 3,700	0,048 0,524 0,078	4,6 4,7 6,7
<b>Пустынно-степовая почвы:</b>			
Костычевской опытной станціи Самарской губ. . . . .	1,970 1,540 0,800	0,120 0,110 0,040	6,1 7,1 5,7
Голодная степь Самарканд. обл. . . . .	0,925	0,097	10,5
<b>Торфяники:</b>			
Торфъ съ мохового болота „Лѣсной фермы“ близъ Петрограда . . . . .	97,176	1,405	1,463
Торфъ съ лугового болота Лѣсного Института (треугольникъ) . . . . .	85,802	2,325	2,702
Торфъ съ лугового болота долины рѣки Сожа, им. Сестрино, Смоленской губ. . . . .	66,702	2,478	3,715
Торфъ съ осушеннаго лугового болота, лѣсо- степной обл., им. Фандѣево, Орл. губ. . . . .	61,416	2,650	4,315

Изъ данныхъ таблицы и изъ другихъ аналитическихъ матеріаловъ вытекаетъ, что процентное содержаніе азота въ перегноѣ черноземныхъ почвъ, отличающихся богатствомъ послѣдняго, ниже, чѣмъ въ перегноѣ другихъ нормальныхъ почвъ, а именно, содержаніе азота въ перегноѣ верхнихъ слоевъ чернозема обычно не достигаетъ 5°. Къ черноземамъ въ этомъ отношеніи приближаются сѣрая лѣсная почвы. Въ остальныхъ почвахъ, болѣе бѣдныхъ перегноемъ, процентное содержаніе азота въ перегноѣ уже выше 5°. Однако, для почвъ влажныхъ областей, какъ для подзолистыхъ, это повышеніе вообще незначительно, и относится, повидимому, только къ тѣмъ почвамъ этого типа, которыя продолжительное время находились подъ культурою; но, и при этомъ условіи въ подзолистыхъ почвахъ процентное содержаніе азота

нерѣдко падаетъ и ниже 5°. Для почвъ же сухихъ областей богатство ихъ перегноя азотомъ надо признать вообще весьма характерною особенностью.

Особенно богатъ азотомъ перегноя нижнихъ почвенныхъ слоевъ и подпочвъ, и съ углубленіемъ содержаніе азота въ нихъ повышается.

Затѣмъ, когда почвы при усиленной культурѣ безъ внесенія органическаго удобренія обдѣняются перегноемъ, послѣдній также относительно обогащается азотомъ.

Перегною же заболоченныхъ почвъ и торфовъ относительно бѣденъ азотомъ.

**Составныя части и свойства перегнойныхъ веществъ почвы.**

*Общая замѣчанія.*

Составныя части перегноя почвы, на которыя его въ настоящее время обычно подраздѣляютъ, не представляютъ собою опредѣленныхъ химическихъ соединеній, а должны быть разсматриваемы, какъ мы увидимъ ниже, тоже какъ смѣсь веществъ, лишь съ болѣе однородными химическими и физическими свойствами. Послѣднее обстоятельство дѣлаетъ изученіе даже условнаго подраздѣленія перегноя на составныя части заслуживающимъ нашего вниманія, такъ какъ знаніе свойствъ отдѣльныхъ группъ перегноя веществъ позволяетъ намъ нѣсколько ближе освѣщать роль и значеніе этихъ веществъ въ почвенныхъ процессахъ.

Попытки расчленивъ перегною на опредѣленные химическія соединенія наталкиваются на большія затрудненія вслѣдствіе того, что мы имѣемъ дѣло со смѣсью весьма разнообразныхъ веществъ, находящихся въ коллоидальномъ состояніи. Лишь въ самое послѣднее время удалось изъ перегноя веществъ почвы выдѣлить значительное число опредѣленныхъ, извѣстныхъ намъ, химическихъ тѣлъ; однако, вопросъ о составѣ перегноя и его природы и въ настоящее время еще далеко нельзя считать разрѣшеннымъ.

Изученію перегноя веществъ почвы были посвящены обширныя работы въ первой половинѣ прошлаго столѣтія; въ нихъ приняла участіе весьма крупныя научныя силы того времени, среди которыхъ слѣдуетъ упомянуть имена: Соссюра, Шпренгеля, Берцелиуса и Мульдера; главнымъ образомъ трудами этихъ ученыхъ и было установлено подраздѣленіе перегноя веществъ на составляющія ихъ группы, которыми пользуются и до настоящаго времени. Работами этихъ изслѣдователей были выяснены и общія свойства выдѣляемыхъ группъ веществъ. За послѣдовавшее затѣмъ продолжительное время изученіе перегноя веществъ почвы мало подвигалось впередъ. Работы за этотъ періодъ лишь нѣсколько дополнили наши свѣдѣнія объ элементарномъ составѣ перегноя веществъ (о содержаніи въ нихъ азота и зольныхъ элементовъ), и о значеніи перегноя въ почвѣ. И только, какъ указано, въ новѣйшее время вопросъ о составѣ и свойствахъ перегноя начинаетъ получать новое освѣщеніе. Но, такъ какъ результаты работъ въ новомъ направленіи далеко еще не вылились въ законченную форму, и такъ

какъ вмѣстѣ съ тѣмъ, какъ для уясненія новыхъ работъ, такъ и для пониманія современнаго толкованія почвенныхъ вопросовъ въ связи съ перегнойными веществами, необходимо быть знакомымъ съ существовавшимъ представленіемъ о перегноѣ, его составѣ и свойствахъ, то сначала мы остановимся на старыхъ взглядахъ на перегной. Во что насъ введетъ разсмотрѣніе практиковавшихся способовъ его подраздѣленія, которое было основано, главнымъ образомъ, на отношеніи этихъ веществъ къ щелочамъ и кислотамъ.

*Подраздѣленіе перегноя на группы составляющихъ его веществъ.*

По принятому способу выдѣленіе составныхъ частей изъ почвеннаго перегноя, еще до настоящаго времени, начинается обработкою почвы на холоду слабымъ растворомъ какой-либо щелочной углесолн [NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> или K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>] въ теченіе 1—2 сутокъ; при этомъ въ растворъ переходитъ значительная часть перегнойныхъ веществъ, и вытяжка получаетъ интенсивно буро-черную окраску. Темный растворъ который содержитъ въ себѣ, главнымъ образомъ, коллоидно-растворенныя перегнойныя вещества, сливаются съ почвы; всю операцію повторяютъ нѣсколько разъ до тѣхъ поръ, пока вновь приливаемый щелочной растворъ не перестанетъ замѣтно окрашиваться.

Переходъ подъ влияніемъ углекислыхъ щелочей обычно большей части перегнойныхъ веществъ почвы въ растворъ до послѣдняго времени <sup>1)</sup> разсматривали, какъ процессъ образованія и растворенія щелочныхъ солей перегнойныхъ кислотъ, входящихъ въ составъ перегноя почвы. Присутствіе же этихъ перегнойныхъ кислотъ въ почвѣ въ нерастворенномъ состояніи объясняли тѣмъ, что онѣ находятся въ ней въ соединеніи съ другими основаніями, а именно, съ кальціемъ, магниемъ, алюминіемъ и желѣзомъ, съ которыми эти кислоты образуютъ трудно растворимыя соединенія, а также отчасти— въ видѣ свободныхъ кислотъ, также трудно растворимыхъ.

Въ соотвѣтствіе съ вышеприведеннымъ допущеніемъ перегнойныя вещества почвы, переходящія въ растворъ подъ воздѣйствіемъ щелочей, разсматривали какъ кислоты и именовали ихъ перегнойными или гумусовыми кислотами; остальную же часть перегнойныхъ веществъ, остающуюся при этой обработкѣ нерастворенною въ почвѣ, именовали индифферентными перегнойными веществами или гуминомъ.

Все вышеупомянутыя послѣдовательныя щелочныя вытяжки изъ почвы собираются затѣмъ вмѣстѣ и подкисляются соляною кислотой до ясно кислой реакціи; при этомъ, въ связи съ разложеніемъ щелочныхъ солей перегнойныхъ кислотъ, большая часть послѣднихъ выпадаетъ въ видѣ хлопьевиднаго студенистаго бурого осадка, жидкость же въ значительной степени просвѣтляется. Осѣвшій на дно

<sup>1)</sup> См. ниже „Новѣйшія возрѣнія на перегнойныя вещества“.

осадокъ собираютъ на фильтръ и промываютъ; эту часть перегнойныхъ веществъ называютъ „гуминовой кислотой“.

Въ частности, относительно выдѣленія гуминовой кислоты необходимо отмѣтить, что щелочная вытяжка изъ почвы не отстаивается вполне, а всегда содержитъ механически взмученныя тончайшія почвенныя частицы, которыя не задерживаются бумажною фильтрою; при осажденіи такой вытяжки минеральною кислотой эти суспензироваанныя частицы осаждаются вмѣстѣ съ гуминою кислотой. Только фильтрованіе щелочной вытяжки черезъ особые пористые фильтры (напримѣръ, Chamberland'a, Pasteur'a) очищаетъ ее отъ примѣсей этого рода.

Изъ раствора отъ осѣвшей гуминовой кислоты, при помощи мѣдныхъ солей, выдѣляютъ еще двѣ кислоты (группы веществъ): такъ называемую, осадочно-ключевую или апокреновую и ключевую или креновую (отъ греческаго слова κρηνη — ключъ-источникъ).

*Выдѣленіе апокреновой и креновой кислотъ.* Послѣ выдѣленія гуминовой кислоты кислый фильтратъ буроваго цвѣта, нейтрализовавъ его предварительно щелочью, подкисляютъ уксусной кислотой и прибавляютъ къ нему растворъ уксусно-кислой мѣди; образуется грязно-зеленый осадокъ (апокреново-кислая мѣдь); послѣдній собираютъ на фильтръ, промываютъ, взбалтываютъ съ водою и разлагаютъ сѣроводородомъ (осаждается сѣрнистая мѣдь). Растворъ имѣетъ бурю окраску и показываетъ ясно кислую реакцію. При выпариваніи въ осадкѣ получается опаловидная масса темнубурого цвѣта. Выдѣленное при этихъ условіяхъ вещество съ кислую реакціей называютъ *осадочно-ключевой или апокреновой кислотой*, такъ какъ оно въ первый разъ было получено изъ осадка ключевой воды (Бергелиусомъ).

Къ кислому раствору зеленого цвѣта, получившемуся послѣ осажденія апокреново-кислой мѣди, прибавляютъ въ избыткѣ уксуснокислую мѣдь и нейтрализуютъ его амміакомъ; при этомъ выпадаетъ травяно-зеленый осадокъ; послѣдній быстро промываютъ водою, взбалтываютъ съ послѣдней и разлагаютъ сѣроводородомъ; осаждается сѣрнистая мѣдь; жидкость становится безцвѣтной; она имѣетъ ясно кислую реакцію, при соприкосновеніи съ воздухомъ постепенно бурфетъ; при выпариваніи ея въ отсутствіи кислорода въ остаткѣ получается опаловидное желтоватаго цвѣта вещество. Выдѣленное такимъ путемъ вещество называютъ *ключевой или креновой кислотой*, такъ какъ таковая содержится въ ключевой водѣ.

Схематически выдѣленіе указанныхъ веществъ можетъ быть представлено слѣдующей схемою (см. стр. 82);

Кромѣ вышеуказанныхъ кислотъ изъ почвеннаго перегноя могутъ быть еще выдѣлены смолообразныя вещества, каковыя переходятъ въ растворъ при обработкѣ почвы смѣсью спирта съ эфиромъ; при прибавленіи воды къ эфирно-спиртовой вытяжкѣ изъ нея выпадаютъ смолообразныя вещества въ видѣ свѣтло-желтой эмульсии.

Изъ описаннаго хода выдѣленія составныхъ частей перегноя должно быть ясно, насколько самое подраздѣленіе перегнойныхъ веществъ является условнымъ и неопредѣленнымъ, и что нѣтъ осно-

Обработка почвы $K_2CO_3$		<i>ульмина</i>	
Въ почвѣ остаются индифферентныя вещества.	Въ растворѣ переходятъ калийныя соли перегнойныхъ кислотъ.	<i>ульминовыя кислоты</i>	
Подкисленіе раствора соляной кислотой.			
Въ осадкѣ гуминовыя кислоты, кот. отфильтровываются и промываются.	Въ растворѣ апокреповая и креновая кислоты.	Нейтрализація раствора $NH_3$ ; прибавка къ нему уксусно-кислой мѣди и подкисленіе уксусной кислотой.	
	Въ осадкѣ апокрепово-кислая мѣдь.	Въ растворѣ креново-кислая мѣдь.	Нейтрализація амміакомъ.
	Осадокъ отфильтровывается, промывается и разлагается $H_2S$ .		Въ осадкѣ креново-кислая мѣдь.
	Въ растворѣ апокреповая кислота.		Осадокъ промыв. разлагается $H_2S$ .
			Въ растворѣ креновая кислота.

ваній выдѣляемыя группы веществъ принимать за опредѣленные химическія соединенія. Это еще съ большею очевидностью выяснится изъ дальнѣйшаго изложенія.

Въ виду того, что при обработкѣ почвы *углекислыми щелочами* переходъ въ растворѣ перегнойныхъ кислотъ происходитъ сравнительно медленно, то обычно, когда имѣютъ въ виду получить только гуминовую кислоту, почву предварительно обрабатываютъ соляною кислотой и промываютъ водою. При этомъ, какъ полагаютъ, перегнойныя кислоты освобождаются отъ тѣхъ оснований, въ соединеніи съ которыми онѣ находились въ почвѣ. Послѣ такой обработки на почву дѣйствуютъ растворомъ щелочи (напр. амміакомъ); въ этомъ случаѣ щелочное основаніе энергично соединяется со свободными гуминовыми кислотами почвы и быстро переводитъ ихъ въ растворѣ. Послѣдній профильтровываютъ; при подкисленіи его избыткомъ соляной кислоты изъ него выпадаетъ гуминовая кислота.

При выше приведенномъ способѣ полученія гуминовой кислоты оказывается, что, при осажденіи ея изъ раствора, послѣдній далеко не обезцвѣчивается вполне, а остается окрашеннымъ въ болѣе или менѣе желто-буроватый цвѣтъ и содержитъ въ себѣ въ значительныхъ количествахъ органическія вещества. Послѣднія по ходу ихъ полученія приходится разсматривать, какъ кислоты типа апокреповой и креновой кислотъ; но, такъ какъ кислоты этого характера, будучи растворимыми въ минеральныхъ кислотахъ, не могли оставаться въ первоначальной почвѣ послѣ ея обработки кислотой, а должны были перейти въ растворѣ солянокислой вытяжки, то, очевидно, что онѣ образовались при дѣйствіи на перегнойныя вещества почвы мине-

ральной кислоты или щелочей. Такой выводъ находится въ полномъ соответствіи съ тѣмъ фактомъ, что если гуминовую кислоту, осажденную соляной кислотой и промытую водою, растворять въ щелочи и осаждаютъ кислотой, то каждый разъ часть вещества будетъ оставаться въ растворѣ, т. е., вновь будутъ получаться кислоты типа апокреповой кислоты. Все это указываетъ на то, насколько условенъ примѣняемый въ настоящее время способъ подраздѣленія перегнойной почвы на составныя части.

Часто изъ почвы выдѣляютъ не свободныя гуминовыя кислоты, а ихъ амміачныя соли; для чего почву, послѣ дѣйствія на нее соляной кислотой и промывки водою, обрабатываютъ растворомъ амміака; получающуюся темную амміачную вытяжку отдѣляютъ отъ почвы и непосредственно выпариваютъ и просушиваютъ. Получаемое такимъ путемъ темное вещество, которое представляетъ амміачную соль гуминовой кислоты, извѣстно подъ именемъ „matière noire“ (Грандо), т. е. „чернаго вещества“ почвы. Matière noire въ сухомъ состояніи представляетъ аморфную блестящую массу чернаго цвѣта, легко растворяющуюся почти сплошн въ водѣ.

*Составъ и свойства индифферентныхъ веществъ и гуминовой, апокреповой и креновой кислотъ.*

1) *Индифферентныя перегнойныя вещества почвы.* Составъ и свойства этихъ веществъ, часто называемыхъ также *гуминомъ*<sup>1)</sup> и остающихся въ почвѣ при обработкѣ ея щелочами въ значительныхъ количествахъ (около 20—50% отъ общей массы перегнойныхъ веществъ), остаются для насъ не выясненными. Но, надо полагать, что и ихъ роль въ свойствахъ почвы существенна.

2) *Гуминовая кислота.* При выпаденіи изъ раствора гуминовая кислота, составляющая большую часть перегнойныхъ веществъ, представляетъ хлопьевидный, студенистый осадокъ буро-чернаго цвѣта, содержащій до 91% воды. Послѣ высушиванія гуминовая кислота представляетъ черную блестящую массу, легко растирающуюся между пальцами на мелкія блестящія частицы, и уже почти совершенно не растворяется въ водѣ.

Гуминовая кислота растворима въ сильныхъ минеральныхъ кислотахъ ( $HCl$ ,  $H_2SO_4$  и  $HNO_3$ ), а также и въ эфирѣ; въ спиртѣ немного растворяется при кипяченіи. Въ водѣ свѣжеосажденная гуминовая кислота нѣсколько растворяется, причѣмъ растворѣ ея оказывается со слабо кислой реакціей.

Гуминовая кислота вытягиваетъ слабыя кислоты (угольную и борную; повидимому, фосфорную и щавелевую) изъ ихъ щелочныхъ солей; почему она и растворяется въ щелочныхъ соляхъ этихъ кислотъ; напротивъ, гуминовая кислота вытягивается и осаждается изъ своихъ растворимыхъ солей лимонною, яблочною, муравьиною, винною и уксусною кислотами.

*Элементарный составъ гуминовой кислоты.* Получая

<sup>1)</sup> Параллельно съ терминомъ: гуминъ и гуминовая кислота употреблялись термины: ульминъ и ульминовая кислота для аналогично полученныхъ веществъ изъ свѣтлыхъ продуктовъ разложенія растит. остатковъ (древесины).

искусственно (Мульдеръ и др.) изъ углеводовъ, кипяченіемъ ихъ съ сильными минеральными кислотами, вещества, сходныя съ гуминовой кислотой почвы, полагали, что эта кислота состоитъ только изъ трехъ элементовъ С, Н и О, и что всѣ остальные элементы, которые въ ней встрѣчаются, принадлежатъ къ случайнымъ примѣсямъ. Въ частности, не будучи въ состояніи удалить изъ почвенной гуминовой кислоты весь азотъ, принимали, что этотъ элементъ сохраняется въ ней въ видѣ основанія кислой амміачной соли, которая не разлагается даже сильными щелочами. Но, для всѣхъ этихъ предположеній не было сколько-нибудь серьезныхъ основаній.

Гуминовая кислота различнаго происхожденія, по анализамъ Мульдера, имѣетъ нижеслѣдующій элементарный составъ (при исключеніи золы):

	Изъ полевой почвы.	Изъ садовой почвы.	Изъ почвы съ выгона.	Изъ торфа.	Изъ истлѣвшей древесины.
С . . . . .	56,3 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	56,3 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	56,1 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	59,0 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	58,0 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
Н . . . . .	4,4 „	4,9 „	5,3 „	4,7 „	4,9 „
N . . . . .	3,3 „	3,5 „	6,1 „	3,6 „	2,8 „
О . . . . .	36,0 „	34,8 „	32,5 „	32,7 „	34,3 „

Содержаніе зольныхъ элементовъ въ гуминовой кислотѣ. На основаніи анализовъ гуминовой кислоты <sup>1)</sup> принимаютъ, что гуминовая кислота, кромѣ четырехъ органогеновъ (С, Н, О и N), а также кремнія, содержитъ въ замѣтныхъ количествахъ фосфоръ и сѣру, а затѣмъ—глиноземъ и желѣзо; щелочные же и щелочно-земельные металлы или совершенно въ ней отсутствуютъ, или находятся въ видѣ слѣдовъ.

Въ частности, что касается содержанія азота въ гуминовой кислотѣ, то послѣдняя, полученная изъ русскихъ черноземовъ (по даннымъ А. Дояренко), наиболѣе часто содержала азота около 3,5<sup>0</sup>/<sub>100</sub> (наименьшее содержаніе было 2,64<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, наибольшее—4,58%), т. е. въ среднемъ <sup>0</sup>/<sub>100</sub> содержаніе азота въ гуминовой кислотѣ меньше, чѣмъ во всемъ перегнойномъ веществѣ почвы. При этомъ изслѣдованія показали, что азотъ содержится въ гуминовой кислотѣ въ значительныхъ количествахъ въ видѣ азота амидокислотъ, отчасти въ

<sup>1)</sup> Для выясненія содержанія „зольныхъ“ элементовъ въ гуминовой кислотѣ произведено значительное число анализовъ, но большинствомъ изъ нихъ не приходится воспользоваться, такъ какъ нѣтъ увѣренности, что изслѣдовавшаяся гуминовая кислота, не будучи профильтрована въ видѣ щелочной соли чрезъ пористый глинистый фильтръ, была свободна отъ случайныхъ постороннихъ примѣсей. Впрочемъ, едва ли возможно гуминовую кислоту, полученную раствореніемъ въ щелочи и фильтрованіемъ чрезъ пористый фильтръ, а затѣмъ осажденіемъ минеральной кислотой и промываніемъ водою (даже при повтореніи всѣхъ этихъ операцій), признать совершенно очищенною отъ какихъ-либо примѣсей; дѣло въ томъ, что минеральныя вещества почвы, какъ, напримѣръ, кремневая кислота, могли аналогично гуминовой кислотѣ при тѣхъ же манипуляціяхъ проходить чрезъ фильтръ и осаждаться вмѣстѣ съ нею, а затѣмъ и переходить въ растворъ.

формѣ азота амидовъ и лишь, какъ слѣды, въ видѣ амміака; остальная часть—въ соединеніяхъ, пока неопредѣленныхъ.

Особенности солей гуминовой кислоты. Щелочныя ея соли, какъ-то амміачныя, калийныя и натровыя соли весьма легко растворимы въ водѣ; кальцій даетъ съ гуминою кислотой трудно растворимую соль, которая не разлагается свободными щелочами, а только ихъ углекислыми солями; соли магнія и закиси желѣза нѣсколько болѣе растворимы. Соли полутороокисей (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) весьма трудно растворимы, но сравнительно легко разлагаются свободными щелочными основаніями и подъ воздѣйствіемъ послѣднихъ гумин. кислота переходитъ въ растворъ. Растворимость въ водѣ всѣхъ солей гуминовой кислоты послѣ высушиванія понижается.

3) *Ключевая или креновая кислота.* Эта кислота впервые была получена (Берцелиусомъ) изъ воды одного ключа, содержащей ее въ большихъ количествахъ; отсюда она и получила свое названіе. Оставаясь на воздухѣ, растворъ ключевой кислоты бурѣетъ, и изъ него выпадаетъ бурый осадокъ, представляющій собою также тѣло кислотнаго характера, но болѣе богатое кислородомъ, чѣмъ сама ключевая кислота; выпадающее вещество Берцелиусъ назвалъ осадочно-ключевой кислотой. Обѣ эти кислоты могутъ быть получены въ значительныхъ количествахъ изъ окристыхъ осадковъ, образующихся при выходѣ ключевой воды въ пониженныхъ мѣстахъ на поверхность, въ томъ числѣ—изъ болотной руды, а также—изъ горной муки или полировальнаго сланца (трепела—стр. 45); онѣ содержатся также и въ перегнойн. почвѣ; но, содержаніе креновой кислоты въ немъ должно быть незначительно.

Ключевая кислота—безцвѣтна; весьма легко растворима въ водѣ и спиртѣ; на воздухѣ быстро бурѣетъ, переходя въ осадочно-ключевую; вытѣсняетъ уксусную кислоту изъ ея солей.

Въ твердомъ состояніи она представляетъ твердое растрескивающееся, опаловидное, желтоватаго цвѣта вещество. Ключевая кислота содержитъ азотъ; относительно содержанія въ ней другихъ элементовъ прямыхъ указаній не имѣется.

Соли креновой кислоты (кренаты)—щелочныя (K, Na и NH<sub>4</sub>), щелочно-земельныя (Ca и Mg) и закиси желѣза (FeO)—всѣ нейтральны и легко растворимы въ водѣ. Среднія же соли окиси желѣза и глинозема трудно растворимы; но кислая соль глинозема должна быть отнесена къ легко растворимымъ солямъ. Соли креновой кислоты—свѣтло-желтаго цвѣта.

4) *Осадочно-ключевая или апокреновая кислота.* Эта кислота нѣсколько менѣе растворима въ водѣ, чѣмъ ключевая, а также и въ растворахъ минеральныхъ кислотъ. Водный ея растворъ свѣтло-бураго цвѣта; она вытѣсняетъ уксусную кислоту изъ ея солей. Въ сухомъ состояніи она представляетъ опаловидную массу темно-бураго цвѣта.

Водородомъ in statu nascendi апокреновая кислота восстанавливается въ ключевую. Она можетъ быть получена искусственно окисленіемъ перегнойныхъ веществъ азотною кислотой; при этомъ совмѣстно получается въ небольшихъ количествахъ и креновая кислота.

Соли осадочно-ключевой кислоты (апокрены) щелочей, магнези и закиси желѣза легко растворимы въ водѣ; нѣсколько труднѣе растворяется соль извести. Съ полуторо-окисями эта кислота образуетъ трудно растворимыя соли; амміакъ ихъ легко разлагаетъ.

Мы остановились сравнительно подробно на описаніи свойствъ ключевой и осадочно-ключевой кислотъ и ихъ солей, особенно же на степени растворимости послѣднихъ въ водѣ, въ виду того, что эти кислоты, какъ полагаютъ, играютъ весьма существенную роль въ почвообразовательныхъ процессахъ. А именно предполагаютъ, что ключевая кислота, которая съ большинствомъ почвенныхъ металловъ даетъ легко растворимыя соли, принимаетъ видное участіе въ выносѣ изъ почвенныхъ слоевъ, различныхъ оснований, которыя затѣмъ при окисленіи выпадаютъ въ видѣ апокреноватъ.

*Искусственно получаемыя „гуминовыя вещества“.*

При обработкѣ (особенно съ нагреваніемъ) различнаго рода веществъ, встречающихся въ растеніяхъ, какъ напр., клѣтчатки, крахмала, сахаровъ, бѣлковъ и т. д., съ растворами кислотъ и щелочей получаютъ темно окрашенные продукты, которые щелочами раздѣляются на двѣ части: на нерастворимую и растворимую. Эти темныя вещества параллелизируютъ съ гуминомъ и гуминовой кислотой; образованіе ихъ можно разсматривать, главнымъ образомъ, какъ результатъ процесса дегидратаци и усложненія частицы. Вопросъ, по скольку эти вещества по химической природѣ сходны съ перегнойными веществами, образующимися въ природныхъ условіяхъ, остается не выясненнымъ. Особенно легко искусственная гумификація идетъ (А. Трусовъ) съ полифенолами, дубильными, инкрустирующими и краснотубильными веществами, а также съ моносахаридами и крахмаломъ; съ бѣлками—труднѣе; наиболѣе же трудно съ клѣтчаткой и жирами.

*Выдѣленіе изъ перегнойной почвы опредѣленныхъ химическихъ соединений.*

Въ послѣднее время, благодаря работамъ сѣверо-американскихъ изслѣдователей (гл. обр. трудамъ Schreiner'a и Shorey'a), изъ перегнойной почвы выдѣленъ рядъ опредѣленныхъ органическихъ соединений, какъ, напр., дигидроокисистеариновая, лигноцериновая, параффиновая, смоляная и др. кислоты, эфиры смоляной кислоты, ксантинъ, глицериды, пентозаны и т. д.

По предположенію самихъ изслѣдователей, выдѣленные изъ перегнойной соединения составляютъ около 60% отъ общей массы перегнойныхъ веществъ почвы. Поставленные опыты съ растеніями въ водныхъ культурахъ и въ почвенныхъ средахъ показали, что, среди выдѣленныхъ органическихъ веществъ, существуютъ какъ соединения явно вредныя для растеній (напр. дигидроокисистеариновая кисл.),

такъ и вещества, напротивъ, благопріятствующія росту растеній. Въ нахожденіи или отсутствіи тѣхъ или другихъ органическихъ соединений въ почвѣ сѣверо-американскіе ученые видятъ одну изъ главныхъ причинъ безплодія и различной степени плодородія почвъ.

Признавая весьма крупное значеніе за уже выполненными работами по выясненію состава перегнойныхъ веществъ изъ опредѣленныхъ химическихъ индивидовъ, нельзя не указать, что разрабатываемый вопросъ представляется далеко еще не разрѣшеннымъ, и именно, по слѣдующимъ соображеніямъ. Во-первыхъ, не устранено еще предположеніе: не образуются ли, по крайней мѣрѣ, нѣкоторыя изъ выдѣленныхъ соединений во время самаго процесса ихъ выдѣленія, при дѣйствіи на перегнойныя вещества различныхъ реагентовъ (щелочей, кислотъ и различныхъ растворителей); во-вторыхъ, нельзя считать количественную сторону участія въ перегноѣ уже выдѣленныхъ веществъ достаточно выясненною, не говоря о томъ, что дрянными методами выдѣленія не затронута еще вся масса перегной; и, наконецъ, остается неуясненною связь между свойствами выдѣленныхъ веществъ (въ частности, среди которыхъ нѣтъ темныхъ веществъ) и наиболѣе характерными особенностями перегной. Во всякомъ же случаѣ, отъ новаго направленія въ изученіи состава перегнойныхъ веществъ можно ожидать самыхъ плодотворныхъ результатовъ.

Ведя свои работы по обособленію изъ перегной опредѣленныхъ органическихъ соединений, Schreiner и Shorey сначала прибѣгали для выдѣленія и подраздѣленія перегнойныхъ веществъ къ практиковавшимся уже ранѣе приемамъ, а именно, къ растворенію и извлеченію перегнойныхъ веществъ щелочами и осажденію кислотами, и уже при дальнѣйшемъ подраздѣленіи пользовались другими растворителями (спиртомъ, эфиромъ) и иными способами осажденія.

Чтобы дать болѣе реальное представленіе о ходѣ выдѣленія и объ отношеніи выдѣленныхъ веществъ другъ къ другу, приводится нижеслѣдующая примѣрная схема выдѣленія органич. веществъ изъ почвы по Schreiner'у и Shorey'ю:

*Обработка почвы 2% растворомъ ѣдкаго натра.*

Нерастворившаяся часть (гуминъ); неизвѣст. вещ. въ ней 24,1% С <sup>1)</sup> .		Растворившаяся часть (Натровыя соли гуминовыхъ кислотъ). Въ ней 75,9% С <sup>1)</sup> . Подкисленіе.	
Осадокъ (36,9% С).		Фильтратъ (39,0% С). Выдѣляются <sup>2)</sup> .	
Обработка горяч. алкогелемъ:			
Остатокъ (15,7% С). Неизвѣст. вещества.	Растворъ (21,2% С). Обработка петрол. эфиромъ:		
Остатокъ. Выдѣляются <sup>2)</sup> : Смолиныя к. Эфиры смолян. к.	Растворъ. Выдѣляются: Гидроокисистеарин. к. Параффиновая к. Лигноцериновая к. Глицериды. Апостероль. Фитостероль.	Дигидроокисистеарин. к. Ксантинъ. Глюкоксантинъ. Цитозинъ. Гистодинъ. Аргининъ. Пентозаны.	

<sup>1)</sup> Вездѣ указывается процентъ углерода отъ всего орган. углерода почвы.

<sup>2)</sup> Надо понимать въ смыслѣ возможности выдѣлится; но могутъ и не встрѣчаться во всякой почвѣ.

*Коллоидное состояніе перегнойныхъ веществъ почвы и возрѣнія на кислотный характеръ „гуминовыхъ“ кислотъ.*

На основаніи цѣлаго ряда извѣстныхъ намъ свойствъ перегнойныхъ веществъ, послѣднія разсматриваются какъ коллоиды и, въ частности, какъ отрицательные. Съ ихъ коллоидальнымъ состояніемъ связываютъ обнаруживаемый ими кислотный характеръ (работы Баумана и Гулли) и способность ихъ поглощать катионы.

На коллоидальное состояніе перегнойныхъ веществъ указываютъ слѣдующія ихъ свойства:

1. Высоковыраженная способность поглощать воду и набухать, а при высыханіи сильно сокращаться.
2. Свертываніе изъ растворовъ подъ вліяніемъ кислотъ и солей, электрическаго тока и мороза.
3. Ничтожная электролитическая проводимость гуминовыхъ веществъ.
4. Всѣ взаимодействія перегнойныхъ веществъ съ растворами электролитовъ въ высокой степени зависятъ отъ концентрацій раствора; что отвѣчаетъ адсорпціоннымъ процессамъ и трудно объяснимо съ чисто химической точки зрѣнія дѣйствіемъ массъ.

Такъ, кислотность торфа, опредѣляемая воздѣйствіемъ на различныя количества торфа однимъ и тѣмъ же количествомъ раствора щелочи и послѣдующимъ титрованіемъ оставшейся свободной щелочи, не одинакова и оказывается тѣмъ ниже, чѣмъ съ большимъ количествомъ торфа производилось опредѣленіе. Затѣмъ, съ увеличеніемъ концентраціи воздѣйствующей щелочи, опредѣляемая кислотность торфа увеличивается; впрочемъ, не пропорціонально концентраціи, а слабѣе. Наконецъ, кислотность, опредѣляемая при помощи ѣдкаго барита, больше, чѣмъ при дѣйствіи ѣдкаго калия или натрія.

5. Превращенія (поглощеніе катионовъ), въ которыхъ участвуютъ перегнойныя вещества, не слѣдуютъ стехіометрическимъ законамъ, а подчиняются законамъ поверхностнаго натяженія.

6. Перегнойныя вещества осаждаютъ золи противоположно-заряженныхъ коллоидовъ, какъ, напр., окиси желѣза, и образуютъ комплексныя смѣси; а, поглощая катионы, даютъ сложныя продукты присоединенія.

На основаніи всѣхъ этихъ фактовъ можно съ большимъ основаніемъ притти къ выводу, что многія свойства перегнойныхъ веществъ, которыя связывали до сихъ поръ съ ихъ кислотнымъ характеромъ—съ ихъ „гуминовыми кислотами“, не опредѣляются ихъ „кислотностью“, а проще объясняются ихъ коллоидальнымъ состояніемъ, благодаря каковому перегнойныя вещества обнаруживаютъ въ сильной степени адсорпціонныя явленія. Будучи же отрицательными коллоидами и поглощая въ большей степени катионы, чѣмъ анионы, перегнойныя вещества въ присутствіи солей и обуславливаютъ кислую реакцію раствора.

Послѣ работъ, приведшихъ къ выдѣленію изъ перегнойной почвы

опредѣленныхъ органическихъ кислотъ, присутствіе послѣднихъ въ перегнойныхъ веществахъ не приходится отрицать; но, роль этихъ кислотъ, въ связи съ невыясненностью ихъ количествъ въ почвѣ и малой степенью ихъ растворимости въ водѣ, нельзя считать установленной. Во всякомъ же случаѣ, „коллоидальное“ состояніе перегнойныхъ веществъ почвы должно играть существенную роль во всѣхъ ихъ свойствахъ.

Подъ вліяніемъ двухзначныхъ и трехзначныхъ катионовъ, а именно,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Fe^{+++}$ ,  $Al^{+++}$ , гуминовыя вещества свертываются. Однозначные же катионы, какъ  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $NH_4^+$ , обладаютъ по отношенію къ гуминовымъ веществамъ болѣе слабою осаждающею способностью, а получающійся подъ вліяніемъ ихъ, при щелочной реакціи раствора, гель переходитъ въ золь, и гуминовыя вещества получаютъ въ псевдорастворѣ. Такимъ образомъ, въ почвѣ перегнойныя вещества могутъ переходить въ подвижное состояніе въ случаѣ ихъ насыщенія однозначными катионами ( $Na^+$ ,  $K^+$  и  $NH_4^+$ ) при щелочной реакціи, а также и будучи не вполне насыщенными катионами. Въ томъ и другомъ случаѣ онѣ окрашиваютъ почвенную воду въ бурый цвѣтъ, содѣйствуютъ подвижности другихъ коллоидовъ и суспензированныхъ веществъ и ведутъ къ разьединенію почвенныхъ частицъ, содѣйствуя ихъ передвиженію, а въ мѣстахъ ихъ скопленія—болѣе плотному слеганію. При насыщеніи гуминовыхъ веществъ двухзначными и трехзначными катионами эти вещества переходятъ въ неподвижное состояніе, задерживаютъ передвиженіе суспензированныхъ веществъ и содѣйствуютъ свертыванію почвенныхъ частицъ въ комочки <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Какъ на сводные труды по перегнойнымъ веществамъ можно указать:

И. Славкинъ. Этюды о гумусѣ. Кіевъ. 1910.  
 С. Красковъ. Исслѣд. въ области изученія роли мертваго покрова въ почвообразованіи. Мат. по изуч. рус. почвъ. Вып. 21 и 22.  
 А. Трусовъ. Гумификація соединений, входящихъ въ составъ растительныхъ организмовъ. Мат. по изуч. рус. почвъ, Вып. 24, и журналъ „Сельское Хозяйство и Лѣсоводство“ 1915 г.  
 Э. Гулли. Перегнойныя кислоты въ освѣщеніи новѣйшихъ изслѣдованій. Журн. „Почвовѣдніе“, 1914 г.  
 К. Гедройцъ, см. стр. 33.

## II. Разложение органических веществ и образование перегноя почвы.

### Общія замѣчанія.

Подъ разложениемъ органическихъ веществъ понимаютъ совокупность всѣхъ тѣхъ сложныхъ процессовъ, при которыхъ въ природѣ остатки растений и животныхъ подвергаются различнаго рода превращеніямъ при участіи живыхъ организмовъ: животныхъ, грибовъ, бактерій и т. д., а также—и чисто химическимъ путемъ, и постепенно при окончательномъ преобразованіи переходятъ въ минеральныя соединения. По пути образуется рядъ новыхъ органическихъ веществъ, между прочимъ создаются и перегнойныя вещества.

Сложность процесса разложения органическихъ веществъ въ природѣ сама собою понятна: достаточно принять во вниманіе хотя бы разнообразіе всѣхъ тѣхъ веществъ, которыя входятъ въ составъ животныхъ и растеній, составляющихъ первичный матеріалъ для процессовъ разложения, а также все разнообразіе тѣхъ факторовъ, которые участвуютъ въ разложеніи органическихъ веществъ въ природѣ.

Главными группами веществъ, изъ которыхъ состоятъ ткани растений и животныхъ являются: клетчатка, инкрустирующія вещества (лигнинъ), растительныя слизи (камеди, пектиновыя вещества), крахмалъ, сахара, жиры, органическія кислоты, бѣлковыя вещества, амидосоединенія и др. разнообразныя безазотистыя и азотистыя органическія вещества.

Все это подвергается разложенію при участіи самыхъ разнообразныхъ живыхъ существъ и чисто химическимъ путемъ.

По существу процессъ разложения органическихъ веществъ является, по преимуществу, результатомъ жизненныхъ процессовъ безхлорофильныхъ организмовъ, въ частности—процессовъ ихъ питанія и обезпеченія себя энергіею; онъ выполняетъ на земномъ шарѣ роль, обратную хлорофильнымъ растеніямъ, которыя создаютъ органическія вещества при потребленіи солнечной энергіи.

Процессъ распада органическихъ веществъ составляетъ одно изъ звеньевъ круговорота углерода въ природѣ и неизбѣженъ

для поддержанія жизни на земной поверхности—дабы послѣдняя не была бы загружена органическими веществами.

При процессѣ разрушенія органическихъ веществъ попутно создаются въ большемъ или меньшемъ количествѣ болѣе стойкія органическія вещества, какъ въ видѣ почвеннаго перегноя, повышающаго благоприятныя для растительности свойства почвъ, такъ и въ видѣ торфа и другихъ отложеній, используемыхъ человекомъ въ качествѣ запасовъ накопленной „солнечной“ энергіи.

Изъ сказаннаго слѣдуетъ, что только полное изученіе и выясненіе процессовъ жизнедѣятельности животныхъ, грибовъ и бактерій и можетъ освѣтить во всѣхъ подробностяхъ интересующій насъ процессъ. Однако, подойти въ настоящее время въ указанномъ направленіи къ изученію вопроса разложения органическихъ веществъ въ природѣ, охвативъ его во всѣхъ частностяхъ, не представляется возможнымъ, какъ вслѣдствіе недостатка нашихъ современныхъ свѣдѣній о жизнедѣятельности отдѣльныхъ организмовъ, такъ и вслѣдствіе тѣхъ пока непреодолимыхъ затрудненій, съ которыми мы встрѣчаемся при расчлененіи процесса разложения на индивидуальныя процессы отдѣльныхъ организмовъ.

А поэтому, при изученіи процессовъ разложения органическихъ веществъ и образованія перегноя мы рассмотримъ эти процессы въ ихъ общихъ проявленіяхъ, и только, для наиболѣе существенныхъ и типичныхъ явленій превращенія органическихъ веществъ и образованія изъ нихъ наиболѣе для насъ интересныхъ соединеній, мы возможно подробно остановимся на дѣятельности отдѣльныхъ организмовъ.

Во всякомъ же случаѣ, стремясь, по возможности, расчленивъ процессы разложения органическихъ веществъ въ почвахъ, мы особо рассмотримъ участіе и роль въ этомъ процессѣ въ отдѣльности животнаго міра, безхлорофильныхъ микроорганизмовъ—бактерій и грибовъ, и чисто химическихъ процессовъ.

### Роль животныхъ въ разложеніи органическихъ веществъ и въ образованіи почвеннаго перегноя.

Роль животнаго міра въ разложеніи органическихъ веществъ и въ образованіи перегноя почвы пока еще весьма мало разъяснена. Во всякомъ же случаѣ, дѣятельность многочисленныхъ и разнообразныхъ представителей животнаго міра въ этомъ процессѣ должна быть весьма существенной и имѣть, несомнѣнно, болѣе значеніе, чѣмъ какое ей придавали до послѣдняго времени. Растительные остатки, особенно на поверхности почвы, безъ участія животныхъ разлагаются лишь медленно.

Съ полнымъ основаніемъ можно утверждать, что большая часть растительныхъ остатковъ до превращенія ихъ въ перегной почвы проходитъ предварительно, и даже иногда не одинъ разъ, черезъ

кишечникъ животныхъ, гдѣ растительные остатки подвергаются воздѣйствію разнообразныхъ выдѣлений пищеварительныхъ органовъ, а также — разрушающему дѣйствію микроорганизмовъ, въ изобиліи населяющихъ кишечникъ животныхъ: здѣсь разложеніе идетъ или при недостаткѣ, или же при полномъ отсутствіи кислорода; продукты разложенія, пройдя черезъ кишечникъ, въ видѣ экскрементовъ попадаютъ въ почву.

Въ общемъ можно полагать, что предѣлъ размноженія на земномъ шарѣ животнаго міра близко опредѣляется количествомъ органическихъ веществъ, вырабатываемыхъ хлорофильными растеніями. На долю же непосредственно бактерій и грибовъ достаются, главнымъ образомъ, лишь неиспользованные животными растительные остатки, а затѣмъ, главнымъ образомъ, экскременты и трупы животныхъ. Для поясненія сказаннаго можно указать на большое потребленіе растительности травоядными высшими животными и на поѣданіе выбрасываемыхъ ими на поверхность почвы экскрементовъ жуками, личинками насѣкомыхъ, червями и др. низшими животными, которыя, въ свою очередь, въ громадныхъ количествахъ и непосредственно потребляютъ остатки растеній. Кромѣ животныхъ, населяющихъ поверхность земнаго шара, многочисленныя представители животнаго міра ютятся въ почвѣ.

*Населенность почвъ животными.* О численности почвенной фауны у насъ пока имѣются лишь отрывочныя свѣдѣнія, но уже изъ нихъ можно видѣть, что общее число мелкихъ животныхъ, населяющихъ почвенные слои, можетъ достигать нѣсколькихъ тысячъ экземпляровъ на поверхности въ 1 кв. метр.; такъ, Бретшнейс для окрестностей Цюриха получилъ слѣд. число животныхъ для площади на 1 кв. метр.:

	Червей.	Остальныхъ животныхъ.
въ саду . . . . .	300	5000
на лугу . . . . .	700	8000
въ еловомъ лѣсу . . . . .	120	8000

При подсчетѣ (Э. Раманнъ) животныхъ въ лѣсныхъ почвахъ Германіи (на глубину 11 см.) на литръ почвы приходилось отъ 0 до 5 червей, а всѣхъ другихъ мелкихъ животныхъ — отъ нѣсколькихъ десятковъ до 100 экземпляровъ; что на площадь въ 1 кв. метръ въ среднемъ даетъ нѣсколько сотенъ (250) червей, и нѣсколько тысячъ (5000—10000) другихъ животныхъ.

Степень населенности почвъ животными, очевидно, зависитъ отъ климатическихъ условий, свойствъ почвы и покрывающей ее растительности. Имѣющіяся въ этомъ направленіи наблюденія не установили еще опредѣленныхъ закономѣрныхъ зависимостей. Для лѣсовъ Германіи намѣтилось только, что глинистыя почвы богаче фауною, чѣмъ песчаныя, что черви предпочитаютъ болѣе влажныя почвы, и что деревья съ листьями, богатыми питательными веществами, какъ

ясень, дубъ, акація, повидимому, благоприятствуютъ повышенію числа животныхъ.

*Участіе животныхъ въ разложеніи растительныхъ остатковъ и въ образованіи въ почвѣ темныхъ веществъ.* Имѣется рядъ наблюденій, которыя показываютъ, что органическіе остатки (сѣно, листва), разлагаясь въ отсутствіи низшихъ животныхъ, еще въ продолженіи нѣсколькихъ лѣтъ настолько сохраняютъ свое строеніе, что безъ особыаго затрудненія можно опредѣлить (конечно приблизительно) видъ растенія, подвергшагося разложенію. Совсѣмъ иное наблюдается въ томъ случаѣ, когда въ разлагающемся веществѣ поселяются разнообразныя мелкія животныя <sup>1)</sup> (черви, коловратки, многоножки, различнаго рода личинки и т. д.); въ этомъ случаѣ растительныя вещества въ теченіе очень короткаго времени превращаются въ темную однородную, аморфную массу, по внѣшнему виду совершенно сходную съ перегноемъ.

Костычевъ наблюдалъ въ лабораторіи подобнаго рода дѣятельность для дождевыхъ червей, многоножекъ (*Julus terrestris*) и для личинокъ мушки *Sciara*. По нашимъ наблюденіямъ личинки мушки *Sciophila (hirta)* въ теченіе двухъ недѣль уничтожили слой кленовыхъ листьевъ въ нѣсколько сантиметровъ, положенныхъ надъ пескомъ въ сосудѣ, и изъ своихъ экскрементовъ образовали перегнойный слой въ нѣсколько миллиметровъ мощности. На крупную роль въ этомъ отношеніи дождевыхъ червей въ природѣ еще ранѣе обращали особое вниманіе Мюллеръ и Постъ; они показали, что въ лѣсу при участіи червей получается рыхлый „сладкій“ перегнойный почвенный слой (Mull); когда же эти животныя отсутствуютъ, на поверхности почвы образуется обособленный торфянисто-перегнойный слой, въ которомъ остатки растеній въ значительной степени сохраняютъ свое строеніе (Rohhumus).

*Потребленіе населеніемъ почвы растительныхъ остатковъ.* Вопросъ этотъ почти незатронутъ разработкой. Въ частности, можно указать на попытку проф. Анри вычислить количество листьевъ, потребляемыхъ за годъ червями въ лѣсу. Исходя изъ наблюденія, что 5 червей потребляютъ въ 66 дней 6,745 гр. листьевъ и принявъ на кв. метръ 20 червей и дѣятельность ихъ въ теченіе 10 мѣсяцевъ, Анри вычислилъ, что черви при принятыхъ условіяхъ потребятъ за годъ въ лѣсу на площади въ одинъ гектаръ, около 250 клгр. листьевъ; что составляетъ около  $\frac{1}{10}$  части общей массы листвы, производимой лѣсомъ ежегодно. Такое потребленіе листьевъ получилось при предположеніи, что на 1 кв. метръ приходится лишь 20 червей, между тѣмъ только однихъ послѣднихъ по вышеприведеннымъ даннымъ значительно больше: нѣсколько сотенъ на 1 кв. метръ.

Вообще можно полагать, что, когда въ лѣсахъ листва не накапливается на поверхности почвы, то таковая почти цѣликомъ потребляется

<sup>1)</sup> Для обозначенія всей совокупности „мелкихъ“ организмовъ, сожительствующихъ съ почвою, какъ изъ міра животнаго, такъ и растительнаго, предложеннаго водорослями, предложенъ (R. Franeé) особый терминъ „эдафонъ“ — по аналогіи съ воднымъ планктономъ. Населенность почвы такими организмами (геобіонтами) можетъ достигать большихъ размѣровъ (до 300.000 экз. на 1 куб. сант.).

животнымъ населеніемъ почвы. Напротивъ, накопленіе въ лѣсахъ мало разложившейся лѣсной подстилки и образованіе въ нихъ торфянистаго покрова на поверхности почвы указываютъ на слабую дѣятельность животныхъ.

Животныя, помимо непосредственнаго ихъ участія въ разложеніи органическихъ остатковъ и въ образованіи перегнойныхъ веществъ почвы, выполняютъ въ послѣдней еще весьма важную косвенную роль, а именно, они энергично перемѣшиваютъ органическія вещества съ минеральною частью почвы. Этою работою животныя содѣйствуютъ какъ болѣе быстрому разложенію органическихъ веществъ, ставя послѣднія въ условія благоприятныя для этого процесса, такъ и болѣе равномерному распредѣленію перегноя въ почвѣ.

Въ виду указанной дѣятельности животныхъ и приходится наблюдать, что въ почвахъ (и даже въ отложеніяхъ торфяныхъ массъ), образующихся при значительномъ участіи животнаго міра, перегнойныя вещества представляютъ аморфную массу, тѣсно смѣшанную съ минеральною средою. Такой перегнойный слой нѣкоторые называютъ „мягкимъ перегноемъ“ или Mull'emъ; реакція его не бываетъ ясно кислотою, а приближается къ нейтральной (откуда другое наименованіе „сладкій гумусъ“). При отсутствіи же животныхъ на поверхности почвы создается рѣзкообособленный торфянистый перегнойный слой изъ остатковъ растений, сохранившихъ въ значительной степени свое строеніе; реакція скопившагося перегноя—кислая; получается грубый, кислый перегной (Rohhumus).

### Роль микробовъ (бактерій и грибовъ) въ разложеніи органическихъ веществъ и въ образованіи перегноя почвы.

Остатки растений и животныхъ, или непосредственно, или послѣ ихъ прохожденія чрезъ кишечникъ животныхъ, оказываются достояніемъ сапрофитныхъ бактерій и грибовъ. Тѣ и другіе микроорганизмы, будучи широко распространены въ природѣ и обладая большою энергіей размноженія, быстро поселяются и размножаются на всякаго рода органическихъ остаткахъ. Въ процессѣ своего питанія они энергично разлагаютъ органическіе остатки, создавая изъ нихъ отчасти новыя органическія вещества, по преимуществу же превращая ихъ въ простыя неорганическія соединенія (углекислоту, воду, метанъ, сѣководородъ, амміакъ, азотную, сѣрную и фосфорную кислоты, окиси и соли металловъ и т. д.).

Какъ извѣстно, еще въ 1862 г. знаменитый Пастеръ впервые опредѣленно выяснилъ роль бактерій и грибовъ въ разложеніи органическихъ веществъ. Онъ показалъ, что достаточно прекратить ихъ дѣятельность въ разлагающемся веществѣ, чтобы процессъ разложенія почти совершенно приостановился.

Дѣятельность микроорганизмовъ въ разлагающейся средѣ мо-

жетъ быть приостановлена или внесеніемъ въ послѣднюю ядовитыхъ веществъ (сулемы, хлороформа и т. д.), или же примѣненіемъ высокихъ температуръ. Для полнаго обезпложиванія (стерилизаціи) почвы ее приходится нагрѣвать въ теченіе  $\frac{1}{2}$ —1 часа въ автоклавѣ въ парахъ воды при 120° (при давленіи въ двѣ атмосферы). Обычно практикуемая повторная (три раза черезъ сутки) стерилизація въ парахъ воды при 100 градусахъ недостаточна для полнаго обезпложиванія почвы и различныхъ органическихъ отбросовъ.

Разложеніе органическихъ веществъ, какъ процессъ противоположный синтезу органическихъ веществъ изъ углекислоты, сопровождается выдѣленіемъ этой послѣдней, и при томъ въ количествахъ, близко соответствующихъ быстротѣ общаго хода разложенія. Поэтому и ради простоты, за критерій быстроты хода разложенія органическихъ веществъ обычно принимаютъ количество углекислоты, выдѣляющейся при этомъ процессѣ.

Въ виду весьма существенной роли бактерій и грибовъ въ процессахъ разложенія органическихъ веществъ напомнимъ въ самыхъ общихъ чертахъ біологическія особенности этихъ организмовъ.

*Физиологическія особенности бактерій и грибовъ.* Будучи безхлорофильными организмами, большинство бактерій и грибовъ, за немногими исключеніями, для своего питанія нуждается въ большихъ количествахъ органическихъ веществъ <sup>1)</sup>.

Питательная цѣнность различныхъ органическихъ веществъ, какъ для однихъ и тѣхъ же, такъ и для различныхъ микробовъ, весьма неодинакова; она опредѣляется, главнымъ образомъ, химической природою этихъ веществъ; въ зависимости отъ чего и находится большая или меньшая скорость разложенія органическихъ остатковъ въ природѣ; а именно, въ зависимости отъ того, насколько разлагающееся вещество пригодно для питанія микроорганизмовъ, участвующихъ въ разложеніи.

Что касается азотистаго питанія микробовъ, то значительное большинство изъ нихъ довольствуется азотомъ амміачныхъ и азотнокислыхъ солей; но для нѣкоторыхъ необходимы амидо-соединенія, а для многихъ, живущихъ паразитно на живыхъ существахъ,—бѣлковыя вещества; затѣмъ, имѣются микробы, способныя непосредственно использовать свободный азотъ (азотъ-усвояющія бактеріи).

<sup>1)</sup> Бактеріи, нуждающіяся въ готовомъ органическомъ веществѣ называются (по А. Фишеру) метатрофными; бактеріи, питающіяся живымъ бѣлкомъ и растущія на тѣлѣ др. живыхъ существъ,—паратрофными; затѣмъ выдѣляютъ еще группу бактерій—прототрофныхъ; послѣднія не требуютъ для своего питанія готовыхъ бѣлковъ, а создаютъ его: одни при усвоеніи углерода изъ углекислоты, какъ-то, нитрифицирующія и окисляющія водородъ, другія—при усвоеніи свободного азота, какъ азотъ—усвояющія бактеріи. Бактеріи, живущія на мертвыхъ остаткахъ растений и животныхъ, называются сапрофитными.

По отношенію къ минеральному питанію микробы вообще мало требовательны; для большинства элементовъ они довольствуются слѣдами; болѣе значительна ихъ потребность въ фосфорѣ и сѣрѣ. Обычно при ихъ культурѣ къ дистиллированной водѣ прибавляются соли:  $K_2HPO_4$ ,  $MgSO_4$ ,  $FeSO_4$ ,  $CaCl_2$  и  $NaCl$ . Индивидуальная потребность микробовъ въ отдѣльныхъ элементахъ мало выяснена.

Къ кислороду различные виды бактерій и грибовъ относятся весьма неодинаково; для однихъ изъ нихъ свободный кислородъ безусловно необходимъ, другіе, напротивъ, развиваются только въ его отсутствіи; наконецъ, существуютъ еще промежуточные группы. Въ соотвѣтствіи съ этимъ микроорганизмы по ихъ отношенію къ кислороду подраздѣляютъ на четыре группы: 1) облигатные аэробы, развивающіеся только въ присутствіи кислорода, 2) факультативные аэробы, которые при извѣстныхъ условіяхъ развиваются безъ кислорода даже лучше, чѣмъ въ его присутствіи, 3) облигатные анаэробы, живущіе только въ отсутствіи кислорода, и, наконецъ, 4) факультативные анаэробы, развивающіеся въ присутствіи кислорода, но могущіе жить, хотя и съ пониженіемъ въ нѣкоторыхъ своихъ проявленіяхъ, и въ отсутствіи кислорода.

Въ связи съ отношеніемъ къ кислороду аэробы дышатъ и обезпечиваютъ себя энергіей реакціями окисленія (кислородное дыханіе), а анаэробы—реакціями расщепленія (дыханіе расщепленіемъ).

Условія температуры (тепловой режимъ) среды для жизни микробовъ играютъ весьма большую роль; для каждаго изъ нихъ можно различать минимальную (наинизшую), оптимальную (наилучшую) и максимальную (наивысшую) температуры; ниже первой—микробы не могутъ развиваться, при второй—ихъ развитіе наилучшее, выше третьей—развитіе прекращается.

Для большинства микробовъ предѣлы проявленія ихъ жизни лежатъ приблизительно между  $3^{\circ}$ — $45^{\circ}$ ; наиболѣе благоприятная температура для сапрофитовъ  $+20^{\circ}$ — $30^{\circ}$ . Низкія температуры вызываютъ только временную приостановку въ развитіи микробовъ; послѣдніе легко переносятъ зимніе морозы. Къ высокимъ температурамъ бактеріи значительно чувствительнѣе: въ вегетивномъ состояніи большинство изъ нихъ гибнетъ уже при  $50$ — $60^{\circ}$ ; 1) въ видѣ же споръ онѣ переносятъ температуры выше  $70^{\circ}$ ; но даже наиболѣе стойкія споры погибаютъ при  $120^{\circ}$  въ парахъ воды при давленіи двухъ атмосферъ. Споры грибовъ значительно менѣе устойчивы по отношенію къ высокимъ температурамъ.

1) Но, вмѣстѣ съ тѣмъ существуетъ особая группа бактерій, такъ называемыхъ, термофильныхъ, которыя нормально развиваются лишь при высокихъ температурахъ, достигающихъ до  $75^{\circ}$ . Это бактеріи, преимущественно, термальныхъ водъ. По температурнымъ особенностямъ можно еще отмѣтить термогенныхъ бактерій, которыя выделяютъ большія количества избыточнаго тепла и вызываютъ самоагрѣваніе и самовозгараніе разлагающихся органическихъ веществъ (мякны, сѣна, хлопка и т. д.).

Къ вліянію свѣта бактеріи весьма чувствительны; особенно опредѣленно губельно на нихъ вліяютъ прямыя солнечныя лучи (на чемъ основано гигиеническое дѣйствіе свѣта). Бактеріальное населеніе почвъ подѣ дѣйствіемъ прямыхъ солнечныхъ лучей замѣтно понижено въ самомъ поверхностномъ слоѣ.

Между бактеріями и грибами можно въ общихъ чертахъ указать на нѣкоторыя отличія въ ихъ отношеніи къ питательной средѣ; а именно, наблюдается, что грибы въ общемъ охотнѣе развиваются въ кислыхъ, относительно концентрированныхъ, субстратахъ, и, вмѣстѣ съ тѣмъ, многіе изъ нихъ (а именно, плѣсени)—на средахъ, энергично провѣтриваемыхъ. Большинство же бактерій поселяются, главнымъ образомъ, на слабо щелочныхъ субстратахъ съ невысокой концентраціей. Въ соотвѣтствіи съ отношеніемъ этихъ группъ къ реакціи среды оказывается, что растенія, какъ содержащія въ себѣ кислые соки, наиболѣе часто подвергаются нападенію со стороны грибовъ; отъ бактерій же, главнымъ образомъ, страдаютъ животныя, ткани которыхъ имѣютъ слабо щелочную реакцію. Бактеріи, развиваясь, по преимуществу, какъ было сказано, на слабо щелочной средѣ, выделяютъ обыкновенно продукты кислотнаго характера (при достаточномъ количествѣ углеводовъ) и дѣлаютъ среду кислой, грибы же наоборотъ. Благодаря этому, въ разлагающейся средѣ можетъ наблюдаться смѣна одной группы организмовъ другой: бактерій грибами и наоборотъ. Замѣтимъ, что вообще смѣна однихъ организмовъ другими вполне естественна и обычно наблюдается въ природѣ (однѣ лѣсныя породы смѣняются другими, на лѣса наступаютъ моховыя болота).

Для поясненія смѣны бактерій и грибовъ Нэгели приводитъ слѣдующій примѣръ. Если свѣжій или прокипяченный виноградный сокъ оставить открытымъ, то въ немъ размножатся, главнымъ образомъ, дрожжи, и сокъ превращается въ вино; когда этотъ процессъ закончится, прекращается развитіе и размноженіе винныхъ дрожжей, и развиваются другіе организмы, которые до этихъ поръ не находили для своего развитія благоприятныхъ условій; а именно, на поверхности вина появляется пленка изъ организмовъ уксуснаго броженія, и спиртъ превращается въ уксусную кислоту; затѣмъ, появляются плѣсени, которыя потребляютъ кислоту, жидкость дѣлается нейтральной; послѣ этого поселяются различныя бактеріи, и происходитъ гніеніе.

По имѣющимся до настоящаго времени наблюденіямъ, повидимому, грибы, главнымъ образомъ, даютъ непосредственно темно-окрашенные продукты разложенія; продукты же дѣятельности бактерій, какъ извѣстно, обычно или безцвѣтны, или же желтаго, краснаго и зеленоватаго цвѣта. Эта особенность грибовъ впервые была отмѣчена Нэгели, а затѣмъ подтверждена опытами проф. П. Костычева, который, впрочемъ, пришелъ къ выводу, что образованіе темныхъ продуктовъ при разложеніи не представляетъ, по крайней мѣрѣ во многихъ случаяхъ, какой-либо специфической способности грибовъ, а зависитъ отъ того, что грибы, уничтожая кислую реакцію субстрата, дѣлаютъ его болѣе легко окисляемымъ кислородомъ воздуха; причемъ, при окисленіи и образуются темно-окрашен-

ные продукты. Костычевъ указываетъ, что, если бактеріальные продукты разложенія сдѣлать щелочными (напр. посредствомъ амміака), то они темнѣютъ на воздухѣ при окисленіи. Таковая точка зрѣнія находитъ себѣ подтвержденіе и въ новѣйшихъ наблюденіяхъ (А. Періэ), согласно которымъ въ средѣ, содержащей органическія соединенія кольчатого ряда <sup>1)</sup> (въ частности, бензойнокислый кальцій), наблюдалось, при участіи бактерій (напр. *Bacillus benzoicus*), образование черного вещества. Во всякомъ же случаѣ, Костычевъ не отрицаетъ и существованія грибовъ, обладающихъ специфическою способностью давать при разложеніи продукты черной окраски. Позднѣйшіе изслѣдователи указываютъ на опредѣленные виды грибовъ (напр. *Cladosporium humifaciens* и *Trichoderma viride*), вызывающіе гумификацію органическихъ веществъ, но для этого не приводятъ достаточно убѣдительныхъ доказательствъ.

Замѣтимъ, что, низшая зоологическая группа— „простѣйшія“ (Protozoa), въ частности, амебы, также распространены въ почвахъ и должны принимать участіе въ разложеніи органическихъ веществъ почвы.

#### Распространеніе микроорганизмовъ въ почвѣ.

Во всякой почвѣ мы находимъ болѣе или менѣе обильную флору изъ бактерій и грибовъ. Микроорганизмы распространены не только во всей толщѣ перегнойнаго слоя почвѣ, но наблюдаются въ меньшихъ количествахъ и въ подпочвѣ. Въ особенно большомъ числѣ они населяютъ верхніе почвенные слои, наиболѣе богатые органическими веществами. Въ настоящее время имѣется цѣлый рядъ изслѣдованій по подсчету числа микроорганизмовъ въ различныхъ почвахъ, на различной глубинѣ, въ различное время и при различныхъ условіяхъ.

Однако, до сихъ поръ не удалось получить сколько-нибудь точныхъ данныхъ о численности микроорганизмовъ въ почвахъ. Имѣющіяся въ этомъ отношеніи данныя могутъ имѣть лишь нѣкоторое сравнительное значеніе. Объясняется это тѣмъ, что методы, примѣняемые нынѣ для подсчета микроорганизмовъ въ почвѣ, не въ состояніи учесть полностью всѣхъ организмовъ почвы. Особенно неопредѣленные результаты должны получаться для гифовыхъ грибовъ, для которыхъ мы скорѣе учитываемъ число имѣющихся въ почвѣ споръ.

Вмѣстѣ съ тѣмъ слѣдуетъ указать, что, по существу, не столько важно знать число микроорганизмовъ въ почвѣ, сколько энергію ихъ дѣятельности. Такъ въ почвѣ, при относительномъ обиліи организмовъ, но въ покоящемся состояніи (въ видѣ споръ), бактериологическая дѣятельность можетъ быть сравнительно весьма слабой. Затѣмъ, слѣдуетъ имѣть въ виду и то обстоятельство, что бактеріи и грибы размножаются крайне быстро; а поэтому, число микроорганизмовъ въ почвѣ само по себѣ не такъ важно: когда наступаютъ благоприят-

<sup>1)</sup> Каковыя распространены въ растительномъ и животномъ мірѣ.

ныя для нихъ условія, они быстро въ ней размножаются. Изслѣдованія показываютъ, что при благоприятныхъ условіяхъ бактеріальныя клѣтки требуютъ для своего дѣленія 20—30 минутъ; что даетъ 48 генераций, или 281500 миллиардовъ организмовъ въ 24 часа.

#### Методы подсчета микроорганизмовъ въ почвѣ.

Наиболѣе распространенный до послѣдняго времени методъ счета микроорганизмовъ въ почвѣ заключается въ высѣвѣ ихъ на питательной желатинѣ и въ подсчетѣ образовавшихся изъ нихъ колоній.

Съ каковою цѣлью опредѣленную навѣску (или объемъ) почвы тщательно взбалтываютъ въ колбочкѣ съ отмѣреннымъ количествомъ стерилизованной воды, даютъ крупнымъ почвеннымъ частицамъ осѣсть, берутъ пипеткой изъ [колбочки опредѣленный объемъ жидкости и вливаютъ ее (иногда, впрочемъ, дѣлаютъ предварительно повторное разжиженіе) въ пробирку съ жидкой (расплавленной) обыкновенной слабо щелочной мясопептонной желатиной (съ 0,5% NaCl). Послѣ тщательнаго взбалтыванія (причемъ предполагается, что отдѣльные микроорганизмы располагаются особнякомъ) все содержимое пробирки выливаютъ на стеклянную пластинку, раздѣленную для удобства счета на квадратики. Желатинѣ даютъ застыть подъ стекляннымъ стерильнымъ колпакомъ и оставляютъ въ покоѣ для развитія отдѣльных организмовъ въ колоніи; образовавшіяся колоніи подсчитываются при помощи лупы. А затѣмъ, дѣлается расчетъ числа микроорганизмовъ по образовавшимся колоніямъ на первоначально взятую почву.

Указанный методъ простъ, но не даетъ точныхъ результатовъ. При немъ, во-первыхъ, не учитываются облигатные анаэробные организмы, которые не разовьются на желатиновой пластинкѣ, оставленной въ атмосферѣ воздуха. Положимъ этотъ недочетъ можетъ быть еще устраненъ помѣщеніемъ второй такой же пластинки въ газообразную среду, лишенную кислорода, напр., водородную. Но вопросъ усложняется существованіемъ факультативно-аэробныхъ и анаэробныхъ микроорганизмовъ. А затѣмъ, нѣтъ сомнѣній, что значительное число микроорганизмовъ, попавшихъ изъ почвы на желатиновыя пластинки, вообще не развивается на нихъ, не встрѣтивъ въ желатиновой питательной средѣ благоприятныхъ условій для своего развитія.

Въ виду слабыхъ сторонъ описаннаго метода, и такъ какъ для оцѣнки почвы въ бактериологическомъ отношеніи не столь существенно знать число микроорганизмовъ въ почвѣ, какъ энергію ихъ дѣятельности, то предложенъ особый методъ опредѣленія „бактеріальной силы почвѣ“ по отношенію къ тому или другому процессу. Методъ заключается во внесеніи (зараженіи) въ соотвѣтствующіе питательные растворы одинаковыхъ количествъ сравниваемыхъ почвѣ и въ учетѣ образующихся веществъ. Такъ, напр., для выясненія и сравненія энергіи микроорганизмовъ различныхъ почвѣ разрушать бѣлки и образовывать амміакъ, соотвѣтствующія почвы въ одинаковыхъ количествахъ вносятся въ питательныя среды, содержащія пептонъ, и по истеченіи нѣкотораго срока опредѣляется количество образовавша-

гося амміака. Однако, и этотъ способъ вызываетъ по существу рядъ замѣчаній: сравненіе энергіи происходитъ въ искусственныхъ условіяхъ. Только быстрота процесса въ самой почвѣ можетъ быть истиннымъ показателемъ энергіи дѣятельности микроорганизмовъ почвы въ томъ или другомъ направленіи.

*Населенность почвъ микроорганизмами.*

Первыя изслѣдованія надъ распространеніемъ микроорганизмовъ въ почвахъ были произведены врачами-гигиенистами. Лишь въ болѣе позднее время почвовѣды, агрономы и лѣсоводы обратили вниманіе на роль микробовъ въ почвенныхъ процессахъ и на ихъ отношеніе къ высшимъ растеніямъ.

При первыхъ же подсчетахъ микробовъ въ почвахъ выяснилась большая ихъ численность въ верхнихъ перегнойныхъ слояхъ, замѣтное убываніе съ глубиною и колебаніе ихъ числа во времени, какъ это видно, напр., изъ нижеслѣдующихъ данныхъ (К. Френкеля):

*Число зародышей бактерій на 1 куб. сант. почвы г. Потсдама.*

Глубина взятія образца.	12-го іюня.	14 августа.	3-го ноября.
Верхній слой . . . . .	110.000	300.000	55.000
1/2 метра . . . . .	90.000	240.000	75.000
1 " . . . . .	2.000	42.000	7.000
1 1/2 " . . . . .	2.000	80.000	200
2 " . . . . .	600	500	100
2 1/2 " . . . . .	700	400	—
3 " . . . . .	100	100	1.500
3 1/2 " . . . . .	800	—	50
4 " . . . . .	150	—	—

Сходные результаты получены цѣлымъ рядомъ изслѣдователей, которые установили присутствіе въ верхнихъ почвенныхъ слояхъ громаднаго числа зародышей, особенно въ почвахъ населенныхъ мѣсть (до 100 милліоновъ въ 1 гр. почвы). Въ самомъ поверхностномъ слоѣ, освѣщаемомъ солнечными лучами, число микробовъ понижено. Съ глубиною населенность почвы микроорганизмами уменьшается, причѣмъ обычно на нѣкоторой глубинѣ замѣчается рѣзкое паденіе числа микробовъ въ связи съ переходомъ почвеннаго слоя, богатаго гумусомъ, въ подпочву. Затѣмъ, хотя и въ незначительномъ количествѣ, микроорганизмы встрѣчаются примѣрно на глубинѣ до 4-хъ метровъ; а по путямъ движенія грунтовыхъ и ключевыхъ водъ проникаютъ и глубже.

Въ верхнихъ слояхъ почвъ преобладаютъ виды бактерій, развивающіеся охотно на высоко-питательныхъ средахъ; изъ нихъ чаще встрѣчаются: *Bacillus pasteurus*, *Bac. mesentericus vulgatus*, *Bac. subtilis* и др.; на глубинѣ преобладаютъ микробы, приспособленные къ питанію трудно разлагаемыми органическими ве-

ществами. Своеобразный запахъ почвы приписываютъ бактеріямъ — *Streptothrix chromogena* и *Actinomyces odorifer*.

*Степень населенности почвъ микробами въ зависимости отъ внѣшнихъ условій и свойствъ самихъ почвъ.* Географическое распространеніе микробовъ мало изучалось; въ общемъ микрофлора теплыхъ (тропическихъ) странъ обильнѣе и разнообразнѣе, чѣмъ холодныхъ; а также въ теплое время микрофлора почвъ обильнѣе, чѣмъ въ холодное.

Населенность почвъ микробами зависитъ также и отъ вида угодій, подѣ которыми почва находится. Изслѣдованія (Фюллеса) въ этомъ направленіи (близъ г. Фрейбурга) дали слѣдующія числа зародышей на 1 куб. сант. почвъ, находившихся подѣ различными угодіями:

	Верхній слой.	На глубинѣ 1 м.
изъ-подѣ лѣсу . . . . .	600.000	128.000 зародышей
" " виноградника . . . . .	1.050.000	46.000 "
" " луга . . . . .	1.400.000	134.000 "
" " поля . . . . .	1.500.000	330.000 "

Такимъ образомъ, наибольшее число микроорганизмовъ оказалось въ полевой и луговой почвахъ, наименьшее — въ лѣсной.

Обработка почвы, а также характеръ культурной растительности, существенно вліяютъ на число микроорганизмовъ въ почвѣ. При изслѣдованіяхъ (Карона), продолжавшихся нѣсколько лѣтъ, оказалось, что осенью наибольшее число бактерій содержится въ почвѣ чернаго пара, меньшее — въ почвѣ послѣ клевера, и наименьшее число — въ почвѣ послѣ овса, какъ это видно изъ нижеприводимыхъ данныхъ (цифры выражаютъ въ милліонахъ число бактерій, развившихся на желатинѣ изъ 1 кв. сант. почвъ):

	Черный паръ.	Клеверъ.	Овесь.
1892 годъ . . . . .	10—15	5	1—2
1893 " . . . . .	8—10	5—6	1—2,5
1894 " . . . . .	2—3	—	0,5—1
1896 " . . . . .	3—4	2—3	0,4—1

Внесеніе удобрений въ почву обычно также ведетъ къ увеличенію въ ней числа микроорганизмовъ. Особенно опредѣленные, положительные результаты въ этомъ отношеніи получены при известкованіи почвъ; что, очевидно, въ большинствѣ случаевъ связано съ уничтоженіемъ въ почвѣ кислой реакціи, съ которой плохо мирится большинство бактерій.

Наконецъ, надо отмѣтить, что численность микробовъ въ почвахъ зависитъ и отъ ихъ борьбы съ другими растительными организмами, отнимающими отъ нихъ минеральную пищу. Въ этомъ можно видѣть одну изъ причинъ, почему въ почвахъ, занятыхъ растительностью, число микробовъ меньше, чѣмъ при парѣ. Затѣмъ, микрофлора почвъ

можетъ еще понижаться вслѣдствіе того, что нѣкоторыя животныя (какъ, напр., черви), проглатывая съ пищею почву, въ своемъ кишечникѣ перевариваютъ часть микроорганизмовъ. Имѣются также указанія (E. Russel), что то же дѣлаютъ и амебы, живущія въ почвахъ и поглощающія микробовъ.

*Качественный составъ микрофлоры почвъ.* Очевидно, что составъ почвенной микрофлоры долженъ быть различенъ въ зависимости отъ цѣлаго ряда условий. Но вопросъ въ этомъ направленіи остается пока крайне мало освѣщеннымъ; только работы Э. Раманна нѣсколько его освѣщаютъ и то только съ точки зрѣнія сравнительнаго распространения бактерій и грибовъ. А именно, Э. Раманнъ со своими сотрудниками произвелъ весьма обширныя изслѣдованія надъ сравнительнымъ распространениемъ бактерій и грибовъ въ различныхъ лѣсныхъ и торфяныхъ почвахъ. Изъ полученныхъ результатовъ приводятся для примѣра нижеслѣдующія данныя, полученныя, съ одной стороны, для сосноваго лѣса съ буковымъ подлѣскомъ и съ рыхлой нейтральной лѣсной подстилкой на рыхлой перегнойной почвѣ (Mullboden), и, съ другой стороны, для сосноваго лѣса безъ подлѣска съ плотной, кислой лѣсной подстилкой (Rohhumusboden см. стр. 94):

		Число микроорганизмовъ.			
		на 1 гр. сухого вещества.		на 1 гр. органич. веществъ.	
		Бактерій.	Грибовъ.	Бактерій.	Грибовъ.
Сосновый лѣсъ съ буковымъ подлѣскомъ.	Нейтр. лѣсн. подстилка . . . . .	35.000.000	60.000	59.880.000	66.000
	Нижележащая почва.	376.000	644.000	5.460.000	9.347.000
Сосновый лѣсъ безъ подлѣска.	Кислая лѣсн. подстилка . . . . .	1.647.000	343.000	2.165.000	450.000
	Нижележащая почва.	53.000	133.000	1.162.000	2.916.000

На основаніи своихъ изслѣдованій Раманнъ приходитъ къ выводу, что въ нейтральной лѣсной подстилкѣ рѣзко преобладаютъ бактеріи надъ грибами, въ кислой же лѣсной подстилкѣ разница значительно меньше. Въ нижележащихъ же почвенныхъ слояхъ грибное население превосходитъ бактеріальное.

Раманнъ вообще указываетъ, что въ плодородныхъ почвахъ съ нейтральной или со слабо щелочной реакціей преобладаютъ бактеріи; напротивъ, въ кислыхъ лѣсныхъ почвахъ съ малою производительностью въ изобиліи развиваются гифовые грибы, которые своимъ мицелиемъ густо переплетаютъ лѣсную подстилку, образуя на поверхности почвы плотный, войлокообразный слой, существенную часть котораго составляютъ

гифы грибовъ. Мицелій грибовъ не только переплетаетъ лѣсную подстилку, но иногда проникаетъ глубоко и въ почвенные слои, особенно на песчаныхъ почвахъ, и настолько переплетаетъ почвенныя частицы, что почва можетъ быть разрѣзаема на неразсыпающіеся куски. Въ этомъ отношеніи особенное вниманіе обращаетъ на себя гифовый грибокъ *Cladosporium humifaciens*.

Изслѣдованія Раманна надъ торфяниками показали, что верхніе слои даже сфагновыхъ торфяниковъ содержатъ въ значительныхъ количествахъ бактерій, но, въ общемъ, въ нихъ преобладаютъ грибы; въ луговыхъ же (травяныхъ) торфяникахъ наблюдается замѣтное преобладаніе бактерій. Всякаго рода культурныя мѣры, примѣняемыя на торфяныхъ почвахъ, поднимаютъ замѣтнымъ образомъ численность микроорганизмовъ, особенно численность бактерій.

*Общія выводы.* На основаніи имѣющихся изслѣдованій главные выводы относительно распространенія микроорганизмовъ въ почвахъ могутъ быть сведены къ слѣдующимъ положеніямъ:

1. Почвы обильно населены микроорганизмами; число ихъ зародышей, опредѣляемое современными методами, можетъ достигать 100 и болѣе миллионовъ на 1 гр. сухого вещества почвы.

2. Микроорганизмы особенно обильно распространены въ верхнихъ почвенныхъ перегнойныхъ слояхъ. Впрочемъ, въ самомъ поверхностномъ, освѣщаемомъ солнечными лучами, слой число микробовъ рѣзко падаетъ. Въ небольшомъ же числѣ они обычно встрѣчаются еще до глубины 4-хъ метровъ.

3. Теплымъ странамъ и теплымъ временамъ года соотвѣтствуетъ болѣе обильная микрофлора.

4. Въ почвахъ нейтральныхъ, а также—со слабо щелочной реакціей, преобладаютъ бактеріи надъ грибами; въ кислыхъ же почвахъ, наоборотъ, грибы—надъ бактеріями.

5. Плодородныя и культурныя почвы, богатыя органическими веществами, характеризуются обиліемъ микроорганизмовъ и преобладаемъ въ нихъ бактерій надъ грибами.

6. Культурныя мѣры (обработка, удобреніе), повышающія производительность почвы, въ общемъ ведутъ къ увеличенію числа микроорганизмовъ въ почвахъ, особенно ихъ бактеріальнаго населенія.

7. Борьба микробовъ съ другими организмами уменьшаетъ численность микрофлоры почвъ.

#### Разложеніе органическихъ веществъ при участіи микроорганизмовъ.

Въ соотвѣтствіи съ жизнедѣятельностью микроорганизмовъ, съ одной стороны—при аэробныхъ, съ другой стороны—при анаэробныхъ условіяхъ можно различать два типа разложенія органическихъ веществъ, а именно, тлѣніе и гніеніе, понимая подъ тлѣніемъ разложеніе органическихъ веществъ при

свободномъ доступѣ кислорода, а подѣ гніеніемъ — разложеніе органическихъ веществъ въ отсутствіи свободного кислорода.

Характерными отличительными признаками двухъ вышенамѣченныхъ видовъ разложенія органическихъ веществъ могутъ служить конечные продукты, получающіеся при этихъ процессахъ, а также—количество тепловой энергіи, которое при нихъ выдѣляется.

При процессѣ тлѣнія получаютъ продукты полного окисленія, какъ-то: углекислота, вода, азотная, фосфорная и сѣрная кислоты и т. д. При процессѣ же гніенія образуется цѣлый рядъ неокисленныхъ продуктовъ; такъ, на примѣръ, при гніеніи только часть углерода выдѣляется въ видѣ углекислоты, которая образуется на счетъ кислорода, содержащагося въ самомъ разлагающемся веществѣ, другая же часть углерода освобождается, главнымъ образомъ, въ видѣ метана (CH<sub>4</sub>); кромѣ того, получается еще цѣлый рядъ другихъ неокисленныхъ продуктовъ, способныхъ къ окисленію (къ сгоранію), какъ-то: свободный водородъ, амміакъ, сѣрководородъ и т. д.

Затѣмъ, тлѣніе, будучи процессомъ окислительнымъ, сопровождается освобожденіемъ въ большихъ количествахъ тепловой энергіи, и поэтому при этомъ процессѣ температура разлагающихся веществъ при благоприятныхъ къ тому условіяхъ сильно повышается. Процессъ же гніенія протекаетъ безъ замѣтнаго повышенія температуры разлагающагося вещества. Само собою понятно, что въ природѣ и, въ частности, въ почвенныхъ образованіяхъ, процессы тлѣнія и гніенія далеко не всегда протекаютъ рѣзко ограниченными; да и самое дѣленіе процессовъ разложенія на тлѣніе и гніеніе въ значительной степени условно.

Для поясненія характерныхъ особенностей этихъ двухъ видовъ разложенія можно привести наблюденія (проф. Дегерена) надъ температурою и составомъ газовой среды въ различныхъ слояхъ разлагающейся навозной кучи. Такъ, въ верхнихъ слояхъ навозной кучи температура достигала 68°, во внутреннихъ глубокихъ слояхъ—25°. Составъ же газовой среды (по объему) изъ различныхъ слоевъ навозной кучи оказался таковымъ:

	И з ъ с л о е в ѣ			Составъ атмосфернаго воздуха.
	верхнихъ	среднихъ	нижнихъ	
кислорода . . . . .	0,0%	0,0%	0,0%	20,93%
углекислоты . . . . .	21,6 „	31,0 „	22,7 „	—
метана . . . . .	0,0 „	33,3 „	77,3 „	—
азота . . . . .	78,4 „	35,5 „	слѣды	79,07 „

Приведенныя данныя весьма наглядно поясняютъ различіе между двумя типами разложенія. Изъ нихъ мы видимъ, что въ верхнихъ слояхъ навозной кучи, куда проникаетъ воздухъ, и гдѣ имѣетъ мѣсто процессъ тлѣнія, газовая среда отличается отъ состава воздуха только тѣмъ, что кислородъ замѣщенъ углекислотой, азотъ же

находится въ той же приблизительно пропорціи, какъ и въ воздухѣ. Въ газообразной же атмосферѣ нижнихъ слоевъ азотъ почти совсѣмъ отсутствуетъ, что указываетъ на то, что воздухъ сюда не проникаетъ, и что здѣсь потому происходитъ процессъ гніенія; въ соотвѣтствіи съ этимъ мы находимъ въ глубокихъ слояхъ навозной кучи газообразные продукты, характерные для этого процесса (метанъ). Что касается среднихъ слоевъ навозной кучи, то они показываютъ газообразную атмосферу промежуточнаго состава.

При нижеслѣдующемъ разсмотрѣніи ближайшихъ условій, влияющихъ на ходъ разложенія органическихъ веществъ при процессахъ, какъ тлѣнія, такъ и гніенія, мы будемъ учитывать, главнымъ образомъ, превращеніе углерода и водорода органическихъ веществъ въ минеральную форму (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> и H<sub>2</sub>). Превращенія, которымъ подвергается азотъ органическихъ веществъ при ихъ разложеніи, будутъ нами разсмотрѣны особо. Относительно судьбы другихъ элементовъ при разложеніи органическихъ веществъ намъ мало что извѣстно до настоящаго времени.

#### Ближайшія условія быстроты разложенія органическихъ веществъ при доступѣ кислорода (при процессѣ „тлѣнія“).

Процессъ тлѣнія, совершающійся при доступѣ свободного кислорода, играетъ наиболѣе существенную роль при разложеніи органическихъ веществъ въ почвахъ. Процессъ этотъ, какъ было указано, является, главнымъ образомъ, результатомъ жизнедѣятельности различнаго рода микроорганизмовъ и лишь въ слабой степени проявляется чисто химическимъ путемъ. Поэтому, само собою понятно, что, при изученіи влияния различныхъ условій на процессъ тлѣнія, мы будемъ наблюдать, что влияние этихъ факторовъ будетъ, главнымъ образомъ, опредѣляться ихъ отношеніемъ къ микроорганизмамъ.

Быстрота процесса тлѣнія зависитъ, во-первыхъ, отъ состава и свойствъ самой разлагающейся среды и, во-вторыхъ, отъ внѣшнихъ условій, при которыхъ процессъ протекаетъ. Въ первомъ случаѣ мы остановимся на влияніи на быстроту тлѣнія состава и свойствъ разлагающихся веществъ и на роли въ этомъ процессѣ присутствующихъ минеральныхъ веществъ; во второмъ случаѣ, мы разсмотримъ влияние доступа кислорода (его парціального давленія), температуры, влажности и напряженія электрическихъ токовъ.

О скорости разложенія органическихъ веществъ при процессѣ тлѣнія обычно судятъ по количеству выдѣляющейся при этомъ углекислоты, приравнивая при этомъ процессъ какъ бы къ простому полному сгоранію органическихъ веществъ. Въ дѣйствительности же, конечно, процессъ идетъ много сложнѣе: происходитъ гидролизъ, идетъ перегруппировка атомовъ, выдѣленіе углекислоты не только за счетъ притекающаго извнѣ кислорода, но и кислорода, заимствуемаго непосредственно отъ разлагающагося вещества, имѣетъ мѣсто связываніе кислорода и т. д.; почему и не наблюдается строгой

пропорціональности между потребленнымъ кислородомъ и выдѣлившейся углекислотой.

I. Вліяніе состава и свойствъ разлагающейся среды на быстроту разложенія органическихъ веществъ.

1 Вліяніе состава органическихъ веществъ.

Составъ растеній и животныхъ, являющихся источникомъ всѣхъ органическихъ веществъ почвы, какъ извѣстно, весьма разнообразенъ и сложенъ. А потому, естественно полагать, что скорость разложенія остатковъ растеній и животныхъ, должна быть весьма различной въ зависимости отъ ихъ состава и опредѣляться, главнымъ образомъ, доступностью (пригодностью) отдѣльныхъ составныхъ веществъ для питанія микроорганизмовъ.

Представленіе о большомъ разнообразіи веществъ, подвергающихся разложенію въ почвахъ и служащихъ источникомъ образующагося въ нихъ перегноя, даетъ, хотя бы краткій, перечень группъ органическихъ соединений, входящихъ въ составъ растеній. Изъ нихъ, по количеству, на первомъ мѣстѣ стоятъ различнаго рода углеводы; изъ послѣднихъ клѣтчатка, лигнинъ и пробковое вещество составляютъ весьма существенную часть растительныхъ тканей. Въ видѣ содержамаго клѣтокъ весьма важную роль играетъ крахмалъ (вещество, по химической природѣ близкое къ предыдущей группѣ); затѣмъ, многія растенія, въ формѣ межкѣлочнаго вещества и выдѣлений, богаты камедями, растительными слизями и пектиновыми (студенистыми); далѣе изъ углеводовъ растенія содержатъ группу сахаровъ, главнымъ образомъ, глюкозу или виноградный сахаръ, фруктозу и тростниковый сахаръ. Весьма распространены въ растительномъ царствѣ дубильныя вещества (таннинъ), которыя пропитываютъ по преимуществу отживающія ткани растеній (кору). Наконецъ, изъ безазотистыхъ веществъ въ растеніяхъ надо указать: 1) на жиры, представляющіе, главнымъ образомъ, эфиры глицерина и пальмитиновой, стеариновой и льняномасляной кислотъ, 2) на органическія кислоты, какъ-то: щавелевую, яблочную, винную и др., встрѣчающіяся или въ видѣ солей, или въ свободномъ состояніи, 3) на различныя смолы, а также на каучукъ, гуттаперчу, относящіяся къ группѣ углеводовъ, и 4) на воскообразныя вещества, химическая природа которыхъ еще мало выяснена.

Изъ азотистыхъ веществъ растеній мы укажемъ здѣсь лишь ихъ главнѣйшія группы. Преобладающими азотистыми веществами въ растеніяхъ являются бѣлковыя или протеиновыя соединения; они составляютъ наиболѣе важную часть живой плазмы. Далѣе, существенною составною частью являются амидокислоты и амиды кислотъ (аспарагинъ, лейцинъ, тирозинъ и т. д.), амины (лецитины) и весьма неопредѣленная группа алколоидовъ.

Изъ составныхъ частей растеній, можно полагать, наиболѣе быстрому разложенію подвергаются бѣлковыя вещества, сахара и нѣкоторыя органическія кислоты, такъ какъ эти вещества составляютъ наиболѣе доступную пищу для большинства микроорганизмовъ. Болѣе трудно разлагаются клѣтчатка, лигнинъ, пробковое вещество, особенно же—дубильныя и воскообразныя вещества и смолы. Въ связи съ

этимъ и полагають, что, именно, послѣднія группы веществъ, начиная съ клѣтчатки, и служатъ главнымъ источникомъ темныхъ перегнойныхъ веществъ, накаплиющихся въ почвѣ.

Что растенія и части ихъ, болѣе богатыя бѣлковыми веществами, разлагаются быстрѣе, чѣмъ болѣе бѣдныя ими, доказано прямыми опытами (Э. Вольни); въ соотвѣтствіи съ этимъ прибавка къ разлагающимся веществамъ бѣлковъ ускоряетъ ихъ разложеніе.

Смолы, воскообразныя и дубильныя вещества не только сами разлагаются медленно, но, обволакивая или пропитывая другія вещества, замедляютъ ихъ разложеніе. Такъ, напр., торфъ (опытъ Вольни), промытый горячимъ эфиромъ-спиртомъ и освобожденный отъ смолообразныхъ веществъ, разлагался вдвое быстрѣе, чѣмъ безъ таковой обработки; также и солома, пропитанная 1% растворомъ таннина, разлагалась медленнѣе, чѣмъ смоченная только водою.

Относительно образованія и накопленія перегноя въ почвахъ различнаго типа слѣдуетъ отмѣтить, что сравнительные опыты П. Костычева надъ скоростью разложенія сѣна изъ Петроградской губ. и ковыльнаго сѣна изъ Полтавской губ., а также и древесныхъ листьевъ и полученныхъ изъ нихъ перегнойныхъ веществъ, не показали сколько-нибудь существенной разницы въ скорости ихъ разложенія. Изъ каковыхъ результатовъ можно дѣлать выводъ, что составъ растительности и образующихся изъ нея продуктовъ разложенія не играетъ особо существенной роли, какъ факторъ, опредѣляющій накопленіе перегноя въ почвахъ; но, нельзя отрицать и допущенія, что при нѣкоторыхъ условіяхъ все же составъ растительности, какъ, напр., — болотъ, бѣдныхъ питательными веществами, можетъ существенно вліять на скорость разложенія въ природѣ растительныхъ веществъ.

По мѣрѣ развитія процесса разложенія составъ разлагающагося вещества естественно измѣняется: нѣкоторыя вещества исчезаютъ, а именно, наиболѣе легко потребляемыя микроорганизмами, другія же—вновь появляются, въ частности, вещества, составляющія перегной почвы и въ ней накаплиющіяся. А поэтому, надо полагать, что въ связи съ указанными измѣненіями должно происходить замедленіе быстроты разложенія. Опыты въ этомъ направленіи (Э. Вольни), изъ которыхъ мы приводимъ въ нижеслѣдующей таблицѣ нѣсколько данныхъ, подтверждаютъ это предположеніе; такъ, при нихъ получено:

Въ 1000 объемахъ воздуха, прошедшаго чрезъ разлагающіяся вещества, содержалось объемовъ CO<sub>2</sub>:

При разложеніи навоза свѣжаго . . . . .	13,431
" " " разлагавш. 8 нед. . . . .	11,706
" " " " 20 " . . . . .	8,248
" " торфа съ глубины 10,5— 36,8 см. . . . .	3,229
" " " " " 42,1— 73,6 " . . . . .	3,052
" " " " " 78,9—115,7 " . . . . .	2,826

Въ соотвѣтствіи съ этими результатами находятся наблюденія проф. Дегерена, показавшія, что скорость разложенія перегноя одной и той же почвы постепенно понижается: сначала—быстро, а затѣмъ все медленнѣе и медленнѣе.

На Ротгамстедской опытной станціи имѣются анализы однихъ и тѣхъ же почвъ чрезъ продолжительные промежутки времени. Они показываютъ, что почвы, находившіяся подъ культурою и не получавшія предъ тѣмъ продолжительное время навознаго удобрения, весьма медленно обдѣнялись органическимъ углеродомъ; такъ, напр., почва, находившаяся при этихъ условіяхъ, содержала въ 1865 г.—1.100<sup>0</sup>/<sub>0</sub> органическаго углерода, а въ 1893 г.—еще 0,888<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, т. е., за 28 лѣтъ она потеряла только около 0,2<sup>0</sup>/<sub>0</sub> углерода; съ другой стороны, подобная же почва, но предъ тѣмъ удобрявшаяся навозомъ и затѣмъ оставленная безъ удобрения, вначалѣ сравнительно быстро обдѣнялась органическимъ углеродомъ. Въ соотвѣтствіи съ этимъ мы наблюдаемъ, что весьма древнія въ геологическомъ смыслѣ горныя породы осадочнаго происхожденія, еще до настоящаго времени, сохранили въ себѣ въ значительныхъ количествахъ органическія вещества. Миллеръ, изслѣдовавъ различные древніе глины и известняки въ Англии, нашелъ, что они все содержатъ органическій углеродъ, содержаніе котораго колеблется отъ 0,299<sup>0</sup>/<sub>0</sub> до 1,299<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Здѣсь же можно также упомянуть о сохраненіи въ значительныхъ количествахъ перегноя (1/2 до 1 1/2<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) въ древнихъ погребенныхъ почвахъ южной Россіи.

Наконецъ, надо указать на органическіе продукты выдѣленія самихъ организмовъ, которые могутъ быть сами по себѣ вредны для нихъ же самихъ; въ частности, можно отмѣтить образованіе многими бактеріями кислотъ (уксусной, масляно-кислой и др.); возможно образованіе въ почвахъ и „ядовитыхъ“ для микробовъ органическихъ соединеній.

## 2. Вліяніе минеральныхъ соединеній на быстроту разложенія органическихъ веществъ.

Разложеніе органическихъ веществъ можетъ задерживаться недостаткомъ въ нихъ самихъ тѣхъ или другихъ элементовъ, необходимыхъ для питанія микроорганизмовъ. Въ этихъ случаяхъ естественно, что прибавка къ разлагающимся веществамъ питательныхъ минеральныхъ солей должна повышать скорость разложенія органическихъ веществъ.

Такъ, напримѣръ, Вольни, сравнивая скорость разложенія соломы озимой ржи (въ порошокъ), смоченной водою и растворами питательныхъ солей (въ одномъ литрѣ: 0,4 гр. виннокислаго аммонія, 0,4 гр.  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 0,2 гр.  $\text{KCl}$ , 0,1 гр.  $\text{MgSO}_4$  и 0,1 гр.  $\text{Ca(NO}_3)_2$ , получилъ слѣдующія данныя:

Объемы $\text{CO}_2$ , выдѣлившіеся на 100 объемовъ воздуха, прошедш. черезъ разлаг. вещ.	С о л о м а б ы л а с м о ч е н а :				
	Водою	Полнымъ питательн. растворомъ	Полнымъ питательнымъ растворомъ безъ К	безъ Р	безъ N.
	16,672	20,256	19,386	18,867	18,156

Опыты Раманна со смачиваніемъ древесины различныхъ древесныхъ породъ навозной жижей и растворами минеральныхъ удобрений (каинита, чил. селитры) дали подобные же результаты; причемъ благоприятное вліяніе проявилось особенно замѣтно по истеченіи нѣкотораго времени.

Напротивъ, избытокъ легкорастворимыхъ минеральныхъ солей, губельно вліяя на большинство микробовъ, долженъ понижать скорость разложенія органическихъ веществъ. Напр., при опытахъ (Вольни) въ этомъ направленіи растворъ поваренной соли при концентраціи 0,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub> уже замѣтно замедлялъ скорость разложенія, при 5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—понижалъ на половину, а при 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—въ десять разъ. Проявленіемъ отмѣченной роли минеральныхъ солей можно, повидимому, объяснить обогащеніе перегноемъ нѣкоторыхъ солончакowychъ почвъ.

Особый интересъ представляетъ вліяніе углекислаго кальція на быстроту разложенія растительныхъ остатковъ и на накопленіе перегноя въ почвахъ.

При опытахъ по выясненію вліянія углекислаго кальція на скорость разложенія органическихъ веществъ получались неоднородные, какъ-бы противорѣчивые, результаты: наблюдалось и ускореніе, и замедленіе, и отсутствіе вліянія. Разъясненіе этого противорѣчія можно найти въ опытахъ (Опритова, Третьякова и Коссовича) по разложенію древесныхъ листьевъ и сѣна, которые отличались большой продолжительностью. Полученные при этихъ опытахъ результаты приводятъ къ заключенію, что, если свѣжіе остатки растений и разлагаются въ присутствіи углекислаго кальція въ нѣкоторыхъ случаяхъ, благодаря нейтрализаціи образующихся перегнойныхъ кислотъ, сперва нѣсколько быстрѣе, чѣмъ безъ него, то по нѣкоторомъ разложеніи вещества углекислый кальцій начинаетъ проявлять замедляющее дѣйствіе на дальнѣйшій процессъ разложенія, и въ конечномъ итогѣ общее вліяніе  $\text{CaCO}_3$  выражается въ задержкѣ разложенія органическихъ веществъ. Отмѣченное задерживающее дѣйствіе углекислаго кальція, начинающее замѣтно проявляться на извѣстной стадіи разложенія органическихъ веществъ, можно объяснить себѣ образованіемъ продуктовъ, трудно поддающихся дальнѣйшему разложенію. Въ началѣ же вліяніе извести опредѣляется, главнымъ образомъ, какъ указано, нейтрализаціею образующихся кислотъ. А поэтому мы можемъ полагать, что углекислый кальцій, содержащійся въ почвахъ, можетъ содѣйствовать накопленію въ нихъ перегноя.

Въ соотвѣтствіи съ этимъ мы обычно наблюдаемъ образованіе почвъ съ высокимъ содержаніемъ перегноя на горныхъ породахъ, богатыхъ углекислой известью, и въ тѣхъ условіяхъ, при которыхъ на другихъ горныхъ породахъ, обдѣнныхъ карбонатами, не наблюдается столь высокаго накопленія перегноя въ почвахъ. Такими почвами являются, такъ называемыя, перегнойно-карбонатныя почвы или рендзины, образу-

щіяся на известнякахъ и встрѣчающіяся среди подзолистыхъ почвъ, небогатыхъ перегноемъ и образовавшихся изъ породъ, бѣдныхъ углекислымъ кальціемъ.

Гильгардъ, на основаніи изученія почвъ Сѣверной Америки, также придерживается взгляда, что углекислый кальцій содѣйствуетъ накопленію перегноя въ почвахъ, но только во влажныхъ областяхъ. Что же касается сухихъ областей, то онъ полагаетъ, что роль карбонатовъ остается такою же лишь при глинистыхъ тяжелыхъ породахъ; напротивъ, въ песчаныхъ почвахъ при сухости климата углекислый кальцій, по мнѣнію этого автора, ускоряетъ разложеніе органическихъ веществъ.

Изъ неорганическихъ продуктовъ жизнедѣятельности самихъ микробовъ слѣдуетъ отмѣтить выдѣляемую ими въ большихъ количествахъ углекислоту, которая при повышенной концентрации дѣйствуетъ отрицательно на микроорганизмы и, скопляясь въ разлагающихся веществахъ, задерживаетъ разложеніе послѣднихъ (дѣйствуетъ антисептически).

3. Вліяніе реакціи среды (кислотности) на скорость разложенія органическихъ веществъ.

Какъ мы уже знаемъ, микроорганизмы далеко не безразлично относятся къ реакціи среды. Грибы, въ общемъ, мирятся съ болѣе значительною кислотностью среды, бактеріи же выносятъ болѣе высокую щелочность; но, за извѣстнымъ предѣломъ какъ кислотности, такъ и щелочности, дѣятельность этихъ организмовъ совершенно прекращается. Естественно, что и скорость разложенія органическихъ веществъ, тѣсно связанная съ жизнедѣятельностью микробовъ, находится въ тѣсной зависимости отъ реакціи среды, которая оказываетъ свое вліяніе какъ на составъ микроорганизмовъ, такъ и на энергію ихъ дѣятельности. Очевидно, нельзя указать реакцію среды, наиболѣе благоприятную для разложенія органическихъ веществъ; надо полагать, что она не одинакова и зависитъ отъ цѣлаго ряда другихъ факторовъ, оказывающихъ свое вліяніе на разложеніе. Въ общемъ же принимаютъ, что нейтральная или слабо щелочная реакціи среды наиболѣе благоприятны для скорости разложенія органическихъ остатковъ, и что кислая реакціи среды начинаетъ задерживать разложеніе уже при сравнительно болѣе низкой степени, чѣмъ щелочная.

При опытахъ Вольни смачиваніе порошка изъ конскаго навоза 0,1% растворомъ азотной, сѣрной и соляной кислотъ, вмѣсто воды, уже замѣтно задерживало разложеніе этого вещества; растворъ же ѣдкаго кали той же концентраціи при смачиваніи имъ порошка ржаной соломы даже нѣсколько повышалъ скорость разложенія и только при 1% растворѣ слегка ее понизилъ (см. ниже замѣчаніе). Очевидно, что степень вліянія кислотъ и оснований будетъ зависеть и отъ ихъ химической природы, и что подобную имъ роль, но болѣе слабую, могутъ оказывать и, такъ называемыя, кислыя и щелочныя соли; изъ послѣднихъ особенно надо указать на углекислыя соли (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Необходимо замѣтить, что для правильности выводовъ по вліянію кислотъ и щелочей на скорость разложенія, очевидно, необходимо принимать во вниманіе не количества, въ которыхъ кислоты и щелочи прибавляются, а ту кислотность или щелочность, которая создается въ разлагающемся веществѣ.

II. Вліяніе внѣшнихъ условій на быстроту разложенія органическихъ веществъ.

1. Вліяніе кислорода на быстроту разложенія органическихъ веществъ.

Опыты по вліянію содержанія кислорода въ газовой средѣ разлагающихся веществъ на скорость ихъ разложенія показали, что энергія разложенія замѣтно понижается лишь тогда, когда процентное содержаніе (парціальное давленіе) кислорода въ газовой средѣ разлагающихся веществъ значительно ниже, чѣмъ въ воздушной атмосферѣ, а именно, когда въ ней содержаніе кислорода примѣрно ниже 6—8%; болѣе же высокое содержаніе кислорода сколько-нибудь существеннаго вліянія на скорость разложенія не оказываетъ. Такъ, при опытѣ (Шлезинга) въ этомъ направленіи, когда чрезъ почву съ достаточной энергіей проходила газовая среда, состоявшая изъ различныхъ смѣсей азота и кислорода, полученъ слѣдующій результатъ:

Составъ газовой	азотъ . . . . .	100%	94%	89%	82%	79%
атмосферы	кислородъ . . . . .	0	6%	11%	18%	21%
Углекислота, выдѣлявшаяся въ среднемъ изъ 100 гр. почвы за сутки . . . . .		0,00093	0,00159	0,00160	0,00166	0,00160 гр.

Другіе опыты (Э. Вольни) подтвердили эти данныя и вмѣстѣ съ тѣмъ показали, что болѣе высокое содержаніе кислорода въ газовой средѣ, чѣмъ въ воздухѣ, также не оказываетъ вліянія на скорость разложенія органическихъ веществъ ни въ ту, ни въ другую сторону; тотъ же результатъ полученъ и для чистаго кислорода.

Въ природѣ обезпеченіе разлагающейся среды кислородомъ опредѣляется, главнымъ образомъ, степенью ея провѣтриванія — процессомъ весьма сложнымъ, если принимать во вниманіе различные участки разлагающагося вещества. Въ общемъ, на основаніи предыдущихъ данныхъ, мы можемъ полагать, что энергія провѣтриванія постольку вліяетъ на скорость разложенія, поскольку, благодаря ей парціальное давленіе кислорода въ разлагающемся веществѣ не опускается до очень низкихъ предѣловъ; болѣе же энергичное провѣтриваніе существеннаго вліянія на скорость разложенія не оказываетъ.

Замѣтимъ, что, по имѣющимся опытамъ (Вольни), озонъ дѣйствовалъ нѣсколько подавляюще на разложеніе растительныхъ остатковъ, за исключеніемъ, впрочемъ, — торфа, при которомъ наблюдалось благоприятное вліяніе озона.

2. Вліяніе температуры на скорость разложенія органическихъ веществъ.

Для правильной оцѣнки вліянія отдѣльныхъ факторовъ на скорость разложенія органическихъ веществъ, а также и для толкованія результатовъ опытовъ, относящихся къ этому вопросу, необходимо всегда имѣть въ виду, что этотъ процессъ совершается двумя путями: какъ при участіи біологическихъ процессовъ, такъ отчасти „чисто-

химическимъ путемъ"; особенно это обстоятельство не можетъ быть упускаемо изъ виду при выясненіи роли температуры въ разложеніи органическихъ веществъ. Зависимость между температурою и „химическимъ“ разложеніемъ, въ общемъ проста: интенсивность этого процесса возрастаетъ съ повышеніемъ температуры. Но, она болѣе сложна при „биологическомъ“ разложеніи.

Жизнедѣятельность большинства микроорганизмовъ начинается около 3—4°, и интенсивность ея повышается до наиболѣе благоприятной (оптимальной) для нихъ температуры, которая, очевидно, для отдѣльныхъ видовъ организмовъ можетъ быть и неодинаковой; для большинства сапрофитовъ optimum лежитъ между 20—30°. Дальнѣйшее повышение температуры дѣйствуетъ уже подавляюще на дѣятельность этихъ микроорганизмовъ и, наконецъ, совершенно приостанавливаетъ таковую, для большинства микробовъ, около 45°. Такъ какъ при разложеніи органическихъ веществъ въ природѣ биологическій процессъ является господствующимъ, то таковой и опредѣляетъ въ общемъ характеръ всего процесса, пока температура не достигаетъ высоты, неблагоприятной для микроорганизмовъ; съ этого момента разложеніе „химическимъ“ путемъ ставится все болѣе и болѣе интенсивнымъ и опредѣляетъ ходъ разложенія.

Цѣлый рядъ изслѣдователей опытнымъ путемъ показали, что параллельно съ постепеннымъ повышеніемъ температуры до извѣстной высоты идетъ ускореніе разложенія органическихъ веществъ. Чтобы познакомиться на конкретномъ примѣрѣ съ такой зависимостью, мы приводимъ данныя (опыты Беллена) по разложенію при различныхъ температурахъ свѣжей березовой листьвы и таковой же листьвы, предварительно разлагавшейся въ теченіе одного года.

ТЕМПЕРАТУРА.		Количество CO <sub>2</sub> въ гр., выдѣлявшейся на 100 гр. сухого вещества:				
		При влажности:				
		3,6%	11,7%	38,7%	64,1%	78,9%
Свѣжая березовая листьва.	0—5° . . . . .	0	0,0043	0,2254	0,2088	0,1960
	17° . . . . .	0	0,0023	0,5184	0,3445	0,3785
	35° . . . . .	0	0,0122	1,5022	1,5441	1,4913
	50° . . . . .	0,0059	0,0379	0,5544	0,5494	0,5188
	60° . . . . .	0,0102	0,0657	0,4132	0,3957	0,3821
		При влажн	о	с	т	и:
		—	25,0%	42,4%	64,8%	75,1%
Разложившіеся березовые листьва.	15° . . . . .	—	0,0320	0,3087	0,4093	0,4273
	36° . . . . .	—	1,1130	0,3307	1,2256	1,1947
	45° . . . . .	—	1,3760	1,3307	1,2088	1,1840
	60° . . . . .	—	1,2145	1,1805	1,9952	1,8397
	70° . . . . .	—	0,6693	1,8880	1,2700	0,9832

Обращаясь къ даннымъ, приведеннымъ въ таблицѣ, и останавливаясь сначала на результатахъ опытовъ при болѣе низкихъ влажностяхъ—3,6% и 11,7% (последній % влажности соответствуетъ влажности листьвовъ въ воздушно-сухомъ состояніи), мы видимъ, что при этихъ степеняхъ влажности разложеніе или совершенно не проявлялось, или же шло весьма медленно: очевидно, при этой влажности „биологическое“ разложеніе не имѣло мѣста, а шло лишь „химическое“, интенсивность котораго правильно и подымалась съ повышеніемъ температуры. Въ условіяхъ болѣе высокой влажности, когда могла проявиться дѣятельность организмовъ, скорость разложенія рѣзко подымается, и интенсивность ея замѣтно повышается съ температурою, но только до извѣстной высоты; а именно, для свѣжихъ листьвовъ наибольшая скорость разложенія оказалась при температурѣ въ 35°, для уже разложившихся листьвовъ при 45—60°. Слѣдовательно, optimum температуры разложенія можетъ быть различнымъ въ зависимости отъ характера разлагающагося вещества.

Максимальная температура, при которой нѣкоторые виды микробовъ могутъ еще развиваться, весьма высока—выше свертыванія бѣлка; а именно, она нѣсколько выше 70°. Изолированы (Ванъ-Тигемъ) термофильные микроорганизмы: микрококка и бацилла, живущіе при 74°.

Микроорганизмы, разлагая органическія вещества, развиваютъ въ большихъ количествахъ теплоту; подъ вліяніемъ послѣдней, при благоприятныхъ условіяхъ, температура разлагающихся матеріаловъ (навоза, влажныхъ сѣна и мякны и т. д.) можетъ сильно повышаться и, при дѣятельномъ участіи микробовъ (сначала—*Vac. coli*, а затѣмъ—*Vac. calfactor*), достигать 70°. Иногда повышение температуры можетъ продолжаться и далѣе и достигать 100—110°, очевидно, уже какъ результатъ чисто химическихъ и физическихъ процессовъ въ связи съ образованіемъ легко окисляющихся (пирофорныхъ) веществъ и съ увеличеніемъ пористости разлагающихся веществъ, при этомъ послѣднія или самостерилизуются, или же въ случаѣ энергичнаго доступа воздуха (кислорода) „самовозгораются“.

Скорость разложенія въ зависимости отъ температуры и наибольшая высота послѣдней при которой можетъ еще происходить разложеніе органическихъ веществъ при участіи биологическихъ процессовъ видны изъ нижеслѣдующихъ данныхъ (см. стр. 114) опытовъ (Дегерена и Демусси) по разложенію перегноя въ двухъ почвахъ при различныхъ температурахъ (для каждого опыта брались особая порціи).

Наблюдаемое въ приведенныхъ данныхъ постепенное увеличеніе выдѣленія углекислоты до 65° и, затѣмъ, рѣзкое паденіе при 80° указываютъ на то, что при первой температурѣ, т. е. при 65°, въ процессѣ разложенія участвовали еще организмы; при 80° ихъ дѣятельность, очевидно, прекратилась, и скорость разложенія понизилась; но съ t—100° вновь сильно повысилась; очевидно, начался энергичный процессъ химич. разложенія.

Отмѣтимъ далѣе, что опыты Шлезинга по разложенію полуперепрѣвшаго кон-

ТЕМПЕРАТУРА.	Количество CO <sub>2</sub> въ граммахъ, выдѣляв- шейся за 1 сутки изъ 100 гр. почвы.	
	Почва необработан. (бѣдная переги.).	Садовая почва съ 2% орган. углерода.
22° . . . . .	0,110 гр.	0,019 гр.
44° . . . . .	0,018 "	0,027 "
55° . . . . .	0,028 "	0,094 "
65° . . . . .	0,060 "	0,176 "
80° . . . . .	0,034 "	0,082 "
90° . . . . .	0,032 "	0,150 "
96° . . . . .	0,049 "	0,174 "
100° . . . . .	0,154 "	0,376 "
110° . . . . .	0,356 "	0,532 "

скаго навоза (влажность 76,2%) показали, что микроорганизмы способны проявлять свою дѣятельность даже при еще болѣе высокой температурѣ, чѣмъ это вытекаетъ изъ опытовъ Дегерена, что видно изъ слѣдующихъ данныхъ:

Д Н И.	Количество CO <sub>2</sub> , выдѣлявшейся на 100 гр. сухого вещества навоза въ 1 сутки:			
	При 72,5° навозъ стерилизованный		При 81° навозъ стерилизованный	
	и незараженный микроорганизм.	и зараженный микроорганизм.	и незараженный микроорганизм.	и зараженный микроорганизм.
2-ой . . . . .	0,23 гр.	0,98 гр.	0,39 гр.	0,41 гр.
3-й . . . . .	0,29 "	1,46 "	0,28 "	0,28 "
4-ый . . . . .	0,19 "	2,98 "	0,26 "	0,24 "

т. е. еще при 72,5° микроорганизмы участвовали въ разложеніи навоза. Такимъ образомъ, принимая во вниманіе все вышесказанное и имѣя въ виду возможные температурныя условія все вышесказанное и гдѣ почвенная температура обычно не подымается выше 25—30°, мы должны придти къ выводу, что разложеніе органическихъ веществъ въ природѣ происходитъ тѣмъ быстрѣе, чѣмъ выше температура разлагающейся среды. Поэтому-то, въ жаркихъ странахъ, когда вмѣстѣ съ тѣмъ нѣтъ и недостатка во влагѣ, мы и наблюдаемъ весьма быстрое исчезновеніе растительныхъ остатковъ (бѣдность тропическихъ лѣсовъ подстилкой). Въ холодномъ же климатѣ, даже при достаткѣ влаги, а также и кислорода, перегной накапливается въ значительныхъ количествахъ на поверхности почвы (тундра, тайга и высокія горныя области).

### 3. Вліяніе влажности на быстроту разложенія органическихъ веществъ.

Условія влажности должны быть признаны однимъ изъ наиболѣе могучихъ факторовъ, опредѣляющихъ быстроту разложенія органическихъ остатковъ и накопленіе въ природѣ перегнойныхъ веществъ. Какъ недостатокъ влаги, такъ и ея избытокъ задерживаютъ разложеніе органическихъ веществъ. Въ первомъ случаѣ, не хватаетъ влаги для жизнедѣятельности микроорганизмовъ, и ихъ разлагающая дѣятельность подавляется. Во второмъ случаѣ, при избыткѣ воды, разлагающая масса не провѣтривается въ необходимой степени, и дѣятельность аэробныхъ организмовъ, наиболѣе энергичныхъ разрушителей органическихъ веществъ, сильно ослабляется; тѣмъ болѣе, что съ заболачиваніемъ связано пониженіе температуры въ лѣтнее время года, когда, по преимуществу, идетъ процессъ разложенія. Замѣтимъ, что, съ другой стороны, накопленіе въ природѣ перегнойныхъ веществъ, какъ при недостаткѣ влаги, такъ и при ея избыткѣ, связано съ послабленіемъ дѣятельности животныхъ.

Для поясненія зависимости скорости разложенія отъ степени влажности разлагающейся среды, можно воспользоваться результатами опытовъ (Баллена), приведенными на стр. 112. Изъ нихъ видно, что листва при содержаніи лишь одной гигроскопической воды (влажность—11,7%) почти совершенно не разлагается, и только съ повышеніемъ влажности до 25% и 38,7%, когда листва содержала влагу въ капельно-жидкомъ состояніи, разложеніе шло весьма энергично; но дальнѣйшее повышеніе влажности до 64% уже не оказываетъ сколько нибудь существеннаго вліянія: при наивысшей влажности, при 75,1% и 78,9%, уже наблюдается нѣкоторое замедленіе въ выдѣленіи углекислоты. Это, очевидно, находится въ связи съ переполненіемъ поръ разлагающагося вещества водою и съ задержкою притока воздуха; причемъ процессъ тлѣнія долженъ былъ отчасти смѣниться процессомъ гніенія, которое совершается значительно медленнѣе, чѣмъ первый процессъ.

Такимъ образомъ, вліяніе влаги на разложеніе органическихъ веществъ сводится къ слѣдующему: въ случаѣ недостатка влаги въ разлагающемся веществѣ для проявленія жизнедѣятельности микроорганизмовъ, разложеніе совершается какъ химическій процессъ и при низкихъ температурахъ почти совсѣмъ не проявляется; съ повышеніемъ же температуры правильно повышается. Съ момента обезпеченія водою микроорганизмовъ скорость разложенія рѣзко повышается, причемъ дальнѣйшее увеличеніе влажности уже не оказываетъ сколько нибудь существеннаго вліянія на процессъ до тѣхъ поръ, пока вода не начнетъ переполнять

поры разлагающейся массы и тѣмъ затруднить проникновеніе въ нее воздуха; съ этого момента наблюдается пониженіе скорости разложенія.

Необходимо оговорить, что процентъ общей влажности разлагающейся среды не выражаетъ непосредственно дѣйствительныхъ условій влажности въ разлагающемся веществѣ, такъ какъ такія условія опредѣляются не количествомъ всей воды, а лишь доступной для организмовъ, которая находится въ разныхъ почвахъ въ различныхъ отношеніяхъ къ общей влажности; такъ, песчаная почва при 7% общей влажности можетъ вполне обеспечивать населяющіе ее организмы влагою, черноземная же почва при томъ же процентѣ влаги находится еще только въ воздушно-сухомъ состояніи.

Высыханіе разлагающагося вещества не только связано съ временнымъ замедленіемъ разложенія, но оно сказывается неблагоприятно и на дѣятельности самихъ микроорганизмовъ, понижая ее. Къ пересыханію особенно чувствительны бактеріи, и менѣе — плѣсени. Такое вліяніе, напр., проявляется въ лѣсу, гдѣ пересыханіе лѣсной подстилки ведетъ къ накопленію на поверхности почвы мало разложившагося торфянистаго слоя (Rohhumus), который наиболѣе часто образуется на солнечныхъ краяхъ лѣса, на освѣщенныхъ прогалинахъ и на южныхъ склонахъ.

7. Вліяніе электрическихъ токовъ на скорость разложенія органическихъ веществъ.

При опытахъ въ этомъ направленіи (Вольни) слабые электрическіе токи, какъ гальваническіе, такъ и индуктивные, проходившіе черезъ разлагающіяся вещества, не оказывали сколько-нибудь существеннаго вліянія на скорость ихъ разложенія.

При опытахъ С. Кравкова получены иные результаты. При испытаніи имъ вліянія слабого гальваническаго тока (отъ двухъ элементовъ Мейдингера) на черноземную почву, оказалось, что подѣ воздействием электрическаго тока въ почвѣ наблюдалось ускореніе въ разложеніи органическихъ веществъ (опредѣлялась выдѣлявшаяся углекислота); вмѣстѣ съ тѣмъ черноземъ подѣ вліяніемъ электризаціи по-свѣтлѣлъ, и содержаніе въ немъ перегноя за три мѣсяца понизилось съ 7,01% до 5,74%.

### Окисленіе органическихъ веществъ химическимъ путемъ.

Данныя имѣющіяся опытовъ и наблюденія показываютъ, что въ отсутствіи микроорганизмовъ при невысокихъ температурахъ, органическія вещества разлагаются крайне медленно.

Такъ, при опытахъ Дегерена и Демусси, 100 гр. стерилизованной садовой почвы (съ 2% углерода или съ 3,48% перегнойныхъ веществъ) въ среднемъ за день выдѣляли, при 22° и при благоприятныхъ условіяхъ влажности, только по 0,0014 гр. углекислоты. Сравнивая этотъ результатъ съ данными, приведенными въ таблицѣ на стр. 114 для нестерилизованныхъ почвъ, мы видимъ, что разложеніе почвеннаго перегноя въ отсутствіи микроорганизмовъ совершалось приблизительно въ 15 разъ медленнѣе, чѣмъ при участіи организмовъ; причемъ и эта наблюдавшаяся скорость раз-

ложенія относится къ первому періоду и, надо полагать, она должна быстро еще болѣе уменьшиться.

Впрочемъ, интенсивность химическаго разложенія органическихъ веществъ весьма сильно возрастаетъ при температурахъ около и болѣе 100°, какъ это вытекаетъ изъ тѣхъ же опытовъ Дегерена и Демусси (табл. на стр. 114), при которыхъ скорость разложенія при 100° была почти въ 20 разъ выше, чѣмъ при 22°.

### Разложеніе органическихъ веществъ въ отсутствіи кислорода—процессъ гніенія.

Въ почвахъ процессъ гніенія играетъ значительно меньшую роль, чѣмъ процессъ тлѣнія. Гніеніе проявляется, главнымъ образомъ, въ условіяхъ заболачиванія, а именно, въ торфяникахъ и торфянистыхъ почвахъ. Впрочемъ, необходимо замѣтить, что бескислородное разложеніе можетъ отчасти итти и въ верхнихъ провѣтриваемыхъ слояхъ почвы, повидимому, въ отдѣльныхъ ея участкахъ, въ которыхъ, благодаря энергичной дѣятельности аэробныхъ организмовъ, создаются бескислородныя условія; на что указываетъ нахожденіе въ этихъ слояхъ строгихъ анаэробныхъ микроорганизмовъ (напр. *Clostridium Pasteurianum*, см. ниже).

Какъ на характерныя особенности процесса гніенія можно указать на медленность его протеканія по сравненію съ тлѣніемъ, на незначительное количество освобождающейся при немъ тепловой энергіи и на образованіе среди разнообразныхъ продуктовъ разложенія, помимо окисленныхъ соединений  $C_2O$  и  $H_2O$ , образующихся на счетъ кислорода разлагающихся веществъ, еще бескислородныхъ соединений: метана ( $CH_4$ ), водорода, отчасти  $SH_2$ ,  $PH_3$  и др. Каковыя газообразные продукты гніенія, какъ извѣстно, выдѣляются, напр., надъ болотами въ видѣ газовыхъ пузырей, которые особенно богаты метаномъ; при изслѣдованіи (Лоріэ) ихъ состава найдено: метана—57—91,8%; водорода—0,2—6,4%; углекислоты—3—20%; азота—4—36%; кислорода—менѣе 1%.

Чтобы на конкретномъ примѣрѣ ближе познакомиться съ процессомъ гніенія, мы рассмотримъ данныя опыта Шлезинга по разложенію въ анаэробныхъ и аэробныхъ условіяхъ полуперегниваемаго навоза. Для каждой серіи опытовъ (при анаэробныхъ и аэробныхъ условіяхъ) было взято по четыре порціи стерилизованнаго навоза (при влажности въ 60%), изъ которыхъ затѣмъ двѣ порціи изъ каждой серіи вновь заражались организмами изъ навоза. Полученные результаты приводятся въ нижеслѣдующей таблицѣ (см. стр. 118).

Сопоставляя данныя таблицы въ отношеніи количествъ выдѣлявшейся углекислоты, мы видимъ, что въ анаэробныхъ условіяхъ разложеніе шло значительно медленнѣе (въ 45 разъ), чѣмъ при аэробныхъ, и что въ отсутствіи кислорода, кромѣ углекислоты, выдѣлялся еще метанъ и отчасти водородъ; появленіе послѣдняго наблюдалось при наиболѣе высокой температурѣ опыта (66°), когда образованіе метана прекращалось.

Процессъ гніенія органическихъ веществъ совершается, какъ и

Составъ и количество газа въ граммахъ, выдѣлявшагося въ 24 ч. при разложеніи навоза (на 100 гр. сух. вещества).												
При анаэробныхъ условіяхъ.	На который день отъ начала опыта.	При температурѣ 52°.						При температурѣ 66°.				
		Незараженный.			Зараженный.			Незараженный.			Зараженный.	
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
5-ый	0,014	0	0,00009	0,266	0,008	0	0,042	0	0,00036	0,250	0	0,00036
12-ый	0,038	0	0,00027	0,392	0,130	0	0,104	0	0,00180	0,126	0	0,00306
17-ый	0,032	0	0,00018	0,336	0,152	0	0,080	0	0,00144	0,084	0	0,00153

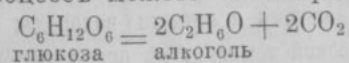
При аэробныхъ условіяхъ.	t—52°		t—58°	
	Незараженный CO <sub>2</sub>	Зараженный CO <sub>2</sub>	Незараженный CO <sub>2</sub>	Зараженный CO <sub>2</sub>
	5-ый	1,76 гр.	6,34 гр.	2,46 гр.
10-ый	1,48 "	4,82 "	2,42 "	3,56 "
18-ый	1,16 "	3,14 "	0,90 "	2,38 "

при аэробномъ разложеніи, при участіи весьма разнообразныхъ микроорганизмовъ. Относительная роль отдѣльныхъ видовъ изъ нихъ въ процессѣ гніенія, имѣющемъ мѣсто въ природѣ, далеко еще не вполне выяснена. А потому мы упомянемъ только о нѣсколькихъ анаэробныхъ организмахъ, наиболѣе распространенныхъ и сравнительно хорошо изученныхъ. Ознакомленіе съ ними пояснитъ намъ характеръ процессовъ анаэробнаго разложенія и присутствіе въ газообразныхъ продуктахъ гніенія метана и водорода.

*Отдѣльные виды процессовъ бескислороднаго разложенія орган. веществъ.*

Большинство микробиологическихъ процессовъ разложенія органическихъ веществъ, совершающихся безъ участія свободнаго кислорода, относится къ группѣ, такъ называемыхъ, процессовъ „броженія“; <sup>1)</sup> къ послѣднимъ обычно относятъ процессы, выражающіеся въ глубокомъ распадѣ веществъ подѣ влияніемъ энзимъ, выдѣляемыхъ микроорганизмами; эти процессы часто сопровождаются обильнымъ выдѣленіемъ газа (жидкость при этомъ „бродитъ“, откуда и терминъ).

Одинъ изъ наиболѣе изученныхъ типовъ броженія является спиртовое броженіе; при немъ распадъ вещества происходитъ подѣ влияніемъ энзима „зимазы“, выдѣляемаго дрожжевымъ грибомъ; теоретически процессъ можетъ быть представленъ уравненіемъ:

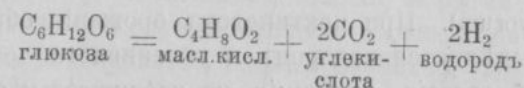


<sup>1)</sup> Терминъ весьма условный.

Исходнымъ продуктомъ для алкоголя обычно являются полисахариды (крахмалъ) и дисахариды (тростниковый сахаръ), которые подѣ влияніемъ гидролитическихъ энзимъ сначала гидролизуются и превращаются въ болѣе простые соединенія (гексозы); послѣдніи затѣмъ уже перебразиваются въ алкоголь. Спиртовое броженіе въ почвенныхъ процессахъ, повидимому, играетъ небольшую роль.

Изъ процессовъ броженія при разложеніи органическихъ остатковъ въ природѣ, можно полагать, особенно большое значеніе принадлежитъ процессамъ маслянокислаго броженія, однимъ изъ существенныхъ продуктовъ котораго является масляная кислота (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>). Маслянокислому броженію, происходящему подѣ влияніемъ весьма разнообразныхъ микробовъ, принадлежащихъ, главнымъ образомъ, къ роду *Granulobacter*, (изъ другихъ, можно отмѣтить, *Vac. putrificus*, *Clostridium Pasteurianum* и т. д.), подвергаются самыя разнообразныя вещества.

Организмы маслянокислаго броженія способны перебразивать: глюкозу, мальтозу, тростниковый сахаръ, молочный сахаръ, декстринъ, крахмалъ и т. д.; нѣкоторыя изъ этихъ веществъ подвергаются броженію уже послѣ предварительнаго воздѣйствія на нихъ другихъ энзимъ. Главными продуктами типичнаго маслянокислаго броженія являются масляная кислота, углекислота и водородъ; кромѣ того, образуется уксусная и нѣкоторыя другія жирныя кислоты. Ходъ процесса можно выразить слѣд. уравненіемъ.



Въ почвенномъ отношеніи, изъ группы процессовъ маслянокислаго броженія, особый интересъ представляетъ бескислородное разложеніе клѣтчатки, которая въ большихъ количествахъ создается растительнымъ міромъ; процессъ можетъ происходить подѣ влияніемъ двухъ микробовъ: *бацилла метановаго броженія* (*Vac. cellulosaе methanica*) и *бацилла водороднаго броженія* (*Vac. cellulosaе hydrogēnicus*).

Въ природѣ особенно распространено метановое броженіе. Какъ выяснено (В. Л. Омелянскій), бактеріи этого броженія способны разлагать весьма разнообразныя вещества: клѣтчатку, пентозы, пентозаны (гумми-арабики), жирныя кислоты (уксусную, молочную и масляную), а также бѣлковыя вещества. Микробы метановаго броженія весьма энергично разлагаютъ фильтровальную бумагу (целлюлезу) въ питательномъ растворѣ, содержащемъ только минеральныя соли. Продуктами разложенія являются, съ одной стороны, газообразныя соединенія—CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub>, съ другой стороны, жирныя кислоты, главнымъ образомъ, масляная и уксусная, а также и другія.

Относительныя количества образующихся веществъ видны изъ нижеслѣдующихъ данныхъ:

Взято для опыта клетчатки . . . . .	2,0815 гр.	Образовалось метана . . . . .	0,1372 гр.
Осталось неразлож . . . . .	0,0750 „	„ углекислоты . . . . .	0,8678 „
Исчезло при броженіи . . . . .	2,0065 „	„ кислоту . . . . .	1,0273 „
		Всего . . . . .	2,0273 гр

Какъ было указано, метановому броженію въ свою очередь подлежатъ уксусная и масляная кислоты; каковыя кислоты уже почти нацѣло разлагаются на углекислоту и метанъ. Напримѣръ, разложеніе масляно-кислаго кальція можно представить себѣ происходящимъ по слѣдующему уравненію:  $\text{Ca}(\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_2)_2 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 + 2\text{CO}_2 + 5\text{CH}_4$ .

Къ метановому броженію весьма близко стоитъ водородное броженіе клетчатки (изученное также В. Л. Омелянскимъ). Организмъ этого броженія превращаетъ до 70% взятой для опыта целлюлозы въ уксусную и масляную кислоты, а остальные 30% въ газообразные продукты—углекислоту и водородъ. Въ общемъ водородное броженіе клетчатки по интенсивности слабѣе, чѣмъ метановое. Повидимому, первое проявляется, главнымъ образомъ, когда создаются неблагоприятныя условія для второго (см. данныя таблицы на стр. 100).

Упомянемъ еще о пектиновомъ броженіи, которому подвергаются пектиновыя вещества растительныхъ тканей (въ частности, этотъ процессъ имѣетъ мѣсто при мочкѣ льна). Разложеніе происходитъ также при участіи микробовъ изъ группы анаэробныхъ маслянокислыхъ бактерій (однимъ изъ энергичныхъ дѣятелей является *Glabriobacter restinovorum*). При пектиновомъ броженіи образуется уксусная кислота и выдѣляется водородъ и углекислота.

*Ближайшія условія, вліяющія на характеръ и скорость процессовъ гніенія, еще мало выяснены.* Процессъ совершается тѣмъ быстрѣе, чѣмъ въ большихъ количествахъ разлагающееся вещество содержитъ органическія соединенія, наиболѣе пригодныя для питанія микробовъ; въ частности, въ этомъ отношеніи можно отмѣтить бѣлки; съ потребленіемъ послѣднихъ процессъ замедляется. Минеральныя питательныя соли также ускоряютъ процессъ гніенія.

#### Безкислородное разложеніе органическихъ веществъ химическимъ путемъ.

Въ природѣ разложеніе органическихъ веществъ въ отсутствіи свободнаго кислорода и организмовъ имѣетъ мѣсто въ нижнихъ слояхъ торфяниковъ, въ каменныхъ угляхъ и въ другихъ растительныхъ остаткахъ, погребенныхъ въ мощныхъ слояхъ минеральныхъ горныхъ породахъ. Торфяники на глубинѣ 1—2 метровъ обычно стерильны. Процессъ разложенія въ этихъ случаяхъ идетъ крайне медленно и, насколько мы знаемъ, обычно выражается въ дегидратаци и въ карбонизаци вещества—въ постепенной потери воды и въ обогащеніи углеродомъ; кромѣ воды, хотя и въ небольшихъ количествахъ, выдѣляются метанъ и водородъ; въ результатѣ какового процесса мы наблюдаемъ появленіе въ породахъ и ихъ пустотахъ этихъ газовъ.

### III. Образованіе перегнойныхъ веществъ въ природѣ (гумификація).

Разложеніе органическихъ веществъ, по существу самого процесса, сводится къ постепенному распаду этихъ веществъ и къ переходу ихъ элементовъ, въ конечномъ итогѣ, въ минеральныя соединенія. Но, помимо этого процесса, въ природѣ, повидимому происходитъ, при разложеніи растительныхъ и животныхъ остатковъ и противоположный процессъ—образованіе особо стойкихъ органическихъ веществъ темнаго цвѣта, такъ называемыхъ, перегнойныхъ веществъ. Хотя эти послѣднія, какъ мы видѣли, и представляютъ весьма сложную смѣсь различныхъ соединеній, возможно, отчасти, и съ не особо сложною частицею; но, во всякомъ случаѣ, главная масса веществъ, составляющихъ перегной, обладаетъ рядомъ свойствъ, какъ коллоидальностью, стойкостью по отношенію къ процессамъ разложенія и другими особенностями; каковыя особенности не позволяютъ ихъ разсматривать, какъ болѣе простые продукты распада сложныхъ органическихъ веществъ, входившихъ въ составъ растений и животныхъ, скорѣе же приходится признать, что перегной заключаетъ въ себѣ вещества съ большою молекулярною частицею. Возможно допустить, что нѣкоторая часть изъ этихъ сложныхъ веществъ перегной представляетъ неподвергшіеся разложенію болѣе стойкіе и сложные остатки растений и животныхъ; но, во всякомъ случаѣ, надо полагать, что значительная ихъ часть должна была образоваться при процессахъ разложенія растительныхъ и животныхъ остатковъ. Естественно, является вопросъ, въ чемъ же выражаются ближайшіе процессы этого явленія. Къ сожалѣнію, затрагиваемый вопросъ до настоящаго времени остается почти совершенно не разъясненнымъ.

Однако, чтобы, хотя бы въ самыхъ общихъ чертахъ, охарактеризовать остаточные продукты разложенія растений и животныхъ по сравненію ихъ съ этими послѣдними и на основаніи этихъ данныхъ высказать предположенія объ условіяхъ ихъ образованія, мы въ нижеслѣдующей таблицѣ приводимъ данныя для элементарнаго состава (безъ зольныхъ веществъ): 1) древесины дуба, какъ свѣжей, такъ и разлагавшейся въ теченіе различныхъ сроковъ при свободномъ

доступъ воздуха, 2) трехъ образцовъ торфа, взятыхъ на различныхъ глубинахъ, какъ продуктовъ различной степени разложения при анаэробныхъ условіяхъ, и 3) каменныхъ углей, какъ продуктовъ вѣкового разложения.

*Элементарный составъ растительныхъ остатковъ различной степени разложения.*

	Целлюлоза.	Древесина дуба.			Гуминовая кисл.	Т о р ф ь.			Каменный уголь.		
		Свѣжая.	Разложившаася.			Бурый, по-верхностный.	Черный.		Лигнитъ бурый.	Вуглинистый.	Антрацитъ.
			Свѣтло-корич.	Темно-корич.			Съ 7 фут.	Съ 14 ф.			
С	44,4	50,6	53,6	56,2	56,1—59,0	57,8	62,0	64,1	69,5	84,2	94,8
Н	6,2	6,0	5,2	4,9	4,4—5,3	5,4	5,2	5,0	5,9	5,8	2,6
О	49,4	42,1	41,2	38,9	32,5—36,0	36,0	30,7	26,8	24,0	8,8	2,6
N	—	1,3									

Сравнивая элементарный составъ относительно углерода, азота, водорода и кислорода, свѣжихъ растительныхъ остатковъ съ ихъ продуктами разложения, на основаніи приведенныхъ въ таблицѣ данныхъ, мы видимъ, что продукты разложения обогащаются углеродомъ и азотомъ <sup>1)</sup> и обѣдняются кислородомъ и водородомъ, и что въ частности, при аэробныхъ условіяхъ въ продуктѣ разложения отношеніе кислорода къ водороду повышается: для свѣжей древесины  $\frac{O}{H} = \frac{42,0}{6,0} = 6,9$ , для разложившейся же  $\frac{41,2}{5,2} = 8,0$  а при анаэробныхъ — понижается: для свѣжаго торфа  $\frac{O}{H} = 6,6$ , для сильно разложившагося = 5,9. Такимъ образомъ, процессъ накопленія темныхъ перегнойныхъ веществъ оказывается связаннымъ съ обезвоживаніемъ разлагающагося вещества — съ его дегидратацией. За это же говоритъ полученіе лабораторнымъ путемъ изъ углеводовъ (наприм., изъ тростниковаго сахара) кипяченіемъ ихъ съ минеральными кислотами темныхъ веществъ, въ общемъ сходныхъ съ перегнойными веществами, образующимися въ природѣ. Воздѣйствіе кислотъ здѣсь выражается въ дегидратации углеводовъ. Вмѣстѣ же съ дегидратацией, можно полагать, происходитъ и уплотненіе вещества (увеличеніе молекулярнаго вѣса частицы). Предположеніе объ увеличеніи молекулярнаго вѣса частицы находится въ полномъ соотвѣтствіи съ выраженными коллоидальными свойствами перегнойныхъ веществъ.

Замѣтимъ, что имѣются наблюденія объ участіи энзимъ въ про-

<sup>1)</sup> Каменные угли относительно бѣды азотомъ.

цессахъ дегидратации и въ уплотненіи частицы углеводовъ (переходъ винограднаго сахара въ мальтозу).

Такимъ образомъ, весь процессъ „гумификаціи“ можетъ быть разсматриваемъ какъ обратный процессъ гидролизу, при которомъ происходитъ присоединеніе воды и обычно упрощеніе частицы вещества. А поэтому, въ виду всего сказаннаго представляется возможнымъ предполагать, что темныя перегнойныя вещества, образующіяся при процессахъ разложения растительныхъ и животныхъ остатковъ, не являются непосредственно продуктами процесса разложения, а должны быть разсматриваемы какъ результатъ другихъ побочныхъ процессовъ, выражающихся въ дегидратации вещества и увеличеніи вѣса частицы. Очевидно, что образующіяся темныя перегнойныя вещества въ свою очередь подлежатъ процессамъ разложения.

Для болѣе подробнаго ознакомленія съ микробиологіей почвы можно рекомендовать особому вниманію курсъ *В. Л. Омелянскаго* „Основы микробиологіи“ ПГР. 1913 г.

Процессы разложения органическихъ веществъ въ почвахъ въ болѣе общей формѣ разсматриваются въ книгѣ *П. Костычева* „Почвы черноземной области Россіи. Часть I „Образованіе чернозема“ 1886 г. См. также *П. Слезкинъ*. Этюды о гумусѣ. Киевъ. 1900 г. *П. Коссовичъ* и *И. Третьяковъ*. Къ вопр. о вліяніи углекислаго кальция на быстроту разложения орг. веществъ (Журн. Опытн. Агрономіи 1902 г.). *С. Кравковъ*. Изслѣдованія въ области изученія роли мертваго покрова въ почвообразованіи. (СПБ. 1911 г.) *А. Трусовъ*. Гумификація соединений, входящихъ въ составъ растительныхъ организмовъ. (Матер. по изученію русскихъ почвъ. 1914 г. (Вып. 24, стр. 17—51)

### IV. „Черное вещество“ или „matière noire“ Грандо.

Подъ чернымъ веществомъ почвы, какъ было указано, понимаютъ ту часть перегнойныхъ веществъ почвы, которая переходитъ изъ почвы въ аммиачную вытяжку послѣ обработки почвы слабой соляной кислотой; аммиачная вытяжка освобождается отъ взмученныхъ веществъ, выпаривается и остатокъ просушивается.

Интересъ къ изученію „matière noire“ былъ созданъ предположеніемъ Л. Грандо<sup>1)</sup>, что эта часть перегноя играетъ особую роль въ обезпеченіи растений элементами золы. Затѣмъ нѣкоторые полагаютъ, что анализъ перегнойныхъ веществъ въ почвѣ долженъ сводиться къ опредѣленію въ ней „matière noire“, которая является уже вполне продуктомъ почвенныхъ процессовъ; черное вещество въ среднемъ составляетъ около половины отъ общаго количества перегнойныхъ веществъ въ почвѣ<sup>2)</sup>.

Въ виду вышеуказаннаго интереса при изученіи черного вещества почвы особое вниманіе было обращено на содержаніе въ немъ зольныхъ элементовъ. Однако, недостаточно надежная во многихъ случаяхъ очистка аммиачной вытяжки отъ взмученныхъ въ ней частицъ требуетъ весьма осторожнаго отношенія къ результатамъ работъ; не говоря о томъ, что эта вытяжка не можетъ быть вообще очищена отъ тѣхъ веществъ, которыя аммиакъ растворяетъ изъ почвы; если этотъ растворитель послѣ обработки почвы слабой соляной кислотой и не долженъ, повидимому, извлекать изъ нея въ замѣтныхъ количествахъ основанія, то этого же нельзя сказать относительно кремневой кислоты.

Насколько отъ способа очистки аммиачной вытяжки зависитъ количество зольныхъ веществъ, видно, напр., изъ того, что это вещество, полученное Грандо изъ чернозема Подольской губерніи, по опредѣленію этого изслѣдователя содержало: 39,86% и 51,40% золы, а по болѣе позднему опредѣленію Г. Нефедова<sup>3)</sup>, примененію фильтрованію чрезъ пористый фильтръ, черное вещество изъ того же чернозема—только 5,82% и 7,32%.

Содержаніе зольныхъ веществъ въ matière noire, по даннымъ П. Слезкина<sup>4)</sup>, сильно колеблется не только для почвъ различнаго происхожденія, но для почвенныхъ образцовъ, взятыхъ съ одинаковой глубины и даже изъ сосѣднихъ мѣстъ одной

1) Л. Грандо. Новая минерало-гумусовая теорія питанія растений. С.-Х. и Лѣс. 1872 г., ноябрь и декабрь, 1873 г., январь. Оригин. Journ. d'agric. pratique.  
2) E. Hilgard. So's, p. 132. Аммиачная вытяжка выпаривается, высушивается и изъ нея вычитается зола; аммиакъ не вычитается; для опредѣленія азота въ matière noire вытяжка дѣлается 6% натровою щелочью. (Wollny Forsch. 1894 s. 479).

3) Тр. Вольн. Экон. Общ. 1894 г., II, стр. 43.

4) Этюды о гумусѣ. Стр. 26—29; въ большинствѣ случаевъ вытяжка была про-  
фильтрована чрезъ пористый фильтръ.

и той же почвы; обычно оно приближается къ 10—12%, но въ отдѣльныхъ случаяхъ достигаетъ почти 25%; также весьма измѣчивъ, по анализамъ этого автора, и составъ золы черного вещества изъ сосѣднихъ почвенныхъ образцовъ.

Оставъ золы черного вещества далеко нельзя еще считать выясненнымъ. Чтобы дать хотя бы общее представленіе о характерныхъ его чертахъ, мы, въ ниже слѣд. таблицѣ, приведемъ для одной глинистой почвы (близъ Стокгольма) данныя анализа Эггертца<sup>1)</sup>: 1) крѣпкой соляно-кислой вытяжки послѣ прокаливанія почвы; 2) слабой холодной соляно-кислой вытяжки для непрокаленной почвы и 3) аммиачной вытяжки послѣ обработки почвы слабой соляной кислотой:

	Вещества, извл. крѣп. HCl изъ прокал. почвы.	Вещества, извл. слаб. HCl	Аммиачная вытяжка.
	%	%	%
Органич. вѣщ. (безъ) . . . . .	7,481 <sup>2)</sup>	слѣды	3,005
Азотъ . . . . .	0,259 <sup>2)</sup>	0,030	0,187
Кремнеземъ . . . . .	0,122	0,042	0,242
Фосфорная кислота . . . . .	0,273	0,046	0,236
Сѣрная кислота . . . . .	слѣды	слѣды	0,076
Магnezія . . . . .	1,044	0,008	слѣды
Известь . . . . .	0,997	0,285	0,004
Натръ . . . . .	0,317	слѣды	0,003
Кали . . . . .	0,784	0,024	0,007

Итакъ изъ зольныхъ элементовъ въ аммиачной вытяжкѣ преобладаютъ кремній, фосфоръ и сѣра; щелочные же и щелочноземельные металлы почти отсутствуютъ; къ сожалѣнію въ приведенномъ анализѣ отсутствуютъ данныя для полутороокисей, содержаніе которыхъ въ черномъ веществѣ обычно значительно, что видно изъ данныхъ того же автора для элементарнаго состава черного вещества:

Элементарный составъ „matière noire“ по Эггертцу.

Получено изъ	C.	H.	O.	N.	Si.	S.	P.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO.	CaO.	Na <sub>2</sub> O.	K <sub>2</sub> O.
1) Глинистой почвы . . . . .	40,9	5,30	35,4	4,76	6,18	0,78	2,63	3,82	сл.	0,09	0,08	0,18
2) Песчано-перегнойной почвы. . . . .	50,9	4,33	25,1	3,84	7,59	2,09	2,41	1,98	0,10	0,59	0,33	0,76
3) Болотной почвы . . . . .	38,8	5,04	38,0	4,87	4,58	0,75	3,74	3,90	сл.	0,16	0,06	0,11
4) Навознаго перегноя . . . . .	41,9	5,42	37,0	5,47	7,90	0,89	0,60	0,38	сл.	0,16	сл.	0,32
5) Навознаго перегноя . . . . .	46,8	6,63	28,9	5,96	9,36	0,87	0,48	0,40	сл.	0,11	сл.	0,42

1) С.-Х. и Лѣс. 1889 г. CLXII, 200.

2) Опредѣлено въ особыхъ навѣскахъ до прокаливанія.

Осаждая для двух черноземов гуминовую кислоту соляной кислотой из раствора аммиачной вытяжки, Г. Нефедов<sup>1)</sup> нашел содержание золы в гуминовой кислоте (1,5% и 5,6%) ниже, чем в общей массе *matière noire* (5,82% и 6,47%)<sup>2)</sup>.

Особенного внимания заслуживает процентное содержание азота в *matière noire*; в этом направлении для почв Св. Соед. Штатов обширные исследования были произведены проф. Гильгардом.

Содержание азота в этом веществе весьма различно и находится в тесной связи с условиями, в которых оно образовалось. По Гильгарду почвы влажных штатов содержат в среднем 4,58% *matière noire* с 4,23% азота, почвы сухих штатов, но из пониженных мест с подпочвенным увлажнением, — 1,06% *matière noire* с 8,38% азота, и наконец, почвы сухих штатов — 0,91% черного вещества с 15,23% азота; таким образом, если почвы сухих областей и бедны перегноем, то последнее исключительно богато азотом, содержание которого даже выше (максимум достигало 19,5%), чем в белковых веществах (около 15%); поэтому общее содержание азота в этих почвах далеко не так низко, как можно было бы заключить по содержанию в них перегноя; к тому же высокое процентное содержание азота в органическом веществе должно находиться в связи с большою легкостью перехода этого элемента в минеральную форму доступную для растений.

## V. Темная перегнойноподобная вещества искусственного получения.

Углеводы будучи обработаны при нагревании разведенными минеральными кислотами превращаются в вещества бурого и черного цвета. Впервые они были ближе изучены Буллеем и Малагути<sup>1)</sup>, которые получили их из тростникового сахара действием на него серной кислоты как при доступе кислорода воздуха, так и при его отсутствии; как побочный продукт они наблюдали образование муравьиной кислоты. Получающееся в осадке темное вещество после промывки водою при действии на него щелочей распадается на две части: одну, переходящую в раствор и другую, остающуюся в осадке. Из темного раствора при нейтрализации и его подкислении выпадает коричневый хлопьевидный осадок, который после промывания его слегка растворяется в воде и имеет слабо-кислую реакцию.

Эту часть продукта Малагути называл ульминовой кислотой, часть, нерастворившаяся в щелочах, — ульмином<sup>2)</sup>. Согласно наблюдению этого исследователя ульминовая кислота при продолжительном кипячении с водою переходит в ульмин.

Темные искусственные продукты, получающиеся при действии кислот на углеводы наиболее подробно были изучены Мульдером; полученные им в этом направлении результаты в значительной степени неопределенны; надо полагать, что и здесь, как при перегнойных веществах почвы, мы имеем дело не с определенными соединениями, а со смесью веществ, может быть, только сравнительно более близких по своей химической природе; это указание необходимо иметь в виду для правильного понимания как результатов работ Мульдера, так и других исследований с этими веществами. Мульдер обратил внимание на то, что при воздействии минеральных кислот на сахар, крахмал, клетчатку, гуминообразные вещества сначала в осадке получаются продукты коричневого цвета и только при более продолжительном воздействии — черного цвета (18%); те и другие при обработке их щелочами разделяются на две части. Вещества коричневого цвета Мульдер называл ульминовыми веществами, причем часть, нерастворяющаяся в щелочах, ульмином, а часть, дающую со щелочами растворимое соединение, ульминовой кислотой; черные вещества названы им гуминовыми веществами, а их составные части соответственно —

<sup>1)</sup> Тр. Вольн. Экон. Общ. 1894 г. II, 45.

<sup>2)</sup> О составе золы из *matière noire* см. еще анализы: А. Родзянко (Журн. Рус. Хим. Общ. 1890 г. и VIII съездъ естествоиспытат. и врачей. Отд. III, 140). М. Berthelot (Chimie vég. et agr. 1899. IV, 115) и F. H. Snyder (Bullet. 53, Univ. of Minnesota).

<sup>1)</sup> Handwörterbuch. d. Ch. 1848, III, 918.

<sup>2)</sup> Название заимствовано от выделяющегося из коры вяза (*Ulmus*) и бу-  
рющего на воздухе слизистого вещества, которое называли ульмином.

гуминомъ и гуминовой кислотой. Элементарный составъ какъ коричневыхъ, такъ и черныхъ веществъ, Мульдеръ, принимаетъ одинаковымъ; ульминовыя же отъ гуминовыхъ онъ различаетъ по содержанию въ нихъ водорода; въ гуминовыхъ веществахъ на основаніи ряда анализовъ имъ принимается отношеніе водорода къ кислороду такое же, какъ въ водѣ и углеводахъ; ульминовыя же вещества по Мульдеру содержатъ избыточный водородъ; какъ это видно изъ химическихъ формулъ, которыя онъ принимаетъ для тѣхъ и другихъ веществъ:

Ульминовыя вещества (ульминъ и ульминовая кислота) —  $C_{40}H_{28}O_{12} + aq.$

Гуминовыя вещества (гуминъ и гуминовая кислота) —  $C_{40}H_{24}O_{12} + aq.$

Въ зависимости отъ условій полученія и просушиванія отношеніе углерода къ водѣ въ ульминовыхъ и гуминовыхъ веществахъ нѣсколько колебалось; это колебаніе Мульдеръ объяснялъ себѣ содержаніемъ въ этихъ соединеніяхъ воды въ различной связи и выражалъ вышеприведенными формулами.

Мульдеръ (стр. 335) указываетъ, что также и бѣлковыя тѣла подъ влияніемъ продолжительнаго дѣйствія соляной кислоты превращаются въ вещества, подобныя ульминовымъ и гуминовымъ; содержащіяся въ нихъ азотъ онъ рассматриваетъ, какъ азотъ аммонія, играющаго роль основанія въ обрисуемой кислотой соли.

По показанію Малагути <sup>1)</sup> различные углеводы при кипяченіи ихъ со щелочами превращаются въ тѣла, сходныя съ гуминовой кислотой. Искусственно полученныя ульминовыя и гуминовыя вещества при кипяченіи ихъ съ азотною кислотою даютъ апокре-новокислый аммоній (Мульдеръ, стр. 347).

Весьма интересныя изслѣдованія, устанавливающія новую точку зрѣнія на природу гуминовыхъ веществъ, были произведены Берто и Андрэ <sup>2)</sup> надъ темными продуктами, получающимися при дѣйствіи на тростниковый сахаръ соляной кислоты. Эти продукты, промытые и тщательно просушенные при 110—120°, имѣли составъ, приближающійся къ формулѣ  $C_{18}H_{14}O_6$ ; то же вещество, только просушенное при 100°, приближалось по составу къ формулѣ  $C_{18}H_{16}O_7$ ; вещество первой формулы авторы рассматриваютъ какъ ангидритъ, а вещество второй формулы какъ его кислоту (гуминовую); получающійся при тѣхъ или иныхъ условіяхъ продуктъ представляетъ смѣсь этихъ двухъ веществъ; причемъ колориметрическія изслѣдованія надъ образованіемъ солей изъ этихъ продуктовъ показали, что часть вещества даже въ присутствіи воды находится въ формѣ ангидрида.

„Темныя вещества“ при дѣйствіи на нихъ растворомъ ѣдкаго кали набухаютъ и принимаютъ студенистое состояніе; причемъ большая часть вещества остается въ твердомъ состояніи, часть же переходитъ въ растворъ; первая часть представляетъ трехосновную калиевую соль гуминовой кислоты, которая при промываніи большимъ количествомъ воды разлагается и постепенно переходитъ въ весьма трудно-растворимую монокалиевую соль, весьма стойкую ( $C_{18}H_{15}KO_7 + HO_2$ ); изъ нея калий можетъ быть извлеченъ только дѣйствіемъ кислотъ (соляной); угольная кислота дѣйствуетъ слабо; свободная гуминовая кислота почти не растворима въ водѣ. Вторую часть гуминовой кислоты, растворяющуюся въ ѣдкомъ кали, Берто рассматриваетъ какъ растворимую еще болѣе основную, чѣмъ трехкалиевая, соль гуминовой кислоты. Такимъ обра-

<sup>1)</sup> Handwörterbuch d. Chemie, III, 1848, s. 922.

<sup>2)</sup> Изслѣдованія эти опубликованныя въ Comptes Rendus, собраны полностью у Берто въ трудѣ: Chimie Végétale et agricole, T. IV, 1889 г., стр. 120—178.

зомъ, мы видимъ, что изслѣдованіями Берто и Андрэ выдѣленіе особой группы индифферентныхъ веществъ не оправдывается, и отношеніе къ щелочамъ гуминовыхъ веществъ получаетъ новое освѣщеніе; замѣтимъ, что и предшествовавшія работы не устанавливали разницы по составу между индифферентными веществами и гуминовыми кислотами, а напротивъ указывали на тождественность ихъ состава.

Дѣйствія ѣдкаго натра, барита, ѣдкой извести и амміака на „темное вещество“ оказалось аналогичнымъ съ дѣйствіемъ ѣдкаго кали; при чемъ при обработкѣ амміакомъ часть азота была найдена затѣмъ въ амидной формѣ. На основаніи изученія свойствъ гуминовой кислоты Берто и Андрэ рассматриваютъ ее какъ многоосновную кислоту (со спиртовыми и кислотными водными остатками), которая при высушиваніи и даже въ присутствіи воды при низкой температурѣ дегитротизируется; поэтому ангидридъ ея они относятъ къ группѣ лактоновъ (см. Меншуткинъ, Орг. хим., стр. 570). Ихъ калориметрическія изслѣдованія надъ гуминовой кислотой показали, что образованіе этой кислоты изъ сахара, выражаясь въ отнятіи части воды, происходитъ съ выдѣленіемъ тепла; Берто особенно подчеркиваетъ, что дегидратация гуминовой кислоты съ образованіемъ ангидрида, происходящая даже въ присутствіи воды и при низкой температурѣ, происходитъ съ поглощеніемъ извнѣ тепла, т. е. она аналогична реакціямъ, характернымъ для живой растительной кѣтки, накапливающей химическую энергію.

Содержание в почвах азота в различных формах (по данным С. Хоз. Хим. Лабор.).

	Азота			Азота на десят. в пуд. в слое 4 верш.		
	органического %	аммиака %	азотно-кислого %	органич. пуд.	аммиачн. пуд.	азотно-кислого пуд.
1. Черноземъ Ворон. г. . . .	0,50	0,0020	0,0030	700	2,8	4,2
2. Сѣрая лѣсн. почв Орл. г.	0,25	0,0010	0,0008	350	1,4	1,1
3. Подз. почва Смол. г. . . .	0,20	0,0070	0,0010	280	9,8	1,4
4. Подз. песч. поч. Лѣс. Инст.	0,09	0,0020	0,0009	126	2,8	1,2
5. Почв. Винк. оп. пол. С.А. Шт.	0,28	0,0027	0,0011	392	3,8	1,5

## Азотъ почвы.

### I. Формы соединеній азота въ почвахъ.

Первоначальнымъ источникомъ всего почвеннаго азота является азотъ атмосферы, такъ какъ первобытныя горныя породы, изъ которыхъ образовалась минеральная часть почвы, не содержатъ въ своемъ составѣ этого элемента. Въ атмосферѣ азотъ находится въ большихъ количествахъ въ видѣ свободнаго (77 вѣсовыхъ частей), въ весьма малыхъ количествахъ—въ формѣ амміака (1—5 мгр. въ 100 куб. метрахъ) и еще меньше его содержаніе въ видѣ азотной и азотистой кислотъ.

Различными путями, на которыхъ мы пока не будемъ останавливаться, азотъ атмосферы поступаетъ въ почву; въ послѣдней воспринимается растеніями, переходя въ нихъ въ сложныя органическія соединенія (бѣлки) и въ видѣ остатковъ растеній накапливается въ почвахъ, претерпѣвая различныя превращенія и переходя постепенно въ минеральную форму. Какъ извѣстно, органическій азотъ не можетъ непосредственно служить для питанія растеній, исключая болѣе простыхъ формъ, какъ амиде соединеній, напр., аспарагина. Главнымъ же источникомъ азота высшихъ растеній является минеральный азотъ. Поэтому, чтобы азотъ органическихъ веществъ почвы могъ пойти въ широкихъ размѣрахъ на ихъ питаніе, необходимъ переходъ его въ болѣе простыя соединенія и въ минеральную форму.

Азотъ находится въ почвахъ въ весьма разнообразныхъ формахъ соединеній; причемъ, главнымъ образомъ (почти нацѣло),—въ видѣ азота органическихъ веществъ, и лишь въ незначительныхъ количествахъ въ минеральной формѣ, какъ это видно изъ нижеслѣдующихъ данныхъ (стр. 131).

Такимъ образомъ, органическій азотъ содержится въ почвахъ обычно въ десятыхъ процента; минеральный же—въ формѣ амміака и азотной кислоты—лишь въ тысячныхъ процента (въ 100 разъ менѣе).

Соединенія, въ которыхъ заключенъ почвенный органическій азотъ, очевидно, весьма разнообразны, но ближе намъ не извѣстны; тако-

выми могутъ быть бѣлки, сложные продукты ихъ распада: амины, амидокислоты, амиды кислотъ, „гуминовыя кислоты“ и т. д.

Въ настоящее время имѣются попытки изъ общаго органическаго азота почвы выдѣлять азотъ амидо-кислотъ и амидовъ, который, какъ показываютъ данные ниже слѣдующей таблицы, составляютъ существенную часть общаго органическаго азота ( $\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{10}$ ).

Формы азота въ почвахъ въ %<sup>1)</sup>.

	Всего азота.	амиднаго	амидо-кислот.	аммиачнаго
Симбирск. черноземъ . .	0,4570	0,0218	0,0181	0,0079
Самарск. " . .	0,4430	0,0135	0,0194	0,0031
Латеритная почва . . .	0,1710	0,0142	0,0061	0,0031
Подз. сугл. п. Моск. г. . .	0,1630	0,0104	0,0101	0,0039
Лессовая почва . . . . .	0,0759	0,0035	0,0030	0,0043

Содержаніе органическаго азота въ почвахъ весьма различно и находится въ тѣсной связи съ количествомъ въ нихъ перегнойныхъ веществъ, отъ которыхъ, какъ было указано (стр. 76), азотъ составляетъ около 5%; обычно содержаніе азота въ почвахъ выражается десятими процента; въ торфяныхъ—можетъ доходить до 3%.

Количество органическаго азота съ глубиною замѣтно падаетъ, какъ это видно, напр., изъ нижеслѣдующихъ данныхъ для чернозема и подзола (тб. на стр. 132 и 133).

<sup>1)</sup> Фидлеръ и Якушкинъ. Изв. Моск. С-Х. Инст. 1912, № 2, стр. 257. Ж. Оп. Агр. 1913, стр. 240.

Запасы общего азота в чернозем<sup>1)</sup> на 1 гектар и 1 десятину до глубины 1 метра (при объемном весе почвы 1,2).

Глубина залегания слоя.	Черноземъ Тульской г. Новосильц. у.			
	Переговой.	Азотъ.	азотъ на 1 гектаръ.	Азотъ на 1 десятину въ слое 10 сант.
Сант.	%	%	Кгрм.	Пуды
0—10 . . . . .	10,05	0,50	6000	396
10—20 . . . . .	9,37	0,42	5040	332
20—30 . . . . .	6,75	0,33	3960	261
30—40 . . . . .	5,97	0,26	3120	206
40—50 . . . . .	4,54	0,21	2520	166
50—60 . . . . .	—	0,16	1920	127
60—70 . . . . .	—	0,14	1680	111
70—80 . . . . .	—	0,12	1320	87
80—90 . . . . .	—	0,08	960	63
90—100 . . . . .	—	0,08	960	63
Всего азота до глуб. 1 метра въ круглых цифрахъ . . . . .	—	—	27,000 кгрм.	1800 п.

Запасы органического азота в почвах, как показывают цифры таблиц на стр. 131 сильно колеблются, но для большинства почв они сравнительно значительны.

Обычно в кислых почвах азот аммиака преобладает над азотом азотной кислоты; в почвах же с реакцией, приближающейся к нейтральной, содержание того и другого азота, по имевшимся данным, приблизительно одинаково, или же преобладает азот азотной кислоты. Вообще же содержание аммиака и азотной кислоты в почвах, как видно, напр., из нижеприведенных данных, полученных Сазановым, сильно колеблется в зависимости от различных условий (см. таб. на стр. 134).

Понятие о распределении различных форм азотистых соединений по слоям почвы дает следующая таблица, составленная Фодором. В ней приведены средние данные содержания азота в 1 кг.

<sup>1)</sup> См. В. Винеръ. Отчетъ Шатиловской С.-Хоз. Стан.; выш. 4-й, ч. 2-ая 1902—1905 г. стр. 8.

Запас азота в подзолистой лесной почве Вологодской г. и у. <sup>1)</sup> на 1 гектар и 1 десятину до глубины 1 метра (при объемном весе почвы 1,2).

Глубина залегания слоя.	Почва Вологодской губ. и уезда.			
	Переговой.	Азотъ.	азотъ на 1 гектаръ.	Азотъ на 1 десятину въ слое 10 сант.
Сант.	%	%	Кгрм.	пуды.
0—10 . . . . .	7,92	0,324	3888	257
10—20 . . . . .	—	0,177	2124	140
20—30 . . . . .	0,61	0,031	372	25
30—40 . . . . .	—	0,033	396	26
40—50 . . . . .	0,42	0,035	420	28
50—60 . . . . .	—	0,041	492	33
60—70 . . . . .	0,43	0,048	576	38
70—80 . . . . .	—	0,032	384	25
80—90 . . . . .	—	0,027	324	21
90—100 . . . . .	0,25	0,017	204	14
Всего азота до глуб. 1 метра въ круг- лых цифрахъ . . . . .	—	—	9200 кгр.	600 пуд.

различных почв г. Буда-Пешта, полученные из анализа многих образцов, как с малым (а), так и большим (б) содержанием органического вещества (см. 2-ую таб. на стр. 134).

Из этой таблицы видно, что чем глубже, тем меньше находится в почве азота органических веществ и аммиака, тогда как азотная и азотистая кислоты распределяются более равномерно. Это объясняется тем, что азотная и азотистая кислоты не поглощаются почвой, а потому они легко проникают вглубь, аммиак же поглощается почвой и поэтому задерживается в тех слоях, в которых он образуется. Образование же аммиака, а также азотной кислоты происходит, главным образом, в верхнем слое, наиболее богатом органическими веществами. Малая подвижность аммиака к почве и, наоборот, подвижность солей азотной кислоты хорошо по-

<sup>1)</sup> См. П. Коссовичъ и А. Красюкъ. Изслѣд. почвъ зем. уч. Вологод. Молочн. Инст. Изв. Б. по З. и Поч. Уч. Ком. Гл. Упр. З. и З. Собщ. XIV, 1914 г., стр. 64—68.

Содержаніе нитратнаго азота въ суллинистомъ глиноземъ Харьков. г. Сумскаго у. на паровомъ полѣ (по В. Сазанову).

Время взятія образца.	Миллиграммы на 1 клгр. сухой почвы.			Запасъ нитрат. азот. на десят. въ пудахъ.			
	Глубина слоя въ вершкахъ:						
	0—8	8—16	16—22½	0   8	8—16	сумма.	
5 апрѣля . . . . .	9,9	15,0	—	2,8	4,2	7	
2 мая . . . . .	8,2	7,0	—	2,3	2,0	4,3	
15 іюня . . . . .	16,9	5,8	—	4,7	1,6	6,3	
7 іюля . . . . .	19,9	6,4	—	5,6	1,8	7,4	
12 августа . . . . .	40,6	13,9	9,7	11,4	3,9	15,3	
6 сентября . . . . .	29,3	7,7	—	8,2	2,1	10,3	
16 октября . . . . .	28,6	10,2	8,7	8,0	2,9	10,9	
3 ноября . . . . .	21,8	18,7	9,6	6,1	5,2	11,3	
1907 г.	17 апрѣля . . . . .	7,5	31,6	12,7	2,1	8,8	10,9
	25 мая . . . . .	17,7	23,8	17,5	5,0	6,7	11,7
	4 іюля . . . . .	13,7	13,6	12,8	3,8	3,8	7,6

НА ГЛУБИНѢ.	Содержаніе углерода.		Азотъ органическій.		Амміакъ NH <sub>3</sub>		Азотная кислота HNO <sub>3</sub>		Азотистая кислота HNO <sub>2</sub>	
	а	b	а	b	а	b	а	b	а	b
1 метра . . . . .	4670	11340	446	1178,0	16,3	39,3	188,0	262,0	0,86	0,34
2 " . . . . .	4810	8240	323	534,9	12,3	25,1	223,0	246,0	0,85	0,64
3 " . . . . .	2900	3670	141	262,0	7,7	14,8	219,0	172,0	0,68	0,80

ясняется слѣдующимъ наблюденіемъ, сдѣланнымъ на опытной станціи въ Ротгамштетѣ (близъ Лондона): на лугу, удобряемомъ сѣрно-кислымъ амміакомъ, корневая система была преимущественно развита въ верхнемъ слое почвѣ, при удобреніи же азотно-кислымъ натромъ она развилась сравнительно равномерно на значительную глубину.

## II. Поступленіе азота въ почву.

### Поступленіе азота въ почву изъ атмосферы.

Какъ мы видѣли, что почвы содержатъ въ значительныхъ количествахъ азотъ (напр., въ черноземѣ общее содержаніе азота можетъ достигать почти 1%), между тѣмъ этотъ элементъ не входитъ въ горныя породы, служащія матеріаломъ для образованія почвѣ. Слѣдовательно, азотъ почвы при ея образованіи могъ поступить въ нее только изъ атмосферы, гдѣ онъ въ свободномъ состояніи (N<sub>2</sub>), какъ извѣстно, находится въ громадныхъ количествахъ и сравнительно въ незначительныхъ—въ формѣ амміака и азотной кислоты. Въ дальнѣйшемъ изложеніи мы и рассмотримъ тѣ пути, по которымъ азотъ атмосферы поступаетъ въ почву.

Разсмотрѣніе вопроса объ источникахъ почвеннаго азота представить для насъ большой интересъ еще и потому, что, какъ мы увидимъ, почвы постоянно теряютъ часть своего азота (черезъ вымываніе селитры или выдѣленіе свободного азота), а между тѣмъ часто, несмотря на это, почвы обогащаются азотомъ; слѣдовательно, съ другой стороны, долженъ существовать переходъ азота изъ атмосферы въ почву. Для поясненія сказаннаго мы можемъ воспользоваться наблюденіями, произведенными въ Гриньонѣ. Здѣсь за 2-хъ участкахъ азотъ опредѣлялся съ 1875 г. по 1888 г., причемъ въ 1875 г., 76 и 77 гг. на нихъ была воздѣлываема свекловица, въ 1878 г.—кукуруза, съ 1879—1883 г.—эспарцетъ, а съ 1883 по 1888 г. участки оставались подъ лугомъ изъ злаковыхъ травъ; результаты опредѣленія азота были слѣдующіе (см. тб. на стр. 136).

Итакъ, мы видимъ, что съ 75 г. по 79 г. содержаніе азота въ почвахъ уменьшилось, съ 79 г., наоборотъ, мы наблюдаемъ накопленіе этого элемента. Уменьшеніе азота въ почвѣ съ 1875 года по 1879, когда воздѣлывались свекла и кукуруза, произошло, по всей вѣроятности, вслѣдствіе того, что при культурѣ этихъ растений, благодаря постоянной обработкѣ почвы, въ послѣдней энергично шло образованіе селитры, которая отчасти уносилась съ урожаемъ, отчасти вымывалась съ дренажной водой. Съ 1879 г. по 1895 г. содержаніе азота, какъ мы видимъ, начало увеличиваться и, очевидно, потому, что эспар-

Какія растения воздѣлывались.	Годъ взятія пробы.	% содержания азота въ почвахъ.	
		Участки.	
		I. Удобрень навозомъ 1875, 1876 и 1877 гг.	II. Вообще безъ удо- бренія.
Свекла въ 1875—76—1877 г. . . . .	1875	0,204%	0,204%
Кукуруза на кормъ 1878 г. . . . .	1879	0,150%	0,146%
Эспарцетъ 1879—80—1881 г. . . . .	1881	0,165%	0,150%
Эспарцетъ нов. пос. 1882—1883 г. . . . .	1885	0,177%	0,165%
Злаки (посѣвъ) 1884—1885 г. . . . .			
Лугъ (злаковый) 1886—87—88 г. . . . .	1888	0,198%	0,181%

цетъ, какъ мотыльковое растеніе, поглощала азотъ изъ воздуха и, накопляя его въ своихъ корняхъ, обогащала этимъ элементомъ почву. Но, увеличеніе количества азота продолжалось и съ 1885 г. по 1888 г.; въ этомъ случаѣ допустить обогащенія почвы на счетъ свободного азота при участіи высшихъ растений нельзя, такъ какъ злаки, какъ извѣстно, не обладаютъ этою способностью. Слѣдовательно, здѣсь играли роль другіе пути накопленія азота въ почвѣ. Въ дальнѣйшемъ изложеніи мы и рассмотримъ всѣ тѣ пути, по которымъ азотъ атмосферы переходитъ въ почву.

**Поступленіе азота атмосферы въ почву чрезъ растения.**

Какъ извѣстно, высказывались предположенія о способности растений пользоваться въ замѣтныхъ количествахъ азотомъ амміака и азотной кислоты, содержащихся въ атмосферѣ. Но опыты, произведенные въ этомъ направленіи, не подтвердили этого предположенія. Если растения и могутъ черпать азотъ изъ этого источника, то, принимая во вниманіе ничтожное содержаніе этихъ соединений въ атмосферѣ, можно съ положительностью сказать, что лишь въ количествахъ, не имѣющихъ практическаго значенія. Съ другой стороны, работами послѣдняго времени было выяснено, что рядъ растений (мотыльковыя, мимозовыя, черная ольха и лохъ) способны пользоваться свободнымъ азотомъ атмосферы, разъ въ ихъ корняхъ поселяются особые виды бактерий; причеиъ въ этомъ случаѣ усвоеніе свободного азота можетъ происходить въ весьма большихъ размѣрахъ: при недостаткѣ связаннаго азота растеніе этимъ путемъ въ состояніи покрыть всю свою потребность въ этомъ элементѣ. Такимъ образомъ, въ усвое-

ніи нѣкоторыми растеніями свободного азота мы имѣемъ одинъ изъ путей накопленія этого элемента въ почвѣ, несомнѣнно играющей существенную роль въ природѣ. Но какъ мы видѣли изъ наблюденій опытнаго поля въ Гриньонѣ, накопленіе азота въ почвѣ можетъ происходить и безъ мотыльковыхъ. Слѣдовательно, надо искать еще иные пути для объясненія этого явленія.

**Поступленіе амміака и азотной кислоты атмосферы въ почву.**

Какъ показываютъ имѣющіяся данныя, количество амміака и азотной кислоты въ атмосферныхъ осадкахъ сравнительно не велико, а потому и почва можетъ получать этимъ путемъ азотъ лишь въ незначительныхъ количествахъ.

Чтобы дать болѣе конкретное представленіе о содержаніи NH<sub>3</sub> и HNO<sub>3</sub> въ атмосферныхъ осадкахъ, мы приводимъ въ нижеслѣдующей таблицѣ соотвѣтствующія данныя для различныхъ мѣстностей.

	Годы.	Осадки въ мм.	Содержаніе азота на 1 литръ въ mgr.		Количество азота въ клгр. на гект. въ годъ.			% N въ видѣ	
			NH <sub>3</sub>	HNO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	HNO <sub>3</sub>	Всего.	NH <sub>3</sub>	HNO <sub>3</sub>
Плот. оп. ст. Подол. губ. . . . .	1900—5	410	1,034	0,050	4,15	0,20	4,35	95,0	5,0
Ротгамстедъ, Англія . . . . .	{ 1888—9 1900—1	691	0,440	0,183	3,04	1,26	4,30	70,6	29,4
Монсури, Франція	1876—1900								
Рогенвальде, Германія . . . . .	1864—7	377	2,08	0,62	11,97	3,67	15,64	77,0	23,0
Флоренція, Італія.	1869—75	973	1,004	0,57	9,74	3,48	13,20	73,8	26,2
Кавказъ, Сѣв. Ам.	1887—9	747	0,393	0,154	2,93	1,15	4,08	71,8	28,2
Брит. Гвіана . . . . .	1890—1900	2601	0,055	0,078	1,31	2,04	3,35	39,1	60,9

Изъ приводимыхъ въ таблицѣ данныхъ мы видимъ, что атмосферные осадки приносятъ, по преимуществу, азотъ въ видѣ амміачныхъ солей (исключая тропической Гвіаны). Содержаніе азота амміака въ литрѣ атмосферныхъ осадковъ колеблется отъ 0,055 mgr. до 2,13 mgr., азота же азотной кислоты—отъ 0,05 mgr. до 0,66 mgr. Общее количество азота, приносимаго атмосферными осадками на гектаръ, также весьма различно: отъ 3,35 до 15,64 клгр.

Германскія опытныя станціи, на основаніи своихъ наблюденій,

принимаютъ, что почва получаетъ съ атмосферными осадками въ годъ около 15 клгр. азота на гектаръ (0,9 десятины); по наблюдениамъ же въ Ротгамстедтѣ (Англія), приходъ азота этимъ путемъ считаютъ равнымъ лишь около 4 клгр. Трудно сказать, зависитъ ли такая большая разниа отъ неточности способа опредѣленія или отъ неодинаковаго содержанія азотистыхъ соединеній въ атмосферѣ различныхъ странъ.

Амміакъ и азотная кислота, содержащіеся въ атмосферѣ, кромѣ того, что поступаютъ въ почву съ атмосферными осадками, могутъ еще поглощаться этою послѣднею непосредственно; но этотъ источникъ почвеннаго азота долженъ быть еще болѣе незначительнымъ. По наблюдениамъ Шлезинга, въ 100 куб. метрахъ воздуха заключается въ среднемъ амміака: днемъ—0,00109 гр., а ночью—0,003 гр.: количество же азотной кислоты въ атмосферѣ, вслѣдствіе крайнѣ незначительнаго содержанія, даже точно не опредѣлено.

Учетъ количествъ, въ какихъ почва поглощаетъ непосредственно амміакъ и азотную кислоту изъ атмосферы, весьма затруднителенъ; во-первыхъ, потому, что самое поглощеніе происходитъ въ весьма малыхъ количествахъ; во-вторыхъ, вслѣдствіе того, что почва въ то же самое время можетъ терять азотъ въ свободномъ видѣ, и наконецъ, такъ какъ почва вмѣстѣ съ тѣмъ способна обогащаться при участіи микроорганизмовъ, какъ мы это увидимъ ниже, насчетъ свободного азота.

Для приблизительнаго сужденія о количествѣ амміака, поглощаемаго почвой, опредѣляютъ то количество амміака, которое поглощаетъ опредѣленная площадь сѣрной кислоты. Но, надо полагать, что опредѣляемая такимъ способомъ количества какъ бы поглощаемаго почвою амміака выше дѣйствительныхъ. По даннымъ Кельнера, полученнымъ вышеуказаннымъ способомъ, гектаръ можетъ получить амміака чрезъ непосредственное поглощеніе его почвою изъ атмосферы до 13,1 клгр. въ годъ.

Принимая во вниманіе все сказанное, мы видимъ, что всѣми разсмотрѣнными путями въ почву попадаетъ азота все таки очень мало. Такъ, напр., Ротгамстедская опытная станція (Англія) принимаетъ, что количество азота, получаемаго почвой въ связанномъ видѣ съ атмосферными осадками и непосредственнымъ поглощеніемъ, не должно быть болѣе 16 клгр. на гектаръ въ годъ.

Чтобы конкретнѣе представлять себѣ величину прихода азота въ почву на счетъ связаннаго азота атмосферы, укажемъ, что средній урожай сѣна въ 100 п. на десятину уносить съ собою отъ 1,2 до 1,5 пуда азота (20—25 клгр. N), урожай ржи въ 50 пуд. зерна и 13 п. соломы—1,1 пуда азота, а ежегодный приростъ буковаго лѣса, по Аври, требуетъ:

На созданіе 3000 клгр. древесины . . . . . 15—20 клгр. N

„ 3000 клгр. листья . . . . . 30 клгр. N

При этомъ необходимо имѣть еще въ виду вымываніе азота

изъ почвы въ видѣ селитры, которое можетъ быть весьма существеннымъ.

Между тѣмъ, съ другой стороны, на той же станціи былъ наблюдаемъ слѣдующій ходъ накопленія азота на одномъ участкѣ луга:

Г О Д Ы.	%-ное содержаніе въ почвѣ азота.	Количество азота въ верхнемъ слое, вычисленное на гектаръ въ кгм.	Прибыль азота за годъ въ кгм.
1856 . . . . .	0,1520	3344	—
1866 . . . . .	0,1749	3846	50,2
1879 . . . . .	0,2046	4500	50,2
1888 . . . . .	0,2345	5156	65,8

Итакъ, мы видимъ быстрое обогащеніе почвы азотомъ, при чемъ такое накопленіе азота въ почвѣ имѣло мѣсто несмотря на то, что съ луга ежегодно снимался урожай травы, въ которомъ количество азота превосходило на 8,7—22 клгр. содержаніе его во вносимомъ удобреніи. Изъ 4-ой графы таблицы видно, что количество азота увеличилось на гектаръ за годъ отъ 50,2—65,8 клгр. Слѣдовательно, прибыль значительно превосходила тѣ 16 клгр. азота, которые почва могла получить изъ атмосферы въ связанномъ видѣ. Все это заставляло искать еще иные источники, кромѣ связаннаго азота атмосферы, для объясненія накопленія азота въ почвѣ.

#### Усвоеніе свободного азота микроорганизмами почвы.

Бертло первый въ 1885 году попытался доказать непосредственными опытами способность почвы поглощать свободный азотъ атмосферы и такимъ путемъ обогащаться этимъ элементомъ. Съ этою цѣлью Бертло помѣщалъ въ склянки, емкостью въ 4 литра, по килограмму глинистаго песку или глины съ опредѣленнымъ заранѣе содержаніемъ азота и вновь опредѣлялъ азотъ чрезъ нѣкоторые промежутки времени. Имъ получены слѣд. данныя:

	Найдено азота 1 въ клгр.		
	Въ началѣ опыта 30 апр.	6 іюля.	10 окт.
глинистаго песку . . . . .	0,091 гр.	0,0979 гр.	0,1299 гр.
глины . . . . .	0,021 „	0,0394 „	0,0494 „
глинистаго песку . . . . .	0,1119 „	0,1188 „	0,1503 „

Такимъ образомъ было обнаружено накопленіе азота въ почвахъ.

Когда же для опыта была взята стерилизованная почва, то увеличения азота в ней не оказалось. Отсюда Берто сдѣлалъ выводъ, что въ этомъ процессѣ участвуютъ микроорганизмы. На основаніи этихъ опытовъ Берто принимаетъ, что гектаръ поля можетъ получать черезъ фиксацію свободного азота отъ 20 до 30 клгр. азота въ полгода.

Въ 1887 году Берто повторилъ свои опыты и вмѣсто глинистаго песка и глины взялъ культурныя почвы; на этотъ разъ онъ оставлялъ ихъ въ большихъ сосудахъ на открытомъ воздухѣ (на особой банѣ) и опять могъ констатировать увеличеніе азота въ почвахъ сверхъ того азота, который попадалъ въ нихъ съ атмосферными осадками.

На основаніи своихъ опытовъ Берто считалъ вполне доказанной способность почвы поглощать свободный азотъ. Но большинство ученыхъ, обративъ вниманіе на то, что въ опытахъ Берто количество азота, связываемое почвой, было незначительно и едва превосходило возможную ошибку при анализѣ, отнеслось съ сомнѣніемъ къ результатамъ этихъ работъ. Кромѣ того опыты, произведенные въ скоромъ времени въ томъ же направленіи другимъ выдающимся изслѣдователемъ Шлезингомъ, дали несогласные результаты. Въ такомъ неопредѣленномъ положеніи вопросъ о возможности поглощенія почвою свободного азота оставался въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ, и только послѣ новыхъ опытовъ, которые были выполнены Шлезингомъ (сыномъ) и Лораномъ, способность почвы связывать свободный азотъ была надежно доказана и признана всѣми. Прежде, чѣмъ говорить объ этихъ опытахъ нужно замѣтить, что, когда мы говоримъ о связываніи почвой свободного азота, то имѣемъ въ виду не только минеральныя и органическія составныя части почвы, но и вообще все населяющее ее микроскопическое населеніе, какъ-то: бактеріи, гифовые грибы и водоросли.

Шлезингъ (сынъ) и Лоранъ, производя опыты надъ усвоеніемъ свободного азота мотыльковыми и злаками, констатировали фиксацію свободного азота (т. е. количество азота въ почвѣ и растеніяхъ послѣ опыта было больше, чѣмъ въ почвѣ и въ сѣменахъ до опыта) какъ при культурѣ мотыльковыхъ, такъ и злаковъ, но при злакахъ только въ тѣхъ случаяхъ, когда на поверхности почвы появлялись въ изобиліи водоросли. Напротивъ, когда поверхность почвы покрывалась гравіемъ, и водоросли на ней не развивались вслѣдствіе недостатка свѣта, фиксація азота не происходила. Тотъ же результатъ былъ полученъ и при опытѣ съ почвой безъ растеній: въ почвѣ, покрытой гравіемъ, водоросли не развивались, и фиксація свободного азота не было, въ почвѣ же, оставленной на свѣту, водоросли развивались, и фиксація азота происходила въ значительномъ количествѣ. Такъ, напримѣръ, прибыль азота на 600 гр. почвы была слѣдующая:

	Количество N въ началѣ опыта.	Въ концѣ опыта.	Увеличеніе.
Опытъ I-ый . . .	73,5 млгр.	136,1 млгр.	62,6 млгр.
„ II-ой . . .	73,5 „	114,8 „	41,3 „

Этими опытами Шлезинга и Лорана была окончательно доказана способность почвы обогащаться азотомъ насчетъ свободного азота атмосферы. Но заключеніе этихъ изслѣдователей на основаніи ихъ опытовъ, что таковая способность почвы обуславливается дѣятельностью *водорослей*, оказалось впоследствии ошибочнымъ.

Опыты П. Коссовича съ чистою культурой одного вида водоросли показали, что культивируемый имъ видъ водоросли не усваивалъ азота; въ тоже время, смѣсь изъ различныхъ водорослей и бактерій усваивала азотъ въ большихъ количествахъ. Такимъ образомъ, эти опыты подтверждали выводъ Шлезинга и Лорана, что почва, населенная микроорганизмами (водорослями и бактеріями), способна усваивать свободный азотъ, но они дѣлали сомнительнымъ ихъ выводъ, что именно водоросли обладаютъ способностью усвоения свободного азота. Скорѣе можно было думать, что мы имѣемъ здѣсь дѣло съ процессомъ, аналогичнымъ процессу усвоения свободного азота мотыльковыми растеніями, а именно, что въ почвѣ въ присутствіи водорослей увеличивается содержаніе азота не потому, что эти организмы способны усваивать свободный азотъ, а потому, что онѣ, какъ растенія хлорофильныя, вырабатываютъ изъ углекислоты углеводы и, такимъ образомъ, создаютъ тѣ органическія вещества, которыя необходимы для развитія бактерій, способныхъ усваивать свободный азотъ. При такой точкѣ зрѣнія легко объясняются и результаты опытовъ Шлезинга и Лорана. Почва, взятая ими для опытовъ, была бѣдна органическими веществами; а поэтому въ опытахъ, гдѣ не развивались водоросли, бактеріи не усвоили азота, терпя недостатокъ въ органическихъ безазотистыхъ веществахъ, необходимыхъ для ихъ питанія. Между тѣмъ, когда почва оставалась на свѣту и на ней развивались водоросли, которыя создавали необходимыя для бактерій органическія вещества, то результатомъ взаимодействія водорослей и бактерій и являлось усвоеніе свободного азота. Работа Крюгера и Шнейдевинда вполне подтвердила предположеніе о неспособности водорослей усваивать свободный азотъ.

Въ концѣ концовъ вопросъ объ обогащеніи почвы насчетъ свободного азота получилъ вполне опредѣленное освѣщеніе въ работахъ С. Н. Виноградскаго.

Этотъ выдающійся русскій бактериологъ выдѣлилъ въ чистомъ видѣ организмъ, который въ растворѣ декстрозы и минеральныхъ солей (безъ связ. азота) проявилъ способность усваивать свободный азотъ, при чемъ количество усвоеннаго азота оказалось въ общемъ пропорціональнымъ вѣсу данной бактеріямъ декстрозы; здѣсь декстроза, слѣдовательно, играетъ ту же роль, что водоросли въ опытахъ Шлезинга, Лорана и Коссовича.

Согласно Виноградскому, выдѣленная имъ бактерія въ молодомъ возрастѣ имѣетъ форму бацилла въ видѣ цилиндрическихъ палочекъ шириною въ 1,2 м/м., длиною въ 2—3 раза больше; въ этой стадіи развитія происходитъ наиболѣе сильное размноженіе организма, впо-

слѣдствіи же, когда ростъ ослабѣваетъ, бациллѣ принимаетъ форму *Clostridium*'a, т. е. форму толстаго короткаго веретена, причемъ палочки вздуваются въ серединѣ до двойнаго и болѣе диаметра, суживаясь клинообразно у полюсовъ. Въ этой стадіи организмъ окрашивается въ темно-фіолетовый цвѣтъ. Тогда же появляются на одномъ изъ полюсовъ спорообразныя зерна, переходящія постепенно въ споры. Вполнѣ образовавшаяся спора оказывается окруженною студенистою капсулой, происшедшей изъ производящей клѣтки споры.

Виноградскій выдѣленный имъ организмъ назвалъ *Clostridium Pasteurianum* въ честь Пастера, великаго ученаго, основателя науки—микробиологіи. Относительно способности этой бактеріи усвоить свободный азотъ Виноградскій пишетъ:

„Ни одинъ изъ микроорганизмовъ не могъ развиваться въ средѣ, абсолютно лишенной соединеній азота: въ этомъ отношеніи *Clostridium Pasteurianum* до сихъ поръ остается единственнымъ видомъ. Онъ одинъ можетъ фиксировать азотъ въ количествѣ, покрывающемъ вполнѣ его потребность отъ самаго начала и до конца вегетаціи“.

Нижеслѣдующія данныя, полученныя Виноградскимъ, поясняютъ вліяніе декстрозы на количество азота, усвояемаго *Clostridium Pasteurianum*.

дано декстрозы . . .	2 гр.,	4 гр.,	2 гр.,	2 гр.,	10 гр.,	20 гр.
усвоено своб. азота .	5,9 mgr.	9,7	3,9	4,9	15,7	24,4 mgr.

Такимъ образомъ, *Clostridium Pasteurianum* усвоилъ на 1 гр. потребленной декстрозы около 2 mgr. азота. Процессъ усвоенія свободного азота есть процессъ эндотермическій; необходимая энергія доставляется окисленіемъ органическихъ веществъ.

Присутствіе связаннаго азота, а именно—амміака въ питательной средѣ, по опытамъ Виноградскаго, понижало количество азота, усвояемаго этимъ организмомъ, какъ видно изъ слѣдующихъ данныхъ.

Было взято:					
декстрозы . . . . .	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
N, взятый въ видѣ NH <sub>3</sub>					
въ началѣ опыта . . .	4,2	6,4	8,5	17,0	21,2
количество азота въ концѣ опыта . . . . .	9,2	11,9	12,1	17,3	19
Прибыль азота . . . . .	+ 5,0	+ 5,5	+ 3,6	+ 0,3	— 2,2

Отсюда можно заключить, что усвоеніе свободного азота почвой должно происходить лишь въ томъ случаѣ, когда почва относительно бѣдна азотомъ и богата органическими безазотистыми веществами.

Вмѣстѣ съ тѣмъ, изслѣдованія Виноградскаго выяснили, что *Clostridium Pasteurianum* можетъ развиваться и усвоить свободный азотъ только при отсутствіи кислорода. Согласно даннымъ этого изслѣдователя, этотъ организмъ является однимъ изъ анаэробныхъ ферментовъ маслянокислаго броженія и морфологически близокъ къ *Clostridium butyricum* Празмовскаго.

На первый взглядъ фактъ, что *Clostridium* усволяетъ свободный азотъ только въ бескислородной средѣ, можетъ показаться страннымъ; какъ же тогда происходитъ усвоеніе свободного азота въ почвѣ, если почвенный воздухъ, какъ мы увидимъ ниже, почти всегда содержитъ кислородъ? Но это противорѣчіе находитъ себѣ объясненіе въ томъ обстоятельстве, что въ почвѣ мы встрѣчаемъ цѣлый рядъ бактерій, которыя жадно поглощаютъ кислородъ воздуха и тѣмъ самымъ легко могутъ создавать въ ней участки съ бескислородной средой, гдѣ и развиваются анаэробные организмы, въ томъ числѣ кlostридій, усвояющихъ свободный азотъ. Къ этому объясненію частъ приводитъ слѣдующій фактъ, наблюденный Виноградскимъ при выдѣленіи этого организма въ чистомъ видѣ. Пока этотъ организмъ находился въ смѣси съ другими, онъ развивался вполнѣ нормально и усвоилъ азотъ въ сосудѣ съ питательнымъ растворомъ, оставленнымъ на воздухѣ; когда же тотъ же кlostридій былъ полученъ въ чистой культурѣ (безъ постороннихъ бактерій), то оказалось, что при тѣхъ же условіяхъ онъ не развивался и усвоенія азота не происходило. Но достаточно было замѣнить азотомъ воздухъ надъ культурой, чтобы началось развитіе кlostридія, а также усвоеніе свободного азота. Виноградскій пишетъ: „Строго анаэробный организмъ можетъ, слѣдовательно, развиваться вполнѣ нормально и въ неопредѣленномъ рядѣ псколѣній въ средѣ, доступной вліянію воздуха, если совмѣстный ростъ другихъ аэробныхъ видовъ защищаетъ его отъ вліянія кислорода“.

Но, повидимому, въ усвоеніи свободного азота культурными почвами играетъ большую роль другой организмъ. А именно, въ 1891 г. Бейеринкомъ былъ выдѣленъ изъ почвы аэробный организмъ, названный имъ *Azotobacter chroococcum* и обладающій рѣзко выраженной способностью усвоить свободный азотъ. Этотъ организмъ весьма энергично развивается, будучи внесеннымъ съ почвою въ растворъ изъ 2% маннита и 0,02% фосфорнокислаго калия въ водопроводной водѣ, налитой тонкимъ слоемъ въ эрленмейровскую колбу. *Azotobacter chroococcum* имѣетъ видъ крупныхъ эллипсоидныхъ клѣтокъ, слегка подвижныхъ въ молодомъ состояніи (споръ не образуетъ). Энергія его усвоить свободный азотъ весьма значительна и достигаетъ 11—15 mgr. азота на 1 гр. глюкозы (на 100 гр. глюкозы 1 гр. азота), т. е. въ 5—6 разъ выше таковой, которая наблюдается у *Clostridium Pasteurianum*. Оба эти организма весьма распространены въ почвѣ, встрѣчаются въ морскомъ и прѣсноводномъ планктонѣ, а также въ слизи, покрывающей водоросли.

Въ заключеніе укажемъ, что Мазэ (1897 г.) показалъ способность клубеньковой бактеріи—*Bacillus radicola* (организма, развивающагося въ корняхъ мотыльковыхъ) усвоить свободный азотъ внѣ растенія. Согласно этому изслѣдователю этотъ организмъ для усвоенія свободного азота нуждается въ кислородѣ; изъ углеводовъ требуетъ сахарозу (2 ч. на 100 ч. воды), изъ азотистой пищи для него наиболѣе благоприятенъ *легуминозъ*; причемъ наиболѣе благоприятное для усвоенія сво-

боднаго азота отношеніе азота къ сахару оказалось равнымъ  $\frac{1}{200}$ .

Замѣтимъ, наконецъ, что въ послѣднее время появляются данныя (Пурьевичъ, Мостынской, А. Краинскій), указывающія на способность нѣкоторыхъ плѣсневыхъ грибовъ усвоить свободный азотъ.

Вопросъ, въ какихъ количествахъ почва можетъ получать азотъ насчетъ свободнаго азота при участіи микроорганизмовъ, остается пока открытымъ. Учетъ прибыли азота въ почвѣ при естественныхъ условіяхъ насчетъ этого источника представляетъ большія затрудненія, такъ какъ относительная прибыль азота крайне мала. Попытки опредѣлить возможную прибыль азота по количеству разлагающихся въ почвѣ органическихъ веществъ не имѣютъ подъ собою достаточно надежной почвы.

### III. Превращенія азотистыхъ соединеній въ почвѣ.

#### Минерализація органическаго азота.

Свободный азотъ, усваиваемый микроорганизмами, идетъ или на построеніе тканей ихъ самихъ, или же при бобовыхъ и нѣкоторыхъ другихъ растеніяхъ на образованіе азотистыхъ веществъ этихъ высшихъ растеній. Связанный азотъ атмосферы ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{HNO}_3$ ), поступающій въ почву, тоже используется растеніями для построенія ихъ тканей. Такимъ образомъ, весь азотъ, поступившій тѣмъ или инымъ путемъ въ почву, переходитъ въ различныя органическія соединенія. Здѣсь мы его встрѣчаемъ, главнымъ образомъ, въ видѣ бѣлковыхъ веществъ, отчасти въ формѣ амидосоединеній (аспарагина, лейцина, тирозина и т. д.) и нѣкоторыхъ другихъ азотистыхъ органическихъ соединеній. Животныя, какъ извѣстно, при своемъ питаніи растительными, а также животными продуктами разрушаютъ азотистыя органическія вещества, главнымъ образомъ, бѣлковыя, но не превращаютъ азота органическихъ соединеній до минеральнаго азота; наиболѣе простыми продуктами питанія животнаго организма оказываются:

мочевина  $\text{CO} < \begin{matrix} \text{NH}_2 \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$ , гиппуровая и мочева кислота.

Такимъ образомъ, результатомъ дѣятельности высшихъ растеній является переходъ минеральнаго азота въ органической, который затѣмъ какъ въ животномъ, такъ и высшемъ растительномъ мірѣ, подвергается весьма сложнымъ превращеніямъ, однако, не минерализуется, а только переходитъ въ болѣе простыя органическія соединенія, которыя, насколько въ настоящее время извѣстно, не могутъ служить непосредственнымъ источникомъ азота для питанія высшихъ растеній. Поэтому, если бы на земномъ шарѣ не осуществлялся бы переходъ органическаго азота въ минеральный при другихъ процессахъ, то для поддержанія органической жизни на землѣ требовались бы все новыя и новыя количества азота извнѣ. Но въ природѣ такой процессъ имѣетъ мѣсто при разложеніи органическихъ веществъ. А именно, изъ дальнѣйшаго изложенія мы увидимъ, что при разложеніи азотистыхъ органическихъ веществъ подъ вліяніемъ микроорганизмовъ, обильно развивающихся на растительныхъ и животныхъ остаткахъ, образуется амміакъ; послѣдній, въ свою очередь, при участіи особыхъ представителей того же микроскопическаго населенія,

переходит сначала въ азотистую, а затѣмъ въ азотную кислоту. Первый процессъ—переходъ органическаго азота въ амміакъ называютъ аммонизаціей органическаго азота; процессъ образования азотной кислоты изъ амміака извѣстенъ подъ именемъ нитрификаціи. Замѣтимъ, что какъ амміакъ, такъ и азотная кислота могутъ служить непосредственнымъ источникомъ питанія растеній азотомъ.

### Аммонизація органическаго азота.

Имѣющіеся опыты показываютъ, что аммонизація органическаго азота есть процессъ биологическій, т. е. является результатомъ дѣятельности микроорганизмовъ. Дѣйствительно, достаточно стерилизовать разлагающееся азотистое органическое вещество, чтобы остановить въ немъ образование амміака, что можно подтвердить слѣдующимъ опытомъ Мюнца и Гудона. Эти изслѣдователи взяли нѣсколько почвъ, стерилизовали ихъ при 120° и опредѣлили въ нихъ содержаніе амміака; затѣмъ, въ одномъ случаѣ почвы сохранялись стерилизованными, въ другомъ, напротивъ, были заражены небольшими количествами нестерилизованной почвы; опредѣленіе амміака въ тѣхъ и другихъ почвахъ по истеченіи 67 дней показало слѣдующія количества амміака, вновь образовавшагося въ 100 гр. почвы:

въ известковой почвѣ, незараженной . . . . .	0,0 mgr.
” ” ” зараженной . . . . .	111,0 ”
въ почвѣ съ ландръ незараженной . . . . .	0,0 ”
” ” ” зараженной . . . . .	41,0 ”
въ садовой почвѣ незараженной . . . . .	0,0 ”
” ” ” зараженной . . . . .	59,3 ”

Чтобы выяснитъ вопросъ, является ли процессъ аммонизаціи результатомъ одного опредѣленнаго или нѣсколькихъ специальныхъ микроорганизмовъ, или же эта способность свойственна многимъ представителямъ бактерій и даже грибовъ,—Мюнцъ и Гудонъ выдѣлили 5 бактерій и 2 грибка и испытали ихъ способность разлагать органическія вещества съ образованиемъ амміака. Оказалось, что почти всѣ выдѣленные ими организмы вызвали образование амміака, впрочемъ, въ довольно различныхъ количествахъ.

А именно, амміака образовалось:

	Въ 100 куб. с/м питательнаго бульона въ теченіе 17 дней.	Въ 100 гр. почвы въ теченіе 17 дней.
безъ микроорганизмовъ . . . . .	0,0 mgr.	0,0 mgr.
зараженныхъ бакт. α . . . . .	40,0 ”	17,1 ”
” ” β . . . . .	46,6 ”	10,4 ”
” ” γ . . . . .	9,9 ”	пропаль
” ” δ . . . . .	34,6 ”	0,0 ”
” ” ε . . . . .	75,7 ”	12,4 ”
съ грибкомъ <i>Mucor racemosus</i> . . . . .	81,0 ”	27,2 ”
” ” <i>Fusarium Münzii</i> . . . . .	7,0 ”	19,8 ”

Такимъ образомъ, полученные результаты показываютъ, что въ образованіи амміака участвуютъ многіе виды бактерій, а также и грибы. Последнее обстоятельство представляетъ тотъ интересъ, что мы получаемъ объясненіе для образования амміака въ кислыхъ средахъ, въ томъ числѣ и въ почвахъ, въ которыхъ бактеріи часто почти отсутствуютъ, грибы же хорошо развиваются. Что амміакъ образуется и въ кислыхъ почвахъ, въ которыхъ нитрифицирующія бактеріи, образующія азотную кислоту, какъ мы увидимъ, отсутствуютъ, это можно видѣть изъ слѣдующаго опыта Мюнца съ кислымъ торфомъ. Кислый торфъ, былъ оставленъ въ теченіе 8 мѣсяцевъ въ условіяхъ, благоприятныхъ для аммонизаціи и нитрификаціи. Результатъ былъ слѣдующій:

	NH <sub>3</sub>	HNO <sub>3</sub>
въ 100 гр. торфа въ концѣ опыта найдено . . . . .	2,1 mgr.	0
” ” + кожаная мука . . . . .	21,1 ”	0
” ” + кровяная мука . . . . .	39,7 ”	0

Слѣдовательно, въ кислыхъ почвахъ происходило образование амміака; послѣдній же не превращался въ азотную кислоту. Совершенно иной результатъ получился, когда Мюнцъ и Гудонъ взяли не торфъ, а полевую землю съ нейтральной реакціей. Оказалось, что:

	NH <sub>3</sub>	HNO <sub>3</sub>
въ 100 гр. такой земли было найдено . . . . .	0,1 mlgr.	7,0 mlgr.
” ” ” + мука изъ кожи . . . . .	0,9 ”	312,6 ”
” ” ” + кровяная мука . . . . .	1,1 ”	281,1 ”

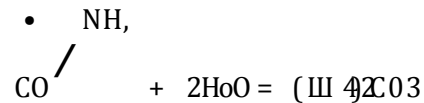
Такимъ образомъ во второмъ опытѣ образующійся амміакъ переходилъ подъ вліяніемъ нитрифицирующихъ бактерій въ азотную кислоту, которая и накапливалась въ почвѣ.

Опыты другихъ изслѣдователей также показали, что въ разложеніи органическихъ азотистыхъ веществъ съ выдѣленіемъ амміака участвуютъ весьма многіе и различные микроорганизмы и притомъ—какъ аэробные, такъ и анаэробные, т. е. что этотъ процессъ совершается какъ въ присутствіи кислорода, такъ и въ анаэробной средѣ.

Главная масса разлагающихся азотистыхъ органическихъ веществъ представлена въ природѣ бѣлковыми веществами (альбуминами, фибринами, казеинами). Является вопросъ, переводятъ ли микроорганизмы азотъ этихъ веществъ непосредственно въ амміакъ или же при этомъ процессѣ образуются различныя промежуточныя соединения? По имѣющимся даннымъ здѣсь могутъ быть весьма различные случаи въ зависимости какъ отъ веществъ, которыя разлагаются, такъ и отъ тѣхъ видовъ микроорганизмовъ, которые участвуютъ въ этомъ процессѣ. Наблюденія показываютъ, что имѣются организмы, непосредственно изъ бѣлковъ создающіе амміакъ и такіе, результатомъ дѣятельности которыхъ являются лишь болѣе простыя азотистыя органическія вещества, какъ то: лейцинъ, тирозинъ, моче-

вина и т. д.; эти же вещества в свою очередь уже под влиянием других микроорганизмов распадаются до аммиака. Так, напр., мочевины весьма быстро при участии различных бактерий (по Микелю— до 60 видов) переходить в углекислый аммиак.

Особенно энергичным возбудителем аммиачного брожения мочевины является *Urobacillus Pasteurii*— длинный подвижной бацилла, весьма распространенный в почвах. Аммиачное брожение мочевины, или ее гидролиз, происходит по следующему уравнению:



NH<sub>2</sub>-f- вода = углекислый аммиак  
мочевина.

Из микроорганизмов, которые обладают способностью глубоко расщеплять белки и которые относятся к группе сапрогенных или гнилостных бактерий, следует упомянуть *Proteus vulgaris* и *Bac. putrificus*; они разрушают белки до индола, скатола, аммиака, водорода, метана, углекислоты и т. д.

Таким образом, из всего вышесказанного мы видим, что процесс разложения органических азотистых веществ с образованием аммиака происходит под влиянием большого числа микроорганизмов и при весьма различных условиях; почему образование аммиака и происходит везде, где только разлагаются растительные и животные остатки.

Так как в некоторых почвах образующийся аммиак не переходит в азотную кислоту, то появляются вопросы могут ли выпя растения питаться азотом этого соединения? Имеющиеся наблюдения и опыты позволяют дать утвердительный ответ. Уже почти полное отсутствие азотной кислоты во многих лесных и болотистых почвах, когда в них самый чувствительный реактив на азотную кислоту—дифенил-амин, не открывает присутствия азотной кислоты, указывает на возможность питания высших растений аммиаком. А затем, непосредственные опыты Питча и Мюнца над питаемым растений аммиаком в стерилизованной почве, также более поздняя исследования Мазэ, Коссовича и Шулова показали, что выпя растения могут вполне нормально развиваться, раз единственным источником азота для них является аммиак; при чем опыты Мазэ даже показали, что при очень слабых растворах аммиачных солей едва ли не являются более благоприятным источником азота для растений, чем азотнокислые соли.

#### Образование в почве азотной кислоты или нитрификации.

Вопрос об образовании в почве азотной кислоты интересовал человечество уже с давних пор в виду практических целей: получения селитры, необходимой для приготовления пороха. По-

этому, условия, благоприятствующие образованию азотной кислоты при разложении органических веществ, были изучены раньше, чем были выяснены ближайшая причины этого явления, который по ходу развития наших научных знаний и могли быть разъяснены лишь в более позднее время.

Что нитрификация есть процесс биологический, было впервые выяснено опытами Шлезинга и Мюнца (1877 г.) при изучении ими обезвреживания клоачной жидкости. Уже давно было известно, что

ученымъ Виноградскимъ (1889 г.). При разработкѣ вопроса нитрификации въ почвѣ наибольшую трудность представляло получение чистой культуры нитрифицирующей бактеріи, т. е. изолирование ея отъ другихъ организмовъ почвы.

Для получения чистыхъ культуръ микробовъ пользуются обыкновенно 2-мя методами: *методомъ разжиженія* и *методомъ пластинокъ*. Виноградскій выдѣлилъ нитрифицирующую бактерію по второму способу, причемъ для предварительной очистки культуры онъ воспользовался тѣмъ обстоятельствомъ, что если какой-нибудь микроорганизмъ помѣстить въ среду, наиболѣе благоприятную для его развитія (элективную среду), то есть основаніе рассчитывать, что въ концѣ концовъ этотъ организмъ переживетъ многіе другіе микроорганизмы и получится въ болѣе или менѣе чистомъ видѣ въ смѣси лишь съ немногими другими. Благоприятной средой для нитрифицирующей бактеріи оказался слѣдующій питательный растворъ: 1 гр. сѣрно-кислаго амміака, 1 гр. фосфорнокислаго калия, 1000 гр. озерной воды (Цюрихскаго озера). Кромѣ того въ каждую колбочку, содержащую 100 куб. с/м. этого раствора, прибавлялось еще 0,5–1,0 гр. углекислаго магнія ( $MgCO_3$ ).

Самый опытъ выдѣленія чистой культуры велся такимъ образомъ: вышеуказанный питательный растворъ былъ зараженъ небольшимъ количествомъ почвы; въ этой первоначальной культурѣ наблюдалась большая смѣсь микроорганизмовъ; но, при повторныхъ пересѣвахъ въ новыя стерилизованныя питательныя среды вышеуказаннаго состава, Виноградскому въ концѣ концовъ удалось получить культуру лишь съ 2-мя видами бактерій. При высѣваніи этихъ бактерій на желатиновые пластинки развивались колоніи. Но, при цѣломъ рядѣ попытокъ зараженія бактеріями изъ колоній питательной среды, пригодной для нитрификации, нитрификация не наблюдалась. Тогда изслѣдователь предположилъ, что нитрифицирующая бактерія не развивается на желатинѣ, и взялъ для зараженія культурной среды кусочки желатинны, находившейся между развившимися колоніями, въ надеждѣ, что на этихъ мѣстахъ могли находиться отдѣльные, неразвившіеся въ колоніи организмы нитрификации. И, дѣйствительно, такимъ образомъ ему удалось вызвать нитрификацію въ питательномъ растворѣ и въ концѣ концовъ получить чистую культуру искомаго организма.

Въ настоящее время, согласно указанію Виноградскаго, вмѣсто желатиновыхъ пластинокъ для получения чистой культуры нитрифицирующей бактеріи обычно пользуются студенистой кремневой кислотой или гипсовыми пластинками съ прибавкой необходимыхъ минеральныхъ солей, т. е. средами, не содержащими органическихъ веществъ; на этихъ средахъ нитрифицирующія бактеріи хорошо развиваются.

Культивируя выдѣленный организмъ нитрификации въ питательной средѣ, содержащей амміачныя соли, Виноградскій могъ наблюдать быстрое исчезновеніе этихъ послѣднихъ, но при этомъ наткнулся

на интересный и неожиданный фактъ, а именно, на тотъ, что съ исчезновеніемъ амміака въ питательной средѣ оказывалась лишь азотистая кислота, азотная же кислота отсутствовала. Между тѣмъ при зараженіи той же среды смѣсью бактерій изъ почвы, если образовывалась азотистая кислота, то лишь въ незначительныхъ количествахъ, главнымъ же образомъ—азотная.

Такимъ образомъ оказалось, что былъ выдѣленъ организмъ, окисляющій амміакъ лишь въ азотистую кислоту; этотъ организмъ былъ названъ Виноградскимъ *нитрознымъ микробомъ*—*Nitrosomonas*. Вмѣстѣ съ тѣмъ возникъ вопросъ, какимъ же образомъ азотистая кислота окисляется дальше до азотной?

Было высказано предположеніе (Мюнцъ), что этотъ дальнѣйшій процессъ окисленія идетъ чисто химическимъ путемъ подъ вліяніемъ кислорода воздуха и углекислоты, выдѣляемой почвою. Но эта гипотеза просуществовала всего нѣсколько дней, такъ какъ Виноградскому вскорѣ удалось выдѣлить новый организмъ, который обладалъ способностью окислять азотистую кислоту въ азотную; этотъ организмъ имъ названъ *нитратнымъ микробомъ*—*Nitrobacter*’омъ. Такимъ образомъ, путь перехода азота органическаго вещества въ азотъ азотной кислоты оказался сложнымъ процессомъ.

*Морфологическія особенности нитробактерій.* Родъ *Nitrosomonas* нѣсколько варьируетъ по морфологическимъ признакамъ въ зависимости отъ происхожденія. Видъ *Nitrosomonas eurorea* выдѣленный Виноградскимъ изъ почвы г. Цюриха и почвы полей орошенія близъ г. Парижа, представляетъ мелкія эллипсоидальныя клѣтки діаметромъ  $1 \times 1,5 \mu$  съ короткой рѣсничкой; виды, выдѣленные изъ почвъ г. Казани, Алжира и Токио, еще мельче. Особенно мелки виды съ острова Явы, причемъ они отличаются присутствіемъ необыкновенно длинной рѣснички (*Nitrosomonas javanensis*). Нитрозные микробы Новаго Свѣта, объединенные Виноградскимъ въ особый родъ *Nitrococcus*, имѣютъ видъ неподвижныхъ крупныхъ кокковъ; къ нимъ приближается микробъ, выдѣленный изъ почвы г. Петербурга. Родъ *Nitrobacter* имѣетъ форму очень мелкой неподвижной палочки ( $0,3 - 0,4 \times 1 \mu$ ); выдѣленный изъ почвъ различныхъ мѣстностей онъ оказался весьма сходнымъ по морфологическимъ признакамъ.

*Биологическія особенности нитробактерій.* Какъ мы видѣли, нитрозный микробъ можетъ жить въ средѣ, почти совершенно лишенной орг. веществъ (въ озерной водѣ съ прибавкой минеральныхъ солей). Виноградскій же непосредственнымъ опытомъ, проведеннымъ въ исключительно точной обстановкѣ, доказалъ, что этотъ организмъ не только не требуетъ для своего развитія орг. веществъ, но что онъ, несмотря на то, что не содержитъ въ себѣ хлорофилла, обладаетъ способностью создавать орг. вещество изъ свободной или полусвязанной (въ видѣ кислотныхъ углекислыхъ солей) углекислоты, ассимилируя ее въ отсутствіи свѣта. Потребная же для этого эндотермическаго процесса энергія, надо полагать, получается организмомъ при окисленіи амміака въ азотистую

кислоту. Причемъ между количествомъ ассимилированнаго углерода и количествомъ окисленнаго амміака наблюдается параллелизмъ (на 35 гр. окисленнаго азота ассимилируется приблизительно 1 часть углерода).

онѣ почти совершенно отсутствуютъ, постоянно превращаясь въ азотно-кислыя.

Затѣмъ, вредное вліяніе растворимыхъ органическихъ веществъ на нитробактеріи позволяетъ притти къ выводу, что эти микробы не должны одновременно работать съ денитрифицирующими организмами, требующими, какъ мы увидимъ ниже, для своей дѣятельности въ изобиліи органическія вещества и разрушающія селитру, т. е. послѣдняя не должна образовываться тамъ, гдѣ есть условія для ея разрушенія.

Имѣя въ виду отмѣченныя особенности нитробактерій по отношенію къ органическимъ веществамъ и къ амміаку, необходимо для правильной оцѣнки ихъ дѣятельности въ природныхъ условіяхъ принимать во вниманіе, что въ вышеприведенныхъ опытахъ испытываемыя вещества находились въ растворѣ и что органическія вещества были тѣмъ болѣе вредны для нитробактерій, чѣмъ болѣе они являются пригодными служить пищей микробовъ. Между тѣмъ въ почвахъ органическія вещества почти нацѣло, за исключеніемъ небольшой части, находятся въ трудно растворимой формѣ, а амміакъ въ значительной степени въ поглощенномъ состояніи, въ растворѣ же въ большинствѣ случаевъ присутствуютъ лишь слѣды органическихъ веществъ, которые только и слѣдуетъ принимать во вниманіе при учетѣ ихъ вліянія на нитробактерій, и при томъ лишь тѣ изъ нихъ, которыя могутъ служить источникомъ орг. пищи для микробовъ. Такъ, наблюдаемое отсутствіе организмовъ нитрификации въ нѣкоторыхъ лѣсныхъ почвахъ, дѣйствительно, возможно объяснять относительнымъ богатствомъ этихъ почвъ легко растворимыми органическими веществами. Въ черноземахъ же, которые, какъ извѣстно, особенно богаты вообще органическими веществами, но бѣдны ими въ растворимой формѣ, нитрификация идетъ весьма энергично.

Наконецъ, Омелянскій изучалъ вопросъ, способны ли нитрифицирующіе микробы (*Nitrosomonas* и *Nitrobacter*) окислять органическій азотъ, непосредственно или съ предварительнымъ отщепленіемъ амміака, въ азотистую или азотную кислоту, и изслѣдовалъ вліяніе этихъ организмовъ въ слабыхъ растворахъ на амиды и протеиновыя тѣла (мочевину, мочу, аспарагинъ, бульонъ и яичный бѣлокъ), а также на амины (хлористоводородныя соли метиламина и диметиламина), при чемъ во всѣхъ случаяхъ организмы оказались бездѣтельными. Въ заключеніи своей работы авторъ приходитъ къ выводу, что „азотъ органическихъ веществъ, въ какой бы формѣ онъ ни былъ, не поддается окислительному дѣйствию микробовъ нитрификации“. Отсюда мы видимъ, насколько роль нитробактерій приурочена къ опредѣленнымъ процессамъ.

Въ подтвержденіе спеціализаціи дѣятельности нитробактерій Омелянскій произвелъ весьма демонстративный опытъ; имъ было взято нѣсколько порцій питательнаго бульона, и въ нихъ внесены различныя комбинаціи изъ слѣдующихъ бактерій: *Bact. ramosus* (a) [вызывающій

амміачное броженіе], *Nitrosomonas*... (b) и *Nitrobacter*... (c). Въ зависимости отъ комбинацій внесенныхъ организмовъ, въ питательномъ бульонѣ оказались или азотная кислота, или же азотистая, или, наконецъ, органическій азотъ остался неизмѣненнымъ. Схематически совмѣстное дѣйствіе тѣхъ или иныхъ бактерій можно себѣ представить слѣдующей схемой.

Какіе организмы вошли въ комбинацію.	Стрѣлка указываетъ въ какой формѣ найденъ азотъ.			
	N органич. вещества.	N амміака.	N азотистой кислоты.	N азотной кислоты.
a+b+c	//////			→
a+b	//////			→
a+c	//////			→
b+c	//////			→
	Безъ измѣн.			

#### IV. Выдѣленіе свободнаго азота и процессы возстановленія селитры.

##### Общая замѣчанія.

Знакомясь въ предшествующихъ отдѣлахъ съ превращеніемъ азотистыхъ веществъ, мы видѣли, что въ природѣ азотъ весьма легко переходитъ изъ одной формы въ другую подъ вліяніемъ микроорганизмовъ; причемъ мы познакомились съ процессами, при которыхъ азотъ какъ бы готовится къ воспріятію его высшими растеніями (связываніе свободнаго азота микроорганизмами, минерализація азота, нитрификація). Теперь мы остановимся на процессахъ, въ общихъ чертахъ противоположныхъ предыдущимъ, подъ вліяніемъ которыхъ азотъ, въ большинствѣ случаевъ, переходитъ въ форму, непосредственно недоступную для высшихъ растений. Такъ, 1) имѣются указанія на то, что при разложеніи органическихъ азотистыхъ веществъ можетъ выдѣляться непосредственно свободный азотъ; 2) доказана возможность возстановленія селитры въ низшіе окислы азота, а также въ амміакъ; 3) въ настоящее время изученъ процессъ разрушенія въ природѣ селитры съ выдѣленіемъ свободнаго азота, каковой процессъ носитъ названіе *денитрификаціи*. Всѣ эти процессы являются въ природѣ результатомъ жизнедѣятельности микроорганизмовъ.

##### Процессъ денитрификаціи.

Подъ денитрификаціей, какъ было указано выше, мы будемъ понимать разрушеніе селитры (азотной кислоты) съ переходомъ ея азота въ большей или меньшей степени въ свободное состояніе; замѣтимъ, однако, что особенно въ прежнее время (но нерѣдко и теперь) подъ этимъ терминомъ понимали вообще возстановленіе или разрушеніе селитры.

До 1875 г. процессъ денитрификаціи разсматривали, какъ результатъ дѣятельности мертвой природы, но уже въ этомъ году Мейзель показалъ, что возстановленіе селитры связано съ жизнедѣятельностью микроорганизмовъ и что для этого процесса необходимо при-

сутствіе углеводовъ въ разлагающейся средѣ; однако, необходимо замѣтить, что Мейзель при своихъ опытахъ наблюдалъ возстановленіе селитры только до азотистой кислоты. Затѣмъ въ 1882 г. Дегеренъ и Макэнъ, изучая вопросъ, участвуютъ ли микроорганизмы въ разрушеніи селитры въ почвѣ съ выдѣленіемъ свободнаго азота, непосредственными опытами показали, что здѣсь мы имѣемъ дѣло съ біологическимъ процессомъ; такъ, когда они при своихъ опытахъ запаивали въ стеклянныя трубки почву, содержащую азотную кислоту, а затѣмъ вскрывали ихъ черезъ нѣкоторое время, то обнаруживали отсутствіе кислорода, исчезновеніе азотной кислоты и выдѣленіе свободнаго азота; когда же въ трубки съ почвою вводился хлороформъ, задерживающій жизнедѣятельность микроорганизмовъ, то оказывалось, что азотная кислота не исчезала въ почвѣ; то-же самое оказалось, когда почва была стерилизована нагрѣваніемъ до 120° (т. е. въ этомъ случаѣ азотная кислота не исчезала); но достаточно было прибавить къ стерилизованной почвѣ свѣжей земли, чтобы вновь вызвать денитрификацію.

Въ настоящее время извѣстно уже болѣе 20 видовъ бактерій, способныхъ вызывать денитрификацію; имѣются указанія, что даже нѣкоторымъ гифовымъ грибамъ (какъ напр. *Mucor Mucedo*) и дрожжамъ свойствененъ этотъ процессъ.

Изъ наиболѣе энергичныхъ и лучше изученныхъ денитрификаторовъ можно отмѣтить: 1) *Vac. denitrificans*, живущій на стебляхъ соломы и въ калѣ травоядныхъ и 2) *Vac. roseoanus*—пигментная бактерія, обладающая патогенными свойствами.

Большое число микроорганизмовъ, участвующихъ въ денитрификаціи, указываетъ на то, что дѣятели этого процесса должны быть распространены въ природѣ. Имѣющіяся въ этомъ направленіи наблюденія показываютъ, что денитрификаціонные организмы встрѣчаются въ воздухѣ, на растительныхъ остаткахъ (соломѣ, листьяхъ), въ почвѣ, и особенно они многочисленны въ экскрементахъ животныхъ, а именно—травоядныхъ (на первомъ мѣстѣ стоитъ пометъ лошади); у животныхъ же, питающихся животною пищей, и у всеядныхъ, напротивъ, экскременты не содержатъ денитрификаціонныхъ организмовъ. Что касается въ частности почвы, то денитрификаціонные организмы не всегда въ ней оказывались и притомъ, если находились, то по преимуществу въ почвахъ, удобрявшихся навозомъ; почему можно думать, что почва не является особенно благоприятною средою для жизни соотвѣтствующихъ микробовъ. Интересно отмѣтить, что денитрификаціонные организмы не оказываются въ изверженіяхъ червей; затѣмъ укажемъ, что въ торфѣ также эти организмы отсутствуютъ и что даже это вещество задерживаетъ ихъ развитіе.

Въ соотвѣтствіи съ тѣмъ, что денитрификаціонный процессъ можетъ являться результатомъ дѣятельности весьма различныхъ микроорганизмовъ, естественно ожидать, что условія необходимыя для денитрификаціи не будутъ отличаться большой опредѣленностью, что въ дѣйствительности и имѣетъ мѣсто. Но, во всякомъ случаѣ, нѣкоторыя

общія требованія для процесса денитрификаціи могутъ быть указаны а именно нижеслѣдующія.

*а) Потребность въ органическихъ веществахъ.*

Необходимымъ условіемъ для жизнедѣятельности всѣхъ вообще денитрификаціонныхъ организмовъ является присутствіе въ средѣ, въ которой они разлагаютъ селитру, въ значительныхъ количествахъ *органическихъ веществъ*, пригодныхъ для ихъ питанія, что, какъ мы видѣли, было уже выяснено первыми же работами, изучавшими этотъ процессъ. Необходимость въ большихъ количествахъ органическихъ веществъ для денитрификаціи вытекаетъ уже изъ того, что эти соединения служатъ тѣмъ матеріаломъ, на счетъ котораго, собственно, и происходитъ возстановленіе селитры. Изъ имѣющихся данныхъ оказывается, что цѣлый рядъ органическихъ веществъ можетъ служить для этой цѣли.

Въ общемъ можно указать, что многія соли органическихъ кислотъ (какъ-то: лимонной, молочной, масляной и др.) оказываются весьма пригодными для большинства денитрификаціонныхъ организмовъ; для той же цѣли могутъ служить и различные углеводы (гексозы и пентозы). Отмѣтимъ, что въ торфѣ денитрификаціонные организмы не находятъ необходимаго для нихъ органическаго вещества.

Для денитрификаціонныхъ организмовъ въ питательной средѣ, кромѣ органическихъ веществъ и селитры, необходимы еще обычныя минеральныя соли, въ которыхъ нуждаются вообще микробы. Для примѣра приведемъ питательную среду, благоприятную для денитрификаціонныхъ микробовъ, которую часто примѣняютъ при культурахъ этихъ бактерій въ лабораторіяхъ:

NaNO <sub>3</sub> . . . . .	2 gr.	} на 1 литръ воды.
MgSO <sub>4</sub> . . . . .	2 "	
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> . . . . .	2 "	
CaCl <sub>2</sub> . . . . .	0,2 "	
5 гр. лимонной кислоты, нейтрализованной содой.		

Если въ эту стерилизованную среду внести или чистую культуру какого либо денитрификаціоннаго микроорганизма, или же немного конского помета, то въ ней по истеченіи нѣкотораго времени начнется броженіе, и на поверхности жидкости появится пѣна; при чемъ селитра постепенно исчезаетъ, а ея азотъ выдѣлится, главнымъ образомъ, въ видѣ свободного элемента.

*б) Отношеніе денитрификаціонныхъ организмовъ къ кислороду.*

Изученные организмы денитрификаціи относятся или къ аэробнымъ, или условно-анаэробнымъ видамъ; они хорошо растутъ на обычныхъ бульонныхъ средахъ.

Въ первое время изученія денитрификаціи считали отсутствіе кислорода необходимымъ условіемъ для того, чтобы этотъ процессъ проявился. Но послѣдующія работы показали, что и въ присутствіи извѣстныхъ количествъ кислорода денитрификація селитры можетъ имѣть мѣсто. Многочисленныя работы по выясненію вліянія кислорода на процессъ денитрификаціи не дали, однако, вполне согласныхъ результатовъ. Впрочемъ, въ общемъ большинство изслѣдователей согласны въ томъ, что кислородъ вліяетъ болѣе или менѣе подавляющимъ образомъ на дѣятельность денитрификаціонныхъ организмовъ; относительно же степени вліянія этого элемента мнѣнія расходятся. Такъ, по наблюденіямъ нѣкоторыхъ изслѣдователей денитрификація идетъ только въ отсутствіи кислорода, другіе же считаютъ, что присутствіе въ малыхъ количествахъ этого газа остается почти безъ вліянія на процессъ и что только при весьма энергичномъ провѣтриваніи денитрифицирующей среды замѣчается задерживающая роль кислорода. Такое различіе въ результатахъ можно объяснить тѣмъ, что соотвѣтствующіе опыты велись не съ одними и тѣми же организмами, въ неодинаковыхъ питательныхъ средахъ, а также способы, а слѣдовательно, и степень провѣтриванія были различны. Во всякомъ случаѣ, и при неполномъ отсутствіи кислорода воздуха денитрификація можетъ совершаться.

*в) Продукты денитрификаціоннаго процесса.*

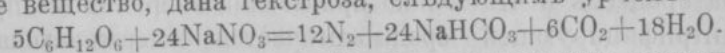
По даннымъ большинства изслѣдователей результатомъ процесса денитрификаціи являются глав. обр. два газообразныхъ продукта: свободный азотъ и углекислота, которая, очевидно, образуется изъ органическихъ веществъ, потребныхъ въ большомъ количествѣ для денитрификаціи. Впрочемъ, необходимо замѣтить, что при нѣкоторыхъ опытахъ выдѣлялся еще водородъ; а именно, въ томъ случаѣ, когда въ денитрифицирующей средѣ кромѣ азота селитры былъ еще азотъ органическихъ веществъ (опыты Пфеффера и Леммерманна). Количество свободного азота, выдѣляющагося при денитрификаціи, по отношенію къ азоту разрушенной селитры оказалось у различныхъ изслѣдователей неодинаковымъ. Такъ, при опытахъ Гильтау и Андерсона почти весь азотъ селитры оказался въ видѣ свободного, за исключеніемъ 0,4—1,1%; у другихъ же изслѣдователей до 20% азота селитры переходило въ органическій азотъ и только 80% — въ свободный.

При разрушеніи селитры въ процессъ денитрификаціи, очевидно, должно освободиться основаніе этой соли. Такъ какъ въ большинствѣ случаевъ для приготовленія питательной среды употребляется натровая селитра, то продуктомъ разрушенія селитры является ѣдкій натръ, который и входитъ въ соединеніе съ выдѣляющейся при этомъ же процессѣ углекислотой. Образовавшійся такимъ путемъ углекислый натръ, накопляясь въ жидкости, постепенно увеличиваетъ щелочность среды, результатомъ чего является остановка дѣятельности денитрифицирующихъ организмовъ.

d) *Сущность процесса денитрификации.*

В настоящее время имются двѣ теоріи, стремящіяся объяснить сущность процесса разрушенія селитры съ выдѣленіемъ свободного азота. Первая теорія, являющаяся болѣе обоснованной, представляетъ себѣ этотъ процессъ такимъ образомъ, что денитрификаціонные организмы находятъ въ селитрѣ необходимый для ихъ жизнедѣятельности кислородъ, который они отъ нея и отнимаютъ и употребляютъ въ процессъ дыханія, сжигая при этомъ органическія вещества и получая, такимъ образомъ, потребную для ихъ жизни энергію; свободный же азотъ выдѣляется, какъ продуктъ отброса.

Ходъ реакции разрушенія селитры, согласно разсмотрѣнной теоріи, мы можемъ себѣ представить въ случаѣ, когда бактеріямъ, какъ органическое вещество, дана гекстроза, слѣдующимъ ур-іемъ:



Вторая теорія объясняетъ себѣ тотъ же процессъ совершающимся слѣдующимъ путемъ: денитрификаціонные организмы, разрушая органическія вещества, выдѣляютъ водородъ, который *in statu nascendi* и восстанавливаетъ селитру до свободного азота.

Въ пользу первой теоріи говорятъ слѣдующія данныя:

1) Денитрификаціонные организмы не развиваются въ отсутствіи кислорода и селитры; въ отсутствіи же кислорода и въ присутствіи селитры ихъ развитіе совершается особенно успѣшно; такая роль селитры скорѣе всего говоритъ за то, что эта соль нужна этимъ организмамъ, какъ источникъ кислорода.

2) Въ большинствѣ случаевъ выдѣленіе водорода при процессѣ денитрификации не было наблюдаемо.

3) Организмы, способные вызывать выдѣленіе водорода, не являются наиболѣе энергичными разрушителями селитры съ выдѣленіемъ свободного азота.

4) Согласно первой теоріи денитрификація является процессомъ, обуславливающимъ жизнедѣятельность организмовъ; по второй теоріи восстановление селитры было бы лишь побочнымъ, бесполезнымъ процессомъ для самихъ денитрификаціонныхъ организмовъ.

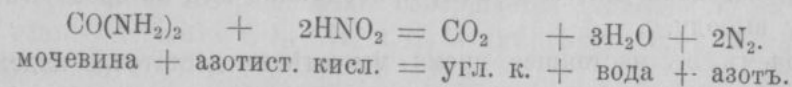
*Роль денитрификации въ природѣ.*

Какую роль играетъ процессъ денитрификации въ почвахъ при естественныхъ условіяхъ и при культурѣ, трудно сказать. Недостатокъ кислорода въ почвахъ и присутствіе (внесеніе) въ нихъ органическихъ веществъ, пригодныхъ для использования денитрификаціонными организмами (свѣжихъ растительныхъ остатковъ), очевидно, должны повышать процессъ денитрификации. Но, для правильной оцѣнки роли этого процесса въ почвахъ, необходимо имѣть въ виду, что условія, благоприятствующія денитрификации, оказываются отрицательными для образованія селитры и что эти два процесса не могутъ въ одно и то же время энергично развиваться въ почвѣ. Затѣмъ, присутствіе

(внесеніе) въ почвы органическихъ веществъ, пригодныхъ для питанія микробовъ, вызываетъ вообще энергичное развитіе самыхъ разнообразныхъ организмовъ, которые быстро потребляютъ азотъ селитры для своего питанія, переводя его въ органическій азотъ. Поэтому исчезновеніе селитры въ почвѣ при внесеніи органическаго вещества никоимъ образомъ нельзя разсматривать какъ результатъ только дѣятельности денитрификаціонныхъ организмовъ.

**Восстановленіе селитры въ низшіе окислы азота и въ амміанъ.**

Въ природѣ, повидимому, особенно распространены микробы, разрушающіе селитру и восстанавливающіе ее до азотистой кислоты (переводящія нитраты въ нитриты). При изслѣдованіяхъ Массена до 85 бактерій обладали этою способностью, въ частности, напр. *Vac. coli*. Слѣдуетъ замѣтить, что и при дѣятельности этихъ организмовъ можетъ выдѣляться свободный азотъ, разъ въ средѣ имются амидо-соединенія, — какъ результатъ химической реакции между этими послѣдними и азотистой кислотой по уравненію:



Далѣе извѣстны микробы, которые восстанавливаютъ азотную кислоту до окиси азота (NO); а именно, такой процессъ имѣетъ мѣсто при селитряномъ броженіи мелассы (продуктъ сахарнаго производства, богатый селитрой) подъ вліяніемъ развивающихся въ ней микроорганизмовъ; причемъ изъ бродящей массы выдѣляется окись азота, которая на воздухѣ соединяется съ кислородомъ и даетъ бурые пары азотноватой окиси (NO<sub>2</sub>).

Укажемъ, затѣмъ, на существованіе въ природѣ бактерій, способныхъ восстанавливать селитру въ амміакъ. Такъ, напр., Егуновъ выдѣлилъ палочкообразнаго микроба, который, развиваясь въ питательной средѣ, налитой тонкимъ слоемъ на двѣ колбы, разрушалъ селитру съ образованіемъ амміака; причемъ при болѣе толстомъ слой жидкости, т. е. когда притокъ кислорода воздуха былъ затрудненъ, селитра, подъ вліяніемъ того же организма, восстанавливалась уже до свободного азота.

Замѣтимъ, наконецъ, что восстановленіе селитры въ почвѣ при извѣстныхъ условіяхъ можетъ совершаться и чисто химическимъ путемъ. Изслѣдованія, произведенныя въ Московск. с.-х. Ин-тѣ подъ руководствомъ Коновалова, показали, что нитраты восстанавливаются, хотя и медленно, подъ вліяніемъ гумуса (изъ сахара) и закисныхъ солей желѣза. И такъ, мы видимъ, что въ природѣ имѣется цѣлый рядъ условій, при которыхъ можетъ происходить восстановленіе и разрушеніе селитры.

### Непосредственное выдѣленіе свободного азота при разложеніи органическихъ азотистыхъ веществъ.

Въ цѣломъ рядѣ работъ, начиная съ опытовъ Рейзе (1854—1855)<sup>6</sup> многими авторами было констатировано выдѣленіе свободного азота при разложеніи азотистыхъ органическихъ веществъ. Но большинство относящихся сюда работъ не свободны отъ того или другого возраженія и не рѣшаютъ окончательно съ полною опредѣленностью затронутого вопроса. Зависитъ это или отъ того, что разлагающимся веществомъ въ опытахъ былъ матеріалъ неопредѣленного состава, не лишенный, напр., минерального азота, или отъ того, что при опытахъ не была исключена возможность предварительнаго образованія изъ азота органическаго вещества минерального азота, напр. селитры, и выдѣленія насчетъ послѣдней свободного азота.

Замѣтимъ, что параллельно съ работами, которыя склоняли къ признанію возможности непосредственнаго выдѣленія свободного азота при разложеніи органическихъ азотистыхъ веществъ, за то же время были произведены многіе опыты, приводившіе ихъ авторовъ къ противному выводу.

Впрочемъ, въ настоящее время мы имѣемъ достаточно надежныя данныя, доказывающія возможность непосредственнаго выдѣленія свободного азота при разложеніи органическихъ азотистыхъ веществъ, по крайней мѣрѣ, при *анаэробныхъ* условіяхъ. А именно, Эммерлингъ наблюдалъ выдѣленіе свободного азота при разложеніи клейковины въ анаэробныхъ условіяхъ, имѣя при этомъ дѣло съ чистой бактериальной культурой. Опытъ былъ поставленъ такимъ образомъ: въ колбу, содержащую минеральный безазотистый питательный растворъ, была внесена пшеничная клейковина и послѣ стерилизаціи среды къ послѣдней была прибавлена чистая культура *Proteus vulgaris*; выдѣлявшійся при разложеніи газъ въ среднемъ имѣлъ слѣдующій составъ: 46%  $\text{CO}_2$ , 38%  $\text{H}_2$  и 16%  $\text{N}_2$ . Такимъ образомъ, этотъ опытъ доказываетъ возможность выдѣленія свободного азота изъ органическихъ азотистыхъ веществъ при ихъ разложеніи, не давая повода къ возраженіямъ.

Выдѣленіе свободного азота при разложеніи органическихъ веществъ въ анаэробныхъ условіяхъ было также констатировано и Дегереномъ. Впрочемъ, этотъ изслѣдователь изучалъ разложеніе навоза, который хотя, какъ онъ указывалъ, и не содержалъ селитры, но, какъ извѣстно, весьма богатъ амміачными солями; присутствіе же послѣднихъ не исключало вполне возможности предполагать, именно, въ нихъ источникъ выдѣляющагося при опытахъ свободного азота; положимъ, къ такому допущенію у насъ нѣтъ сколько-нибудь вѣскихъ основаній.

Вотъ результаты одного изъ опытовъ Дегерена:

Количество азота, содержащагося въ навозѣ.	Въ началѣ опыта.	Въ концѣ опыта.	Разница.
Органич. азота . . . . .	0,055 gr.	0,108 gr.	+0,053 gr.
Амміачн. азота . . . . .	0,195 „	0,084 „	—0,111 „
Всего . . . . .	0,250 gr.	0,192 gr.	—0,058 gr.

т. е. во время опыта выдѣлилось азота въ свободномъ состояніи 19,2% отъ первоначальнаго общаго азота.

Приводя въ своей работѣ результаты другихъ опытовъ, гдѣ выдѣленіе свободного азота весьма незначительно, и указывая на аналогичные опыты другихъ изслѣдователей (напр. Шлезинга), въ коихъ выдѣленіе свободного азота совершенно не наблюдалось, Дегеренъ сообщаетъ данныя, позволяющія дать объясненіе такому противорѣчію; а именно, его опыты показали, что, когда безкислородное разложеніе навоза идетъ энергично (при обиліи влаги и высокой щелочности среды), то выдѣляется только  $\text{CO}_2$  и метанъ ( $\text{CH}_4$ ), т. е. мы имѣемъ дѣло съ чистымъ *метановымъ* броженіемъ, и свободный азотъ не выдѣляется; когда же разложеніе совершается *медленно*, то выдѣляющійся газъ содержитъ  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и  $\text{H}_2$  и вмѣстѣ съ тѣмъ выдѣляется свободный азотъ.

Въ заключеніе своей статьи Дегеренъ говоритъ, что потери азота какъ въ свободномъ видѣ, такъ и въ формѣ амміака при разложеніи навоза могутъ быть устранены, если вызвать въ навозѣ энергичное метановое броженіе, при которомъ свободный азотъ не выдѣляется. Вмѣстѣ съ тѣмъ образующаяся при этомъ въ изобиліи  $\text{CO}_2$  будетъ предохранять  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  отъ разложенія и отъ улетучиванія амміака. Для энергичнаго броженія навоза необходимо постоянно поддерживать его щелочнымъ и влажнымъ, т. е. постоянно увлажнять навозной жижей.

Значительно менѣе обоснованнымъ опытнымъ путемъ является вопросъ о возможности непосредственнаго выдѣленія свободного азота при разложеніи органическихъ азотистыхъ веществъ въ *аэробныхъ* условіяхъ при процессѣ тлѣнія. Въ данномъ случаѣ у насъ нѣтъ изслѣдованій, которыя не вызывали бы тѣхъ или другихъ возраженій. Сравнительно наиболѣе доказательными являются данныя Пфейфера. Въ его опытахъ при разложеніи коровьихъ экскрементовъ въ смѣси съ торфяной подстилкой, въ условіяхъ энергичнаго провѣтриванія, въ теченіе 10 мѣсяцевъ было обнаружено весьма значительное выдѣленіе свободного азота (достигшее 42,6%); причемъ въ разлагавшемся веществѣ были находимы лишь слѣды азотной кислоты. Такимъ образомъ, въ этомъ опытѣ не была вполне устранена возможность выдѣленія азота на счетъ селитры; затѣмъ не исключено возможное предположеніе, согласно которому свободный азотъ могъ выдѣляться при участіи микроорганизмовъ изъ амміака, обычно образующагося

въ значительныхъ количествахъ при разложеніи органическихъ азотистыхъ веществъ.

### Круговоротъ азота въ природѣ.

Изъ всего сказаннаго о превращеніи азота изъ одной формы въ другую мы видимъ, что этотъ элементъ находится въ природѣ какъ бы въ постоянномъ круговоротѣ. Мы познакомились съ условіями, при которыхъ свободный азотъ переходитъ въ связанное состояніе, минеральный азотъ—въ азотъ органической, этотъ послѣдній обратно въ минеральную форму, переходя далѣе изъ одного соединенія въ другое; наконецъ, связанный азотъ можетъ обратно перейти въ свободное состояніе. Если изслѣдованія послѣдняго времени и уяснили намъ въ значительной степени сущность всѣхъ этихъ процессовъ, то количественная ихъ сторона и роль каждаго изъ нихъ въ природѣ остаются для насъ далеко не выясненными. Во всякомъ же случаѣ, изъ всего сказаннаго ясно, что какъ общее количество, такъ и формы, въ которыхъ азотъ находится въ той или другой почвѣ, является функцией цѣлаго ряда условій, проявляющихъ свое вліяніе на почву. А поэтому какъ общее количество азота въ почвѣ, такъ и содержаніе его въ той или другой формѣ, должны быть подвержены значительнымъ колебаніямъ въ зависимости отъ измѣняющихся условій, что въ дѣйствительности и наблюдается.

### Поглотительная способность почвы.

На первый взглядъ можетъ показаться страннымъ говорить о поглотительной способности почвы; мы привыкли смотрѣть на почву, какъ на начало созидающее и воспроизводящее. Но почва не поглощаетъ, подобно океану, безвозвратно; скорѣе она лишь сохраняетъ временно и притомъ легко отдаетъ поглощенное, когда растеніе предъявитъ ей свое требованіе черезъ корневую систему. Изучая эту способность почвы, мы увидимъ, что она играетъ крайне важную роль въ почвенныхъ процессахъ и является въ высокой степени благодѣтельной по отношенію къ землевладѣльцу. Сельскій хозяинъ,—или не отдавая себѣ яснаго отчета, если онъ только практикъ, или сознательно, если знакомъ съ почвенными процессами, постоянно считается съ поглотительной способностью почвы. Врядъ ли найдется много вопросовъ въ курсѣ почвовѣдѣнія, о которыхъ можетъ быть рѣчь безъ того, чтобы не упомянуть о поглотительной способности почвы. Не мало также культурныхъ сельскохозяйственныхъ приемовъ связано съ этимъ свойствомъ почвы.

Поглотительная способность почвы состоитъ въ томъ, что почва, приходя въ соприкосновеніе съ веществами, находящимися въ растворѣ, отчасти присоединяетъ ихъ къ твердымъ веществамъ; причемъ изъ почвы взаимно поглощенныхъ веществъ отчасти переходятъ въ растворъ другія вещества. Чтобы яснѣе представить себѣ поглотительную способность почвъ, остановимся на методахъ изслѣдованія, которыми пользуются при изученіи этой способности почвъ.

Для изслѣдованія поглотительной способности почвъ употребляются два метода: методъ процѣживанія и методъ взбалтыванія. Первый состоитъ въ томъ, что черезъ почву процѣживаютъ растворъ тѣхъ, или другихъ веществъ определенной концентраціи и, затѣмъ, анализируя стекающую жидкость, опредѣляютъ количество веществъ, задержанныхъ почвою, а также и количество веществъ, появившихся въ растворѣ.

Методъ взбалтыванія состоитъ въ томъ, что почву взбалтываютъ нѣсколько разъ въ продолженіи сутокъ или долѣе съ растворомъ и даютъ отстояться; затѣмъ часть жидкости отцѣживаютъ и анализи-

руя ее и дѣлая необходимый расчетъ, опредѣляютъ тѣ измѣненія, которыя въ ней произошли отъ соприкосновенія съ почвою, т. е. опредѣляютъ, что и въ какомъ количествѣ перешло въ растворъ. При этомъ методѣ вещества, переходящія въ растворъ, остаются въ соприкосновеніи съ почвою и, слѣдовательно, оказываютъ вліяніе на количество, въ которомъ поглощаются вещества первоначально взятаго раствора. Такъ, напр., при взбалтываніи съ почвою раствора хлористаго калия (KCl), въ растворѣ получается хлористый кальцій ( $\text{CaCl}_2$ ), который въ свою очередь стремится вступить въ составъ почвы и тѣмъ ограничиваетъ поглощеніе почвою калия; потому что, какъ мы ниже увидимъ, почва способна поглощать не только калий, но и кальцій, выдѣляя изъ себя въ свою очередь въ растворъ калий; разница здѣсь только количественная. Но, если, напр., хлористый кальцій помѣръ его образования удаляется изъ сферы дѣйствія на почву, то, очевидно, поглощеніе калия произойдетъ болѣе полное; что и имѣетъ мѣсто при методѣ процѣживанія. Здѣсь вещества, образующіяся при двойномъ разложеніи, удаляются изъ почвы и приливаемый вновь растворъ дѣйствуетъ на почву, не встрѣчая ограничительнаго вліянія вновь образовавшихся веществъ во всемъ ихъ размѣрѣ; а потому въ этомъ случаѣ и будетъ болѣе полное поглощеніе.

Для изученія поглотительной способности почвы пользуются почти исключительно методомъ взбалтыванія. Онъ болѣе простъ въ выполненіи, и его легко провести при строго сравнимыхъ условіяхъ а это, какъ будетъ видно изъ дальнѣйшаго изложенія, необходимо, если имѣется въ виду получить результаты, сравнимые между собою.

Въ настоящее время принято для опредѣленія поглотительной способности почвы придерживаться способа, предложеннаго Кнопомъ, при которомъ опредѣляется эта способность по отношенію къ амміаку. Кнопъ беретъ 50 или 100 гр. просѣянной почвы и взбалтываетъ ее съ 100 или 200 куб. с/м. раствора хлористаго аммонія ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), который въ 208 куб. сант. содержитъ ровно 1 гр. хлористаго аммонія ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). 1 куб. с/м. этой жидкости даетъ при обработкѣ бромноватистымъ натромъ ( $\text{NaBrO}$ ) ровно 1 куб. см. свободнаго азота при  $0^\circ$  и 760 м/м. Поэтому при способѣ Кнопа опредѣленіе можетъ быть сдѣлано быстро, и поглотительная способность почвы выражается въ простой формѣ: въ кубическихъ сантиметрахъ свободнаго азота, поглощеннаго почвою. Такъ, напр., если поглотительная способность почвы по Кнопу выражена цифрою 80, то это значитъ, что 100 гр. почвы поглотили количество амміака, соответствующее 80 куб. см. свободнаго азота.

#### *Сушность процессовъ поглотительной способности.*

Эту сторону вопроса намъ пояснить краткій историческій очеркъ воззрѣній на явленія поглотительной способности почвы, который можно начать съ работъ Уэ (1850 г.). Уэ изслѣдовалъ поглотительную

способность многихъ почвъ относительно растворовъ различныхъ минеральныхъ солей; онъ показалъ, что калий и амміакъ, процѣженные черезъ почву въ видѣ растворовъ ихъ солей, задерживаются почвою въ значительныхъ количествахъ; кислоты же, съ которыми были соединены эти основанія, оказываются въ растворѣ въ первоначальныхъ количествахъ и при томъ соединенными отчасти съ другими основаніями, по преимуществу съ известью. Такимъ образомъ, Уэ показалъ, что въ процессѣ поглощенія мы имѣемъ реакцію взаимнаго обмѣна: одно основаніе входитъ въ составъ почвы, другое на его мѣсто переходитъ изъ почвы въ растворъ.

Далѣе, опыты Уэ показали, что калий и амміакъ поглощаются почвою не только тогда, когда они процѣживаются въ видѣ солей, но и въ видѣ гидратовъ, т. е. свободныхъ щелочей. Кроме того Уэ установилъ, что почва поглощаетъ весьма энергично фосфорную кислоту и сравнительно слабо натрій, магній и кальцій.

На основаніи всѣхъ своихъ работъ Уэ представлялъ поглотительную способность почвы, какъ простую химическую реакцію между почвою и растворомъ и въ связи съ этимъ представленіемъ поставилъ вопросъ: какія составныя части почвы участвуютъ въ этой реакціи? Съ этою цѣлью имъ были поставлены опыты съ цѣлымъ рядомъ искусственно приготовленныхъ соединеній, присутствіе которыхъ въ почвѣ представлялось ему вѣроятнымъ. Оказалось, что водные двойные силикаты (цеолиты) способны обмѣнивать свои основанія, разъ они приходятъ въ соприкосновеніе съ растворомъ солей. Присутствію ихъ въ почвахъ Уэ и приписывалъ поглотительную способность почвъ. Оставалось, впрочемъ, не разъясненнымъ одно противорѣчіе, а именно, что водные двойные силикаты, приготовленные Уэ, не поглощали свободнаго фдкаго кали и амміака изъ ихъ растворовъ; эту же способность для почвъ Уэ самъ показалъ.

Критикомъ и противникомъ взглядовъ Уэ явился Либихъ съ своимъ громаднымъ въ то время авторитетомъ; онъ также предпринялъ обширныя изслѣдованія по этому вопросу. Въ нихъ Либихъ провѣрилъ результаты, полученные Уэ, подтвердилъ ихъ и во многихъ направленіяхъ расширилъ. Особенно подробно онъ разработалъ вопросы по поглощенію фосфорной кислоты и кремнекислаго калия. Но въ объясненіи причинъ этого явленія Либихъ разошелся съ Уэ. Онъ разсматривалъ поглотительную способность почвы, какъ чисто физическое явленіе, сравнивая поглотительную способность почвъ со свойствомъ угля поглощать изъ растворовъ нѣкоторыя вещества, какъ, напр., красящія, дубильныя и другія.

Главныя возраженія, которыя Либихъ приводилъ противъ воззрѣній Уэ, были: во-первыхъ, то обстоятельство, что почва поглощаетъ свободный амміакъ и калий изъ водныхъ растворовъ, водные же силикаты, приготовленные Уэ, въ этомъ случаѣ не поглощали этихъ соединеній; во-вторыхъ, при опытахъ Либиха съ разнооб-

разными почвами оказалось, что взятые имъ растворы калийныхъ солей поглощались почти сполна, такъ что составъ почвы какъ бы не оказывалъ вліянія; что, по мнѣнію Либиха, не должно было-бы быть при разныхъ почвахъ, если поглощеніе зависитъ отъ опредѣленнаго соединенія почвы, какъ смотрѣлъ Уэ, а не есть чисто физическое явленіе.

Если, дѣйствительно, присутствіемъ однихъ водныхъ силикатовъ въ почвѣ нельзя объяснить всѣ случаи поглотительной способности и послѣдующія работы указали и на другія соединенія, которыя участвуютъ въ этомъ процессѣ, то, во всякомъ случаѣ, и возрѣнія Либиха оказались также не вполне правильными. Опыты Адольфа Майера показали, что чистый уголь, вполне свободный отъ минеральныхъ примѣсей, не поглощаетъ ни амміака, ни калия, ни натрія изъ растворовъ ихъ солей въ сколько нибудь значительныхъ количествахъ. Уголь, а также другія вещества въ состояніи мелкаго раздробленія задерживаютъ энергично только соединенія со сложной частицей или заключающія въ себѣ элементы съ высокимъ атомнымъ вѣсомъ, какъ красящія, дубильныя и другія вещества, соли, ртути, свинца и т. п. Слѣдовательно, между поглотительной способностью угля и почвы нельзя проводить полной аналогіи. Что различныя почвы при опытахъ Либиха поглотили одинаковое количество калия, не опровергаетъ возрѣній Уэ, такъ какъ этотъ фактъ можетъ быть объясненъ просто тѣмъ, что количество процѣженнаго черезъ почву раствора было весьма незначительно; а потому во всѣхъ почвахъ, несмотря на ихъ разный составъ, могло оказаться достаточно соединеній, съ которыми растворъ могъ вступить въ реакцію.

Если взгляды Либиха на поглотительную способность почвы, какъ на чисто физическое явленіе, и не могъ быть принятъ, то споръ, имъ поднятый, вызвалъ большое число новыхъ изслѣдованій, которыя дополнили фактической матеріалъ.

Дальнѣйшія работы, главнымъ образомъ, были направлены на выясненіе: какія составныя части почвы участвуютъ въ поглотительной способности. Раутенбергомъ, Эйхгорномъ и Лембергомъ были повторены опыты съ водными двойными силикатами, какъ искусственно приготовленными, такъ и естественными, измельченными въ мелкій порошокъ. Эти опыты подтвердили данныя Уэ относительно этихъ соединеній; они показали, что какъ искусственные, такъ и естественные водные двойные силикаты обладаютъ способностью поглощать основанія изъ солей. Лембергомъ же кромѣ того было выяснено, что если водные силикаты подвергнуть дѣйствию воды, содержащей углекислоту, то они теряютъ часть своего основанія и приобрѣтаютъ способность поглощать свободныя щелочи и амміакъ изъ ихъ растворовъ. Такимъ образомъ, оказалось, что водные двойные силикаты при извѣстныхъ условіяхъ могутъ поглощать не только основанія изъ солей, но и свободныя щелочи, для объясненія поглощенія которыхъ почвою Уэ не могъ указать на какое-либо соединеніе, встрѣчающееся

въ почвѣ. Впрочемъ, для объясненія поглощенія почвою свободныхъ щелочей впоследствии въ ней были указаны и другія соединенія. Такъ, Ванъ-Беммеленъ показалъ, что гидратная кремневая кислота поглощаетъ свободныя щелочи изъ слабыхъ растворовъ, образуя кислыя щелочныя соли, нерастворимыя въ водѣ. Далѣе новыми работами было выяснено также, что значительную роль въ поглощеніи почвою свободныхъ щелочей играютъ гуминовыя кислоты, которыя, какъ полагаютъ, образуютъ двойныя известково-щелочныя соли, нерастворимыя въ водѣ. Здѣсь можно припомнить о наблюденіи Раутенберга, что слабыя растворы щелочей поглощаются гидратомъ окиси желѣза.

Въ настоящее время для объясненія поглотительной способности почвъ допускаютъ явленія трехъ категорій: химическія, физическія и физико-химическія. Впрочемъ, необходимо замѣтить, что этотъ вопросъ и нынѣ далеко еще не можетъ считаться достаточно освѣщеннымъ; напротивъ, многія объясненія основаны на гипотезахъ. Переходъ основаній и кислотъ изъ раствора въ твердую часть почвы, во-первыхъ, можетъ являться результатомъ чисто химическихъ реакцій взаимнаго обмѣна, подчиняющихся стехіометрическимъ законамъ; въ этомъ случаѣ образуется трудно растворимое соединеніе, включающее въ себѣ поглощенный основаніе или кислоту. Такъ, поглощеніе фосфорной кислоты можетъ происходить, какъ результатъ образованія трудно растворимыхъ ея солей съ известью, окисью желѣза и глиноземомъ. Возможно также допускать переходъ основанія (напр. калия) изъ растворимой соли въ трудно растворимый силикатъ. Поглощеніе почвою веществъ этимъ путемъ можно разсматривать какъ поглощеніе въ тѣсномъ смыслѣ этого слова.

Затѣмъ, удержаніе твердыми частицами почвы веществъ, находящихся въ растворѣ, полагаютъ, можетъ происходить чисто физическимъ путемъ въ связи съ поверхностнымъ натяженіемъ, которое имѣетъ мѣсто въ слобѣ раствора, граничащемъ съ твердыми частицами почвы, а именно, въ зависимости отъ вліянія раствореннаго вещества на величину поверхностнаго натяженія. Въ случаѣ растворимого вещества понижаетъ поверхностное натяженіе, концентрація его у поверхности твердаго вещества повышается. Такого рода физическое поглощеніе растворимаго вещества называютъ адсорбціей.

Наконецъ, принимаютъ, что поглощеніе растворимыхъ веществъ твердыми почвенными соединеніями можетъ происходить, какъ результатъ проникновенія растворимаго вещества во всю массу твердаго вещества, представляя собою процессъ сходный съ образованіемъ твердыхъ растворовъ и имѣющій характеръ физико-химическій. Поглощеніе этого рода особенно тѣсно связано съ коллоидальными веществами почвы (какъ, напр., съ перегнойными веществами, кремнеземомъ, глиноземомъ, окисью желѣза) и въ частности имѣетъ мѣсто при выпаденіи коллоидовъ подъ вліяніемъ электроли-

товъ. Затѣмъ, можно полагать, что этотъ процессъ проявляется въ цеолитахъ и въ подобныхъ имъ продуктахъ вывѣтриванія алюмосиликатовъ. Результатомъ этого физико-химическаго процесса образуются своеобразныя сложныя системы твердаго вещества (комплексныя соединенія). Этотъ видъ поглощенія можно называть абсорбціей; хотя и этотъ процессъ поглощенія иногда сводятъ ко второму случаю и также называютъ адсорбціей. Такъ какъ при адсорбціи можетъ происходить поглощеніе изъ раствора отдѣльныхъ іоновъ солей, то результатомъ этого процесса можетъ быть измѣненіе реакціи почвеннаго раствора.

*Степень поглощенія отдѣльныхъ веществъ почвою.*

Что касается энергіи, съ которою отдѣльныя основанія, кислоты и другія вещества поглощаются почвами, то между степенью ихъ поглощенія хотя, съ одной стороны и наблюдается извѣстная постепенность, но, съ другой стороны, оказывается и существенная разница. Такъ нѣкоторыя основанія и кислоты поглощаются почвами въ большихъ количествахъ, другія же—лишь въ слабой степени, а для нѣкоторыхъ изъ нихъ вовсе не наблюдается поглощенія. Первыя основанія и кислоты принято обозначать какъ поглощаемыя почвою, и къ нимъ относятъ изъ основаній аммоній и калий, изъ кислотъ—фосфорную кислоту, кремневую и углекислоту; къ непоглощаемымъ основаніямъ причисляютъ извѣсть, магnezію и натръ, къ непоглощаемымъ кислотамъ—сѣрную, азотную и соляную. При этомъ слѣдуетъ, однако, замѣтить, что для перечисленныхъ основаній различіе ихъ способности быть поглощаемыми почвою не столь рѣзко, какъ для кислотъ; такъ, для трехъ послѣднихъ кислотъ можно принять, не дѣлая существенной ошибки, что онѣ совершенно не поглощаются почвами. Что касается поглощенія почвами основаній, то надо упомянуть, что почвы весьма энергично поглощаютъ еще тяжелые металлы; чѣмъ и объясняется обезвреживаніе почвами ихъ солей (напр. мѣдныхъ) для растений.

Степень поглощенія почвами отдѣльныхъ основаній и кислотъ, очевидно, должны зависѣть отъ состава почвъ; такъ, по имѣющимся даннымъ, черноземы относительно много поглощаютъ амміака, латеритныя почвы особенно сильно—фосфорную кислоту, солонцеватыя почвы—извѣсть; въ частности, можно отмѣтить, хотя и слабое поглощеніе азотной кислоты нѣкоторыми желѣзистыми почвами.

Количества, въ которыхъ почвы поглощаютъ одни и тѣ же основанія и кислоты, зависятъ не только отъ состава почвъ, но и отъ условій, при которыхъ происходитъ поглощеніе.

Такъ, поглощеніе основаній и кислотъ зависитъ отъ состава соли, въ которую они входятъ; поглощеніе для каждаго компонента соли тѣмъ выше, чѣмъ энергичнѣе поглощается другой. Такъ, напр.,

калій изъ фосфорнокислаго калия поглощается въ большемъ количествѣ, чѣмъ изъ хлористаго калия.

Особенно существенно на степень поглощенія вліяетъ концентрація раствора; чѣмъ концентрированнѣе растворъ вещества, тѣмъ больше его абсолютное поглощеніе; относительно же больше поглощается изъ слабаго раствора.

Вліяніе массы вещества можетъ даже замаскировать степень энергіи, съ которою основаніе или кислота поглощаются почвами; такъ, изъ болѣе крѣпкаго раствора хлористаго кальція почвой можетъ быть поглощено больше кальція, чѣмъ калия изъ его слабаго раствора.

Отмѣтимъ здѣсь интересное наблюденіе проф. Сорокина, согласно опытамъ котораго количество амміака, поглощеннаго почвою изъ хлористаго аммонія ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), не возрастаетъ постепенно по мѣрѣ увеличенія концентраціи раствора, а повышается скачками; такъ, бывшія въ опытахъ почвы при измѣненіи концентраціи раствора отъ 5 до 10% поглощали приблизительно одинаковыя количества  $\text{NH}_3$ ; то же самое было при измѣненіи концентраціи отъ 15 до 20%; причемъ, однако, въ первомъ случаѣ почвы поглощали амміака значительно меньшее количество, чѣмъ во второмъ случаѣ.

*Количество раствора*, съ которымъ мы приводимъ почву во взаимодѣйствіе, также вліяетъ на количество поглощаемаго вещества: съ увеличеніемъ количества раствора растетъ и поглощеніе, но не пропорціонально увеличенію количества раствора, а менѣе быстро.

*Время*, въ теченіе котораго растворъ остается въ соприкосновеніи съ почвой, тоже не остается безъ вліянія на количественную сторону поглощенія; но зависимость эта не выражается особенно рѣзко и почти ступенчато при болѣе долгихъ срокахъ.

Чтобы дать представленіе о поглотительной способности съ количественной стороны, можно привести данныя проф. Сорокина, который опредѣлялъ таковую способность для нѣсколькихъ почвъ Казанской губ. по отношенію къ хлористому аммонію, беря на 25 гр. почвы 50 куб. сант. раствора. Въ нижеслѣдующей таблицѣ приводятся среднія данныя, полученныя проф. Сорокинымъ (см. стр. 172).

Для характеристики поглотительной способности почвъ по отношенію къ различнымъ основаніямъ приведемъ данныя изъ опыта Велькера. Черезъ почву процѣживался растворъ  $\text{KCl}$  и  $\text{NaCl}$ ; оказалось, что почва удержала изъ 100 частей  $\text{K}$  и  $\text{Na}$ , бывшихъ въ растворѣ, слѣдующія количества:

	K	Na
Известковая почва . . . . .	3,578	0,800
Глинистая . . . . .	3,970	1,057
Песчаная плодородная . . . . .	2,626	0,620
Почва съ луга . . . . .	3,758	1,000
Желѣзистый песокъ . . . . .	1,475	0,620

Глинистая почва при сравненіи съ песчаной, какъ видно, обла-

	Количество $\text{NH}_3$ въ грамм., поглощенного 100 гр. сухой почвы изъ раствора $\text{NH}_4\text{Cl}$ при концентраціи.	
	5—10%	18—19%
Буро-черн. черноз. на красно-буромъ пермск. суглинкѣ Чистопольск. у. . . . .	0,4006	0,8344
Суглинист. черноземъ на грязно-охристо-сѣромъ суглинкѣ. Цивильск. у. . . . .	0,4071	0,8973
Сѣрая, суглинист. почва на свѣтло-сѣромъ суглинкѣ . . . . .	0,2744	0,5855
Песчан. почва на полевомъ пескѣ. Цивильск. у.	0,0959	0,2212
Свѣтло-сѣрая подзолисто-суглинист. почва на свѣтло-буромъ суглинкѣ. Чебоксарск. у. . . . .	0,0778	0,3494

даетъ большой поглотительной способностью по отношенію, какъ къ калию, такъ и натрію; натръ же вообще поглощался болѣе слабо.

*Значеніе поглотительной способности въ природѣ.*

Какъ на разительный примѣръ вліянія поглотительной способности, можно указать на составъ морской воды. Морская вода оказывается наиболѣе богатой, именно, тѣми основаніями и кислотами, которыя лишь въ слабой степени задерживаются почвами и ихъ грунтами. Такъ, большое содержаніе въ морской водѣ поваренной соли, а также магнія и кальція объясняется легкимъ вымываніемъ этихъ солей изъ почвы и грунтовъ атмосферными водами. Содержаніе другихъ солей, какъ калийныхъ и фосфорнокислыхъ, незначительно.

Съ точки зрѣнія потребностей растительнаго царства поглотительной способности почвъ принадлежитъ существенная роль.

*Во-первыхъ*, благодаря поглотительной способности почвами предохраняются отъ вымыванія и сохраняются въ легко доступномъ для растеній состояніи важныя питательныя вещества, какъ аммоній, калий, фосфорная кислота и др.

*Во-вторыхъ*, поглотительная способность почвы регулируетъ концентрацію почвенныхъ растворовъ. Благодаря поглотительной способности, въ случаѣ почвенный растворъ обогащается солями, напр., вслѣдствіе испаренія воды, то избыточные соли могутъ поглощаться почвой, и растворъ можетъ не достигать вредной для растенія концентраціи.

*Въ третьихъ*, поглотительная способность регулируетъ разнообразіе почвеннаго раствора, такъ какъ благодаря этой способности, почвенный растворъ труднѣе обѣдняется относительно отдѣльныхъ

питательныхъ веществъ; вещество, оказавшееся въ маломъ количествѣ въ почвенномъ растворѣ, вытѣсняется другимъ изъ его нерастворимаго соединенія и становится доступнымъ для растенія; т. е. проявляется дѣйствіе закона массъ.

*Въ четвертыхъ*, вліянію поглотительной способности надо также приписать задерживаніе веществъ въ опредѣленныхъ горизонтахъ.

Въ виду такой крупной роли поглотительной способности почвы съ этимъ ея свойствомъ приходится считаться въ цѣломъ рядѣ культурныхъ приѣмовъ.

Все ученіе объ удобреніи почвъ тѣсно связано съ ученіемъ о поглотительной способности, и все приемы удобрения, выработанные практикой или указанные наукой, находятъ себѣ объясненіе въ поглотительной способности почвы. При внесеніи въ почву какого-либо удобрения сейчасъ же возникаетъ вопросъ — относится ли удобрение къ числу тѣхъ, которыя поглощаются почвой или нѣтъ? Въ послѣднемъ случаѣ нѣтъ необходимости обращать вниманіе на то, какою поглотительною способностью обладаетъ почва, и приемы внесенія удобрения будутъ въ общихъ чертахъ одинаковы на всѣхъ почвахъ; а именно, необходимо удобрение внести, *во-первыхъ*, въ такое время, чтобы атмосферныя воды не успѣли его вымыть изъ почвы до использования растеніемъ, *во-вторыхъ*, въ такомъ количествѣ, чтобы не увеличить концентрацію почвеннаго раствора чрезмѣрно и не оказать тѣмъ вреднаго дѣйствія на растеніе.

Въ правилахъ относительно употребленія чилийской селитры, которая не поглощается почвой, мы видимъ, какъ эти оба условія соблюдаются. Это удобрение обычно вносится въ почву, *во-первыхъ*, въ то время, когда растеніе тотчасъ же можетъ начать имъ пользоваться; *во-вторыхъ*, въ 2 приѣма, а именно: часть селитры вносится передъ самымъ посѣвомъ, а другая часть уже во время роста растенія, когда первая часть удобрения использована.

При примѣненіи удобрений, поглощаемыхъ почвою, принимается во вниманіе степень поглотительной способности почвы. Въ случаѣ она мала, то естественно придерживаться правилъ, указанныхъ для удобрений, которыя не поглощаются почвой. Если же почва обладаетъ большою поглотительною способностью, тогда нѣтъ основаній опасаться какъ вымыванія питательныхъ веществъ, такъ и чрезмѣрнаго повышения концентраціи почвеннаго раствора: благодаря поглотительной способности почва задерживаетъ питательныя вещества и регулируетъ концентрацію. Эти соображенія согласны съ сельско-хозяйственной практикой; на почвахъ *песчаныхъ* съ ихъ обыкновенно слабой поглотительной способностью рекомендуется вносить удобрения въ *небольшихъ* количествахъ, *но чаще*. На *глинистыхъ* почвахъ приемы удобрения могутъ быть иные, — является возможнымъ вносить удобрения въ значительныхъ количествахъ.

Недостаткомъ поглотительной способности можно иногда объяснить „выгораніе посѣвовъ“ на песчаныхъ почвахъ; эти почвы неспо-

собны регулировать концентрацію почвеннаго раствора, и послѣдняя при засухѣ можетъ увеличиваться до концентраціи, вредной для растений.

Объясненіе дѣйствій такъ называемыхъ *косвенно-дѣйствующихъ удобрений* мы ищемъ тоже въ способности водныхъ двойныхъ силикатовъ обмѣнивать свое основаніе съ основаніемъ соли раствора. Такъ, благопріятный результатъ удобрения клевера гипсомъ объясняютъ себѣ тѣмъ, что кальцій гипса вытѣсняетъ изъ силикатовъ другое основаніе, а именно, калий, и дѣлаетъ послѣдній легко доступнымъ для растений.

И при установленіи сѣвооборота не приходится забывать поглотельную способность почвы. Почву, показывающую слабую поглотельную способность, не рекомендуется оставлять не занятой растительностью, такъ какъ послѣдняя предохраняетъ почву отъ вымыванія; поэтому и практика рекомендуетъ на легкихъ почвахъ *занятой паръ*<sup>1)</sup>, иначе почва будетъ сильно выщелачиваться.

При рѣшеніи вопросовъ объ *орошеніи* приходится тоже обращать вниманіе на поглотельную способность почвы. Не вдаваясь въ подробности, укажемъ на примѣръ. Въ случаѣ, когда вода для орошенія содержитъ въ большомъ количествѣ хлористыя или сѣрно-кислыя соли извести, натра или магнезій, мы рискуемъ, при неумѣренномъ орошеніи такой водой обѣднить почву относительно калия, потому что основанія растворимыхъ въ водѣ солей (будетъ ли то известь, натръ или магнезія), дѣйствуя массой, будутъ содѣйствовать вытѣсненію калия изъ его соединеній въ почвѣ, и онъ будетъ вымываться.

#### Почвенный растворъ и его составъ.

Подъ почвеннымъ растворомъ мы понимаемъ капельножидкую воду, находящуюся въ почвенныхъ слояхъ; вода эта содержитъ въ большемъ или меньшемъ количествѣ растворенныя вещества. Знать составъ почвеннаго раствора представляется чрезвычайно важнымъ, такъ какъ, какъ извѣстно, растения берутъ питательныя вещества, главнымъ образомъ, изъ него. Впрочемъ, слѣдуетъ замѣтить, что растения могутъ пользоваться для питанія и веществами, которыя находятся въ почвѣ въ нерастворенномъ состояніи, воздѣйствуя на нихъ своими кислыми выдѣленіями (углекислотой и органич. кислотами). На способность корней выдѣлять кислоты и растворять минеральныя части почвы указываетъ, напр., тотъ фактъ, что синія лакмусовая бумажка въ мѣстахъ соприкосновенія съ корнями растений краснѣетъ, а также и то, что на пластинкахъ мрамора, закопанныхъ въ почву съ растениями, получается отпечатокъ корней этихъ послѣднихъ. Наконецъ, прямыми опытами (П. Коссовичъ) удалось показать,

<sup>1)</sup> На пару высѣвается растеніе, быстро развивающееся и снимаемое въ зеленомъ состояніи.

что растенія могли питаться и развиваться роскошно насчетъ фосфорной кислоты фосфоритовъ въ случаѣ, когда ихъ корни приходили въ непосредственное прикосновеніе съ порошкомъ фосфорита; между тѣмъ фосфорная кислота фосфорита сама по себѣ, помимо участія растений въ почвенный растворъ почти совершенно не переходила, и водная вытяжка изъ фосфоритнаго порошка не могла удовлетворить потребность растений въ фосфорной кислотѣ.

Изученіе почвеннаго раствора представляетъ интересъ, какъ со стороны его концентраціи, такъ и состава. Чѣмъ больше питательныхъ веществъ въ почвенномъ растворѣ, тѣмъ, въ общемъ, въ лучшихъ условіяхъ питанія находятся растенія; конечно, до извѣстнаго предѣла, перейдя который концентрація почвеннаго раствора оказывается вредною для растений. Изъ опытовъ съ водными культурами извѣстно, что наиболѣе благопріятнымъ для растений является растворъ съ содержаніемъ  $2\frac{1}{2}$  гр. питательныхъ веществъ на 1 литръ воды; отсюда, впрочемъ, нельзя непосредственно заключить, что и въ почвахъ такая же концентрація почвеннаго раствора должна быть наиболѣе благопріятною для растений.

Въ настоящее время мы не имѣемъ вполне удовлетворительнаго метода для извлеченія изъ почвы всего (нацѣло) почвеннаго раствора, а поэтому и точный составъ его намъ остается неизвѣстнымъ. Первая попытка въ полученіи почвеннаго раствора принадлежитъ Шлезингу. Онъ изслѣдовалъ составъ почвеннаго раствора въ почвахъ, почти полностью насыщенныхъ водою. Съ этою цѣлью онъ наливалъ понемногу воду на сильно увлажненную почву, помѣщенную въ сосудъ съ отверстіемъ внизу (лизиметръ), и собиралъ порціями стекающую снизу воду. Оказалось, что первыя порціи вытекавшей воды не мѣняли своего состава въ теченіе извѣстнаго времени; что служило автору указаніемъ на то, что приливаемая вода не смѣшивалась съ почвеннымъ растворомъ, а только вытѣсняла этотъ послѣдній и что, слѣдовательно, первыя порціи вытекавшей воды дѣйствительно представляли собою почвенный растворъ. Но, необходимо замѣтить, что данныя, полученныя этимъ путемъ, не позволяютъ намъ судить о составѣ почвеннаго раствора при иной влажности почвы, такъ какъ при измѣненіи послѣдней концентрація почвеннаго раствора не измѣняется соотвѣтственно измѣненію содержанія воды въ почвѣ, а значительно сложнѣе; часть веществъ, находившихся въ растворѣ, можетъ перейти въ нерастворимое состояніе подъ вліяніемъ поглотельной способности почвы. Затѣмъ, полученіе дѣйствительнаго почвеннаго раствора затрудняется тѣмъ обстоятельствомъ, что почвенный растворъ вслѣдствіе поверхностнаго натяженія, которое имѣется въ немъ у поверхности соприкосновенія жидкости съ твердыми частицами почвы, не однороденъ; составъ почвеннаго раствора въ слояхъ соприкосновенія съ частицами почвы долженъ быть нѣсколько инымъ, чѣмъ въ остальной массѣ, которая при вытѣсненіи влаги изъ почвы, повидимому, преимущественно въ первую очередь и вытѣсняется.

Въ настоящее время имѣются попытки для получения почвеннаго раствора пользоваться центробѣжною силою, а также вытѣснять почвенный растворъ особыми жидкостями, болѣе легкими, чѣмъ вода, напр. этиловымъ спиртомъ (Ищерековъ). Но всѣ эти методы нельзя признать еще достаточно разработанными.

Шлезингъ для состава почвеннаго раствора получилъ слѣд. данныя, которыя выражаютъ миллиграммы найденныхъ веществъ въ 1 литръ почв. раствора.

	NH <sub>3</sub>	Органич. вещ.	HNO <sub>3</sub>	Cl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HPO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
Поле, на которомъ въ теченіе 6 лѣтъ росъ табакъ безъ удобренія . . .	—	37,5	305,0	7,4	57,2	0,8	29,1	264,2	13,5	6,9	7,8
То-же поле, удобренное KNO <sub>3</sub> и золой . . . . .	—	89,3	332,4	6,7	74,5	2,8	32,0	227,2	20,2	156,8	14,3
Поле, занятое пшеницей. 21 апр. . . . .	—	64,1	56,8	5,6	49,9	—	26,0	300,3	20,8	2,8	27,0

Изъ данныхъ Шлезинга видно, что въ почвенномъ растворѣ всего больше тѣхъ веществъ, которыя слабо поглощаются почвой (азотная кислота и окись кальція), и меньше всего тѣхъ, которыя наиболѣе сильно поглощаются почвой (амміака, напр. зовсе нѣтъ; фосфорной кислоты—очень мало; мало также окиси калия); что касается незначительнаго содержанія хлора, то его вообще въ культурныхъ почвахъ мало. Очень высокая цифра (156,8) для окиси калия во второй почвѣ должна быть объяснена внесеніемъ въ нее большихъ количествъ калия съ удобреніемъ.

### Составъ грунтовыхъ водъ.

Подъ грунтовой водой понимаютъ такую воду, которая, не задерживаясь въ верхнихъ слояхъ почвы и грунта, проходитъ на нѣкоторую глубину и здѣсь, встрѣтивъ на пути сравнительно трудно провицаемый для воды пластъ (глинистый), скопляется въ большемъ или меньшемъ количествѣ сверхъ влаги, капиллярно удерживаемой почвой.

Грунтовая вода могутъ интересоваться своимъ составомъ, количествомъ и положеніемъ относительно верхнихъ почвенныхъ слоевъ. Здѣсь мы остановимся главнымъ образомъ на ихъ составѣ и отчасти на ихъ количествѣ. По составу грунтовыхъ водъ мы можемъ, во-первыхъ, судить о составѣ почвеннаго раствора, но лишь до извѣстной степени, такъ какъ атмосферныя воды, проходя черезъ почв. слои и образуя грунтовая вода, не всегда могутъ вполне насытиться веществами изъ почвы, а затѣмъ ихъ составъ измѣняется при прохожденіи черезъ подпочвенные слои. Кромѣ того по составу и количеству грунтовыхъ водъ, мы можемъ судить, какія вещества и въ какихъ,

приблизительно, количествахъ вымываются изъ почвы во время просачиванія черезъ нее атмосферныхъ осадковъ.

Для опредѣленія количества и состава грунтовыхъ водъ пользуются различными способами.

Во-первыхъ, пользуются лизиметрами. Для ихъ устройства дѣлается выемка въ почвѣ съ отвѣсными стѣнками и въ ней устанавливаются цементные ящики; обычно имъ даютъ размѣры: 2 квадр. метра въ поперечномъ сѣченіи и 1 метръ глубиной. Дно ихъ дѣлается съ наклономъ къ серединѣ, гдѣ имѣется отверстіе, черезъ которое можетъ стекать избыточная вода; послѣдняя собирается въ сосуды. Ящики наполняются почвой, обычно съ тою же послѣдовательностью слоевъ, какъ и въ естественныхъ условіяхъ. При изученіи грунтовыхъ водъ при помощи лизиметровъ количество атмосферной воды, выпадающей на поверхность лизиметра, опредѣляютъ дождемѣромъ.

Второй способъ состоитъ въ опредѣленіи количества и состава дренажной воды, вытекающей по дренамъ съ дренированнаго поля. Очевидно, что этотъ способъ менѣе точенъ, чѣмъ первый, такъ какъ не вся вода, не задержавшаяся въ почвѣ, попадаетъ въ дрены. Для сужденія же о составѣ грунтовой воды этотъ способъ можетъ давать достаточно надежныя данныя.

Третій способъ состоитъ въ учетѣ количества и въ опредѣленіи состава воды ключей и рѣкъ. Если извѣстна площадь бассейна, питающаго извѣстную рѣчную систему, то по количеству и составу водъ этой системы можно въ извѣстной степени судить и о тѣхъ питательныхъ веществахъ, которыя вымываются изъ почвы и грунтовъ даннаго бассейна. Этотъ способъ еще менѣе совершененъ, такъ какъ онъ не даетъ возможности судить не только о количествѣ грунтовыхъ водъ но даже объ ихъ составѣ, такъ какъ въ рѣчную систему сверхъ грунтовыхъ водъ попадаетъ еще верховая вода.

Имѣющіяся изслѣдованія показываютъ, что количество и составъ дренажныхъ водъ зависятъ:

- 1) отъ количества атмосферныхъ осадковъ. Чѣмъ больше осадковъ, тѣмъ больше количество дренажныхъ водъ и тѣмъ меньше въ нихъ процентное содержаніе растворимыхъ веществъ.
- 2) отъ вліянія другихъ метеорологическихъ факторовъ, а именно: отъ условій испаренія; чѣмъ они благоприятнѣе, тѣмъ меньше дренажныхъ водъ и тѣмъ выше ихъ концентрація;
- 3) отъ состава почвы, который вліяетъ не только на составъ дренажныхъ водъ, но и на ихъ количество, такъ какъ различныя почвы задерживаютъ влагу въ неодинаковыхъ количествахъ;
- 4) отъ обработки, такъ какъ нерезъ разрыхленную почву вода проходитъ быстрѣе, чѣмъ черезъ уплотненную;
- 5) отъ удобренія, которое повышаетъ концентрацію почвеннаго раствора, и
- 6) отъ воздѣлыванія растеній, которыя, какъ извѣстно, расходу-

ють воду въ большихъ количествахъ; а потому почва, занятая растеніями, даетъ меньше дренажныхъ водъ, чѣмъ безъ растительности; а съ уменьшеніемъ дренажныхъ водъ уменьшается и вымываніе изъ почвы веществъ.

*Количество и составъ грунтовыхъ водъ.* Какъ количество, такъ и составъ грунтовыхъ водъ для различныхъ мѣстностей и въ зависимости отъ различныхъ условій крайне разнообразны. Въ дальнѣйшемъ будетъ приведено нѣсколько данныхъ, характеризующихъ въ этомъ отношеніи грунтовая вода.

По наблюденіямъ въ Ротгамстедѣ въ среднемъ за годъ на 100 литровъ атмосферной воды (въ видѣ дождя, снѣга и т. д.) получалось 43,4 литра дренажной, при колебаніи для отдѣльныхъ годовъ отъ 21,7 до 60,5 л.; лѣтомъ въ среднемъ—28,8 л. (колебаніе отъ 7,9 до 47,6 л.); зимою въ среднемъ—61,9 л. (колебаніе отъ 39,8 до 80,1). Въ общихъ чертахъ эти данныя могутъ быть принимаемы во вниманіе для влажныхъ районовъ съ относительно теплыми зимами. Въ сухихъ же областяхъ, какъ, напр., на югѣ Евр. Россіи, грунтовая вода могутъ образоваться только въ пониженныхъ мѣстахъ, куда стекаются воды со стороны; непосредственно же выпадающіе здѣсь атмосферные осадки лишь промачиваютъ поверхностные слои на большую или меньшую глубину; при чемъ вся поступившая въ почву вода испаряется обратно въ атмосферу.

Чтобы хотя бы въ общихъ чертахъ, охарактеризовать составъ грунтовыхъ водъ различныхъ физико-географическихъ районовъ приводимъ на стр. 179 таблицу, въ которой сообщаются данныя для состава грунтовыхъ водъ: а) подзолистой лѣсной сѣверной области (вода изъ колодезя (въ паркѣ ПГР. Лѣсн. Института), б) черноземной степной области (вода изъ лизиметра плотян. оп. станции Подольск. губ.) и с) латеритной субтропической области (ключевая вода изъ Чаквы, близъ Батума).

Въ дополненіе приведемъ еще данныя для состава верхнихъ грунтовыхъ водъ изъ „Каменной степи“ Воронежской губ.

Въ литрѣ содержалось:

Сухого остатка . . . . .	0,4440 гр.
Потеря прокаливанія . . . . .	0,0840 „
Углекислоты (CO <sub>2</sub> ) . . . . .	0,1390 „
Извести (CaO) . . . . .	0,1160 „
Магnezіи (MgO) . . . . .	0,0500 „
Сѣрной кислоты (SO <sub>2</sub> ) . . . . .	0,0135 „
Хлора (Cl) . . . . .	0,0180 „

Изъ приведенныхъ данныхъ видно, что грунтовая вода степной черноземной полосы болѣе другихъ богата вообще минеральными солями. Относительно же грунтовая вода обычно наиболѣе богата известью и часто азотною кислотою; въ частности, для грунтовыхъ

Составъ грунтовыхъ водъ различныхъ физикогеографическихъ районовъ.

(На 1 литр. mgr.)

Проникновеніе воды.	Общій сух. остатокъ.	Потеря прокаливанія.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	NaKO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Изъ колодезя парка Лѣсн. Инст. . . . .	40,0	8,5	5,5	0,6	7,3	3,3	4,4	8,2	—
Дренаж. вода изъ лизиметра съ черноземн. почвой <sup>1)</sup> . . . . .	957,1	156,2	6,9	12,9	306,2	19,2	38,3	12,9	325,0
Ключев. вода Чаквы . . . . .	61,0	9,0	19,0	0,6	11,6	3,2	10,6	0,5	слѣды.

водъ латеритныхъ областей характерно относительное ихъ богатство двуокисью кремнія.

Чтобы дать представленіе о тѣхъ количествахъ азота, которыя въ формѣ азотной кислоты могутъ выноситься изъ почвы, мы ниже приведемъ нѣсколько данныхъ изъ имѣющихся въ этомъ направленіи изслѣдованій.

По даннымъ А. Ключарева, изучавшаго въ лизиметрахъ вымываніе селитры изъ подзолистыхъ почвъ Моск. губ., съ площади въ 1 гектаръ съ 15 мая по 17 октября вымывались слѣдующія количества азота въ формѣ азотной кислоты:

изъ почвы безъ растений . . . . .	43,25 клгр.
„ „ съ викой . . . . .	5,25 „
„ „ съ овсомъ . . . . .	0,23 „
„ „ съ ячменемъ . . . . .	0,27 „

На основаніи этихъ данныхъ можно принять, что при трехпольѣ гектаръ поля теряетъ въ среднемъ за годъ около 15 клгр. азота (на 1 дес. около 1 пуда).

По даннымъ Дегерена поле, незанятое растеніями, въ теченіе 3-хъ лѣтъ теряло за годъ на гектаръ слѣдующія количества азота (въ формѣ азотной кислоты) и хлора:

съ 1879—80 г. . . . .	35,594 клр.	9,163 клгр.
„ 1877—78 г. . . . .	47,887 „	18,1831 „
„ 1878—79 г. . . . .	64,904 „	23,075 „

<sup>1)</sup> Трехлѣтняя люцерна.

<sup>2)</sup> Относительно большое содержаніе сѣрной кислоты должно быть объяснено близостью мѣстности къ большому городу.

Вліяніе времени года, растеній и удобрения на содержаніе азота азотной кислоты въ дренажной водѣ видно изъ слѣдующихъ данныхъ, полученныхъ на Ротгамстедской опытной станціи (среднія данныя за 3 года).

	Содержаніе N въ 1 литрѣ дренаж. воды.				Потеряно азота на гектарѣ за годъ.
	Отъ посева до конца мая.	Съ іюня до жатвы.	Отъ жатвы до осенняго посева.	Отъ осенняго посева до весенняго.	
	млгр.	млгр.	млгр.	млгр.	кгр.
Амміачн. удобрение . . . . .	31,6	11,4	12,7	6,9	55,91
Удобрение амміачное и суперфосфатное . . . . .	25,8	5,8	3,0	7,7	41,23

Приведенныя данныя показываютъ, какія громадныя потери азота могутъ происходить изъ почвы, незанятой растеніями. Сравнивая ихъ со среднимъ урожаемъ пшеницы, которая требуетъ азота 50 кгр., мы видимъ, что эта потеря приблизительно равна количеству азота, потребляемаго однимъ урожаемъ пшеницы.

**Почвенный воздухъ.**

Почвенный воздухъ можетъ насъ интересовать въ двухъ отношеніяхъ—по количеству, въ которомъ онъ содержится въ почвахъ и по своему составу.

Количество воздуха, содержащагося въ почвахъ, должно быть весьма различнымъ въ зависимости какъ отъ свойствъ почвъ, такъ и отъ того состоянія, въ которомъ онѣ находятся въ связи съ ихъ влажностью и съ уплотненіемъ. Опубликованныхъ данныхъ въ этомъ направленіи мы не имѣемъ. Въ послѣднее время А. Дояренко конструировалъ особый аппаратъ для опредѣленія запасовъ воздуха въ почвахъ и произвелъ имъ рядъ изслѣдованій.

Почвенный воздухъ по составу приближается къ атмосферному и отличается отъ него, главнымъ образомъ, по содержанію паровъ воды углекислоты и кислорода.

Имѣющіяся изслѣдованія (А. Лебедевъ) относительно содержанія паровъ воды въ почвенномъ воздухѣ показали, что относительная важность почвеннаго воздуха всегда равно 100; за исключеніемъ лишь самага поверхностнаго слоя почвы, когда онъ сильно пересыхаетъ. Такая высокая относительная влажность почвы весьма существенна для корней высшихъ растеній, для микроорганизмовъ поч-

вы и нѣкоторыхъ животныхъ, населяющихъ почву (какъ, напримѣръ, червей), для которыхъ сухость воздуха вредна.

Что касается содержанія въ почвенномъ воздухѣ углекислоты и кислорода, то до изслѣдованія почвеннаго воздуха полагали, что въ болѣе глубокихъ слояхъ почвы кислородъ отсутствуетъ, и этимъ объясняли восстановительные процессы, наблюдаемые въ этихъ слояхъ почвы. Но анализы почвеннаго воздуха этого не подтверждаютъ.

Первыя изслѣдованія о составѣ почвеннаго воздуха принадлежатъ Буссенго и Леви. Они врывали въ почву трубку, которая оканчивалась расширеніемъ въ видѣ воронки, нижнее отверстіе которой закрыто металлической сѣткой. Воздухъ вытягивался изъ наружнаго конца трубки аспираторомъ и анализировался. Близкими изслѣд. Буссенго и Леви показали, во-первыхъ, что количество углекислоты въ почвенномъ воздухѣ зависитъ отъ количества, заключающагося въ ней *органическаго вещества*. Такая зависимость вполне понятна: чѣмъ больше органическаго вещества, тѣмъ больше матеріала, подвергающагося окисленію, результатомъ котораго является углекислота. Въ среднемъ—количество ея въ почвенномъ воздухѣ оказалось около 0,8% (по объему) в о з д у х а; въ почвѣ свѣжеудобренной, т. е. съ большимъ содержаніемъ органическаго вещества, легко разлагающагося—количество ея поднималось до 2,24%, а въ огородной—до 9,74% (въ атмосферномъ же воздухѣ ея 0,03%).

Послѣ Буссенго и Леви анализомъ почвеннаго воздуха занимался Шлезингъ (сынъ); послѣдній считаетъ методъ, примѣненный Буссенго и Леви, недостаточно точнымъ. Во 1-хъ, эти изслѣдователи при своихъ опредѣленіяхъ брали изъ почвы отъ 5 до 10 литровъ воздуха, а при этомъ условіи трудно допустить, что весь этотъ воздухъ брался именно изъ почвы, что къ нему не примѣшивался атмосферный воздухъ. Во 2-хъ, трубка врывалась въ почву, вслѣдствіе чего окружающая почва разрыхлилась и воздухъ могъ циркулировать въ пространствѣ между стѣнками трубки и окружающей средой. Чтобы избѣжать этихъ недостатковъ, Шлезингъ взялъ толстостѣнную стальную трубку съ узкимъ каналомъ (въ 1—2 м.м. діаметромъ) и на концѣ около отверстія заостренную и просто вбивалъ ее въ почву. Для опредѣленія воздухъ брался въ количествѣ 15 куб. см. и анализировался. Въ общемъ онъ получилъ результаты, согласные съ Буссенго и Леви: количество CO<sub>2</sub> въ различныхъ почвахъ колебалось отъ слѣдовъ до 10,67%.

Раньше предполагали, что въ болѣе глубокихъ слояхъ почвы углекислоты всегда содержится больше, чѣмъ въ вышележащихъ слояхъ. Но опыты Шлезинга показали противоположное. Такъ, при одномъ изслѣдованіи оказалось:

	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
26 іюня на глубинѣ . . . . . 30 mt.	1,15%	20,09
” ” ” ” . . . . . 60 ”	слѣды	20,98

28 августа на глубинѣ . . . 15 "	0,41	20,57
" " " " . . . 35 "	0,72	20,14
" " " " . . . 50 "	1,64	18,36

Такой результат Шлезингъ объяснилъ тѣмъ, что въ вѣтрENNую погоду почвенный воздухъ могъ быть какъ бы вытянутъ изъ почвы и замѣненъ атмосфернымъ, бѣднымъ углекислотой; но что послѣ этого могъ выпасть небольшой дождь при теплои погодѣ, смочившій почву и вызвавшій образование углекислоты въ верхнемъ слое; углекислота же не успѣла еще проникнуть вглубь, почему на нѣкоторой глубинѣ почвенный воздухъ и оказался почти вовсе лишеннымъ углекислоты.

Вліяніе температуры воздуха на количество углекислоты въ почвенномъ воздухѣ видно изъ данныхъ Рислера. А именно, при его опредѣленіяхъ почвенный воздухъ при низкой температурѣ (среднее изъ пяти анализовъ) содержалъ;

на глубинѣ 25 см. содерж. CO <sub>2</sub> . . . . .	0,37%
" " 1 метра " " . . . . .	0,57%

При болѣе же высокой температурѣ:

на глубинѣ 25 см. содерж. CO <sub>2</sub> . . . . .	0,65%
" " 1 метра " " . . . . .	1,74%

Такой результатъ, очевидно, объясняется благоприятнымъ вліяніемъ болѣе высокой температуры на разложеніе органическихъ веществъ.

Растительность, произрастающая на почвѣ, повышаетъ въ послѣдней содержаніе углекислоты, какъ это видно изъ нижеслѣдующихъ данныхъ (Лау'а), съ одной стороны, для песчаной почвы, не получавшей органическихъ удобреній (1) и, съ другой стороны, для той же почвы, удобрявшейся навозомъ (2), (пробы брались съ глубины 13—15 сант.; цифры выражаютъ % по объему).

	Картофель.	Ячмень.	Овесъ.	Картофель.	Лу-пины.	Безъ растений.
1 . . . .	0,330	0,220	0,240	0,420	0,540	0,166
2 . . . .	0,520	0,290	0,274	0,647	0,541	0,180

Въ общемъ, почвенный воздухъ богаче углекислотой, чѣмъ атмосферный; обычно онъ содержитъ нѣсколько десятыхъ процента (по объему) 0,2—0,5% CO<sub>2</sub>, воздухъ же атмосферы около 0,03%. Въ исключительныхъ случаяхъ содержаніе CO<sub>2</sub> въ почвенномъ воздухѣ можетъ достигать 24%, а именно, въ загрязненныхъ городскихъ участкахъ; при такомъ содержаніи въ почв. воздухѣ углекислоты, послѣдняя становится непосредственно вредною для растений.

Содержаніе CO<sub>2</sub> въ почвенномъ воздухѣ торфяниковъ сравнительно очень высоко; такъ, при опредѣленіяхъ Фагелера почвенного воздуха въ теченіе 3-хъ лѣтъ на торфяникѣ подъ лугомъ получились слѣдующія данныя (среднія для года въ % по объему):

	1 годъ.	2 годъ.	3 годъ.
Углекислоты . . . . .	4,07	4,37	2,17
Кислорода . . . . .	14,23	65,47	18,03

Содержаніе кислорода въ почвенномъ воздухѣ въ общихъ чертахъ колеблется обратно количеству углекислоты; но полного соответствія въ замѣнѣ одного газа другимъ не наблюдается. Количество кислорода рѣдко падаетъ настолько, чтобы можно было бы предполагать, что парціальное его давленіе существенно сказывается на ходѣ почвенныхъ процессовъ и на жизни растений, исключая тѣхъ случаевъ, когда общій запасъ воздуха въ почвахъ сильно понижается, какъ это имѣетъ мѣсто въ сильно уплотненныхъ и избыточно увлажненныхъ почвахъ. При этихъ условіяхъ общій запасъ кислорода въ почвахъ сильно опускается, и образуются участки въ почвѣ, лишенные вовсе кислорода. Поэтому, при изслѣдованіяхъ почвенного воздуха часто болѣе существеннымъ представляется опредѣленіе не его состава, а количества, въ которомъ онъ, а слѣдовательно и кислородъ, находится въ почвахъ.

## Химическій и механический составъ почвы.

### I. Химическій составъ почвъ.

Изученіе химическаго состава почвы можетъ преслѣдовать весьма различныя цѣли, и соотвѣтственно этой цѣли должны примѣняться тѣ или иные приемы химическаго анализа почвы; только выяснивъ опредѣленно задачу химическаго анализа почвы, мы можемъ избрать приемъ изслѣдованія.

При изученіи почвы, какъ естественно-историческаго тѣла, химическій анализъ производится съ цѣлью опредѣлить, изъ какихъ элементовъ состоитъ почва, а также — въ какомъ количествѣ и въ видѣ какихъ соединений она ихъ содержитъ. При изслѣдованіи почвы, какъ питательной среды для растений, мы стремимся выяснить, насколько она обезпечена питательными веществами для растений, не находятся ли въ ней какія либо питательныя вещества въ недостаткѣ, и не содержитъ ли она какихъ-либо вредныхъ для растений соединений.

Здѣсь уместно остановить вниманіе на трехъ терминахъ, часто употребляемыхъ при оцѣнкѣ почвы, какъ культурной среды для растений, а именно: на терминахъ „плодородіе почвы“, „богатство почвы“ и „балластъ почвы“. Подъ первымъ терминомъ обычно понимаютъ содержаніе въ почвѣ питательныхъ веществъ, доступныхъ растениямъ въ ближайшее время; иначе говоря, плодородною почвою называютъ такую, которая въ достаткѣ содержитъ всѣ питательныя вещества въ формѣ доступной для растений; подъ терминомъ „богатство почвы“ понимаютъ содержаніе въ почвѣ питательныхъ веществъ, хотя и не находящихся въ доступной для растенія формѣ, но способныхъ болѣе или менѣе легко переходить въ такое состояніе и такимъ образомъ поддерживать плодородіе почвы; наконецъ, подъ „балластомъ почвы“ понимаютъ ту ея часть, которая, не заключая въ себѣ питательныхъ элементовъ въ формѣ непосредственно доступной для растений, измѣняется (вывѣтривается) настолько медленно, что роль ея, какъ источника питательныхъ веществъ для растений, сводится почти къ нулю. Очевидно, что

подобное раздѣленіе составныхъ частей почвы весьма условно и неопредѣленно, но оно представляетъ значительныя удобства въ изложеніи ученія о почвѣ, какъ питательной среды для растений.

При изученіи различныхъ минераловъ, а также органическихъ веществъ, входящихъ въ составъ почвы, мы могли видѣть, что одни и тѣ же питательныя элементы, напр. калий, фосфоръ и т. д. входятъ въ почву въ формѣ весьма различныхъ соединений, которыя весьма неодинаково доступны для растений. Поэтому, при химическомъ анализѣ почвы мы стремимся не только опредѣлить, въ какомъ количествѣ тотъ или иной элементъ содержится въ почвѣ, а также узнать, въ какомъ состояніи онъ тамъ находится.

### Соединенія, въ которыхъ элементы находятся въ почвахъ.

Чтобы яснѣе представить задачи химическаго анализа, а также цѣли отдѣльныхъ приемовъ, которые при немъ примѣняются, полезно сдѣлать краткій предварительный обзоръ, тѣхъ соединений, въ которыхъ находятся въ почвѣ наиболѣе важныя элементы, какъ то: азотъ, фосфоръ, сѣра, калий, натрій, кальцій, магній, желѣзо и глиноземъ.

1) *Азотъ*, какъ извѣстно, находится въ почвѣ, главнымъ образомъ, въ органической формѣ и лишь незначительная его часть (часто слѣды) въ минеральной. Азотъ органическихъ веществъ можно считать непосредственно недоступнымъ для высшихъ растений въ скольконибудь значительныхъ количествахъ; онъ является только источникомъ минеральнаго азота почвы. Послѣдній находится здѣсь, гл. обр., въ формѣ амміачныхъ и азотнокислыхъ солей и въ обѣихъ формахъ, повидимому, одинаково доступенъ растениямъ. Весь азотъ селитры легко извлекается изъ почвы водою, амміакъ же можетъ быть извлеченъ лишь при содѣйствіи кислоты.

2) *Фосфоръ* встрѣчается въ почвѣ въ весьма различныхъ соединенияхъ. Предполагаютъ, что больше всего его находится въ видѣ апатита, а также фосфорно-кислыхъ кальціевыхъ солей, какъ-то:  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{CaHPO}_4$  и  $\text{CaH}_2\text{P}_2\text{O}_8$ ; изъ нихъ первая должна находиться въ сравнительно наибольшихъ количествахъ. Что касается растворимости этихъ солей, то  $\text{CaH}_2\text{P}_2\text{O}_8$  легко растворяется въ водѣ,  $\text{CaHPO}_4$  сравнительно трудно, а  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  можно считать почти нерастворимой въ водѣ. Затѣмъ, фосфорная кислота встрѣчается въ почвахъ въ видѣ фосфорнокислаго желѣза и алюминія ( $\text{FePO}_4$  и  $\text{AlPO}_4$ ); оба эти соединения трудно растворимы въ водѣ. Относительно всѣхъ вышеуказанныхъ среднихъ солей необходимо замѣтить, что растворимость каждой изъ нихъ можетъ быть сама по себѣ довольно рѣзко различна, какъ въ зависимости отъ условій ея происхожденія, такъ и отъ времени образованія.

Фосфоръ, кромѣ минеральныхъ соединений, входитъ, какъ существенная часть, въ составъ органическихъ веществъ, причемъ въ этой

формъ его можно считать совершенно недоступнымъ для растений: послѣднія имъ могутъ воспользоваться только послѣ разложенія органическаго вещества и перехода его въ фосфорнокислыя соли.

Общее содержаніе фосфора въ почвахъ колеблется въ довольно значительныхъ размѣрахъ; такъ, по анализамъ проф. Томса въ почвахъ Остзейскихъ губ. содержаніе  $P_2O_5$  колеблется отъ 0,036% до 0,1404%; по анализамъ Шмидта для почвъ Нижегородск. губ. — отъ 0,040% до 0,257%  $P_2O_5$ .

Въ вопросахъ плодородія почвы форма, въ которой находится фосфоръ въ почвѣ, часто имѣетъ большее значеніе, чѣмъ общее его содержаніе въ почвѣ, такъ какъ отъ формы въ которой онъ находится, зависитъ большая или меньшая доступность его растеніямъ. Напр., нерѣдко встрѣчаются почвы, содержащія одно и то же количество фосфора, между тѣмъ растенія оказываются на нихъ далеко не одинаково обезпеченными этимъ питательнымъ элементомъ. Такъ, Дегеренъ приводитъ примѣръ, что на почвѣ опытнаго поля Гриньона, содержащей фосфорной кислоты 0,127%, удобрение суперфосфатомъ не повышало урожая; между тѣмъ, на другой почвѣ съ тѣмъ же содержаніемъ фосфорной кислоты для растеній не хватало фосфора, и удобрение тѣмъ же суперфосфатомъ сильно повысило урожай. Подзолистыя почвы также могутъ служить хорошимъ примѣромъ только что сказаннаго; онѣ часто содержатъ въ значительномъ количествѣ фосфоръ (болѣе 0,1%  $P_2O_5$ ); между тѣмъ въ нихъ часто не хватаетъ для растеній этого вещества, и фосфорнокислыя удобрения оказываютъ благоприятное вліяніе. Объясняютъ это тѣмъ, что въ нихъ фосфоръ находится въ формѣ фосфорноорганическихъ соединений, недоступной для растеній. Черноземы же при томъ же содержаніи фосфора въ большинствѣ случаевъ обезпечиваютъ растенія этимъ питательнымъ элементомъ.

3) *Сѣра* въ большинствѣ культурныхъ почвъ содержится въ небольшихъ количествахъ; такъ, въ нижегородскихъ почвахъ содержаніе  $SO_3$  колебалось отъ 0,0029 до 0,0435%. Она находится въ почвахъ, во-первыхъ, въ видѣ солей сѣрной кислоты, по преимуществу въ видѣ гипса, относительно легко растворимаго въ водѣ; во-вторыхъ, она входитъ въ составъ органическихъ веществъ, гдѣ она недоступна для растеній и, чтобы быть воспринятой послѣдними, предварительно должна при разложеніи органическихъ веществъ перейти въ сѣрнокислую соль. Въ почвахъ заболоченныхъ, въ коихъ идутъ восстановительные процессы, сѣра можетъ встрѣчаться въ видѣ сѣрнистыхъ металловъ и сѣроводорода — соединений вредныхъ для растеній.

4) *Калій и натрій* встрѣчаются въ весьма различныхъ соединенияхъ, которыя удобно разбить на 3 группы: а) на растворимыя въ водѣ соли, куда относятся хлористый калій (KCl), сѣрнокислый калій ( $K_2SO_4$ ) и др., б) на каліевые водные силикаты (цеолиты), разлагаемые

слабыми кислотами, напр. соляною и азотною, с) на безводные силикаты, разлагаемые только сильными кислотами при кипяченіи, а именно, отчасти концентрированной сѣрной кислотой и вполне — лишь фтористоводородной.

5) *Кальцій и магній* находятся въ почвахъ въ общемъ въ тѣхъ же трехъ группахъ соединений, какъ калій и натрій; но нерѣдко встрѣчаются почвы, въ которыхъ кромѣ того въ значительныхъ количествахъ (до 10% и болѣе) содержится известь въ видѣ углекислой соли (чаще въ нижнихъ слояхъ почвъ); въ нѣкоторыхъ почвахъ встрѣчается и углекислый магній.

6) *Жельзо* кромѣ того, что можетъ встрѣчаться во всѣхъ тѣхъ же группахъ, какъ и другіе металлы, содержится еще въ почвахъ, въ значительныхъ количествахъ, въ видѣ безводной и гидратной оксидей. Въ почвахъ, въ которыхъ идутъ восстановительные процессы, встрѣчается также и закись жельза.

*Алюминій* содержится въ почвахъ въ тѣхъ же группахъ соединений какъ и жельзо; но въ отличіе отъ послѣдняго главнымъ образомъ входитъ въ составъ силикатовъ; въ видѣ гидратовъ оксиди онъ находится въ значительныхъ количествахъ лишь въ почвахъ тропическихъ странъ.

Изъ всего вышеизложеннаго мы видимъ, что отдѣльные элементы почвы находятся въ ней въ весьма различныхъ формахъ, какъ по степени ихъ растворимости въ различныхъ растворителяхъ, такъ и по доступности ихъ для растеній. А поэтому, естественно, что при химическомъ анализѣ почвъ ставятъ цѣлью не только опредѣлить, въ какихъ количествахъ находятся тѣ или другіе элементы, но также и степень ихъ растворимости въ томъ или другомъ растворителѣ.

#### Выборъ мѣста и способы взятія почвеннаго образца для лабораторнаго изслѣдованія.

Прежде чѣмъ приступить къ выемкѣ образцовъ почвы на подлежащей изслѣдованію площади, необходимо выяснитъ себѣ характеръ встрѣчающихся на ней почвъ съ тою цѣлью, чтобы затѣмъ, если бы почвы оказались разнородными, для каждаго достаточно обозначеннаго вида почвы могъ быть взятъ особый почвенный образецъ, по возможности полно и хорошо характеризующій соответствующій видъ почвы.

При этомъ для сужденія объ однородности и отличіи почвъ слѣдуетъ руководствоваться слѣдующими признаками:

а) Топографическими условіями залеганія почвы.

Такъ какъ природа и свойства почвы въ большой степени зависятъ отъ того или иного характера ея залеганія, какъ-то: на плоскомъ бугрѣ, на равнинѣ, на пологомъ или крутомъ склонѣ, въ низинѣ, у подошвы склона, въ котловинѣ и т. д., то ситуационное положеніе

почвъ можетъ служить важнымъ признакомъ для установленія однородности или различія почвъ.

б) Характеромъ растительности. Какъ извѣстно, дикая растительность той или иной мѣстности въ значительной степени группируется и распредѣляется въ зависимости отъ характера мѣстныхъ почвъ; въ свою очередь, растительныя формаци весьма часто обусловливаютъ существенныя свойства занятыхъ ими почвъ. Поэтому указанія дикой растительности необходимо должны играть видную роль при выясненіи разновидностей почвъ, встрѣчающихся въ изучаемой мѣстности. Въ виду этого почвы, находящіяся въ естественномъ состояніи подъ различными угодыями: лѣсомъ, степью, лугомъ и т. д., уже вследствие разницы въ покрывающей ихъ растительности въ большинствѣ случаевъ не окажутся принадлежащими къ одному и тому же виду мѣстныхъ почвъ; конечно, и менѣе рѣзкія различія во флорѣ, какъ напр., тотъ или другой составъ лѣса или травяной растительности, могутъ служить полезнымъ указаніемъ на степень однородности изучаемыхъ почвъ. Въ томъ же случаѣ, когда изучаемая въ почвенномъ отношеніи площадь находится подъ культурными растеніями, урожайность послѣднихъ на различныхъ участкахъ, а также пригодность тѣхъ или иныхъ участковъ для того или другого культурнаго растенія не должны быть оставлены безъ вниманія при установленіи мѣстныхъ почвенныхъ видовъ.

в) Внешними свойствами почвы. Ближайшія же указанія объ однородности и отличіи почвъ изучаемой мѣстности можно получить при помощи почвенныхъ разрѣзовъ, на которыхъ для выясненія характера каждой почвы должны быть изучены и приняты во вниманіе слѣдующія ея *внѣшнія особенности*:

1) *цвѣтъ почвы* (черный, коричневый, буроватый, бѣлесоватый и т. д.);

2) *мощность почвы*, т. е. толщина верхняго окрашеннаго перегноемъ слоя;

3) *расположеніе* отдѣльныхъ почвенныхъ слоевъ въ вертикальномъ направленіи;

4) *структура* почвы, обусловливаемая тою или иною группировкою почвенныхъ частицъ между собою; различаютъ структуры: зернистую, пылеватую, комковатую, орѣховую и т. д.;

5) *механическій составъ*, который опредѣляется содержаніемъ въ почвъ въ большемъ или меньшемъ количествѣ мелкихъ или крупныхъ частицъ: глины, песку, камешковъ и т. д.;

6) *характеръ подпочвы*, которою могутъ быть: глина, суглинокъ, песокъ, лёссъ и т. д. того или иного цвѣта, состава и сложенія.

д) Отношеніемъ почвы къ обработкѣ и удобренію. Отношеніе почвы къ обработкѣ и ея отзывчивость къ различнаго рода удобренію (навозному, азотистому, фосфорнокислому, калийному и т. д.) также могутъ послужить къ выясненію однородности и отличія мѣст-

ныхъ почвъ, почему и эти признаки не должны быть упущены изъ виду въ интересующемъ насъ вопросѣ.

е) Коренными культурными мѣропріятіями, которыми подвергалась почва. Коренныя культурныя мѣропріятія, какъ осушеніе болотистыхъ мѣстъ, раздѣлка участка изъ подъ лѣса или лугового пространства и послѣдующая обработка и т. п., могутъ настолько видоизмѣнять естественныя свойства почвъ, что вліяніе этихъ факторовъ на характеръ изучаемыхъ почвъ также не должно быть оставляемо безъ вниманія при установленіи мѣстныхъ видовъ почвъ.

Послѣ того, какъ, согласно вышеприведеннымъ указаніямъ, на изучаемой въ почвенномъ отношеніи площади установлены достаточно обособленные виды почвъ, а также выяснены приблизительныя границы ихъ залеганія, берутся почвенные образцы для каждаго вида почвы въ наиболѣе для нея *типичномъ* мѣстѣ. Часто случается, что мѣстныя почвы (особенно на пашнѣ) представляютъ постоянные и постепенные переходы (напр. почвы, расположенныя на болѣе или менѣе крутыхъ склонахъ), такъ что трудно бываетъ установить обособленные виды почвъ и, хотя бы приблизительныя, ихъ границы; тогда приходится брать почвенные образцы на томъ мѣстѣ, гдѣ можно предполагать, что почва наиболѣе точно выражаетъ среднія свойства постепенно измѣняющагося почвеннаго образованія; кромѣ того, въ этомъ случаѣ могутъ быть взяты также почвенные образцы въ мѣстахъ съ почвами, наиболѣе отличными по своимъ свойствамъ. Вообще приходится замѣтить, что выборъ мѣста для выемки почвенныхъ образцовъ не можетъ быть точно предуказанъ и въ значительной степени обусловленъ цѣлью почвеннаго изслѣдованія.

Для выемки почвеннаго образца на избранномъ мѣстѣ роется яма, одна стѣнка которой отвѣсна; яма роется такой глубины, чтобы на полученномъ разрѣзѣ можно было различить всѣ почвенные слои, включая и подпочву (материнскую породу). Затѣмъ для каждаго почвеннаго горизонта, а если будетъ признано необходимымъ, то и подгоризонтовъ (напр. пахотнаго слоя) берутся отдѣльные образцы; послѣдніе могутъ соответствовать или всей толщѣ горизонта, особенно если она незначительна, или же образцы могутъ быть взяты изъ середины горизонта; величина образца не должна быть слишкомъ мала; онъ можетъ быть вынутъ въ видѣ прямоугольнаго параллелепипеда, толщина котораго равна 2—3 вершк., ширина—3—4 вершка и длина—4—5 вершк.; вынутый такимъ образомъ образецъ, всѣящій приблизительно отъ 8—10 фунтовъ, по возможности въ естественномъ сложеніи, безъ выбрасыванія чего-либо изъ него (напр. камешковъ, корней и т. п.) просушиваются въ комнатѣ и упаковывается для отправки. Необходимо только замѣтить, что предъ взятіемъ образца верхняго горизонта, если почва покрыта растительностью, съ поверхности предварительно срѣзаютъ тонкій дерновый слой толщиной въ дюймъ и затѣмъ уже берутъ почвенный образецъ; при взятіи образца въ лѣсу, предварительно удаляютъ лѣсную подстилку.

Для отправки просушенный образец вмѣстѣ съ соотвѣтствующимъ ему ярлыкомъ, на которомъ при самомъ взятіи образца написанъ его номеръ, мѣсто, откуда онъ взятъ, и горизонтъ, тщательно завертывается въ бумагу, чтобы предупредить потерю мелкихъ частицъ почвы, и затѣмъ уже упаковывается въ чистый мѣшокъ или въ деревянный или цинковый ящикъ, на которомъ въ свою очередь нацписывается номеръ, соотвѣтствующій образцу.

Въ случаѣ, когда при взятіи почвенныхъ образцовъ есть основаніе опасаться, что образецъ, взятый въ одномъ мѣстѣ, можетъ оказаться случайнымъ (напр., вслѣдствіе нахождения въ данномъ мѣстѣ кротовины, временно бывшей размоины въ пашнѣ, удобрения и т. д.), особенно, если, къ тому же, образцы берутся неопытнымъ лицомъ, можно рекомендовать брать образецъ не съ одного мѣста, а средній. Для этого на избранномъ типичномъ мѣстѣ отмѣчается квадратъ со стороною въ 5 саж., по угламъ котораго и со середины вышеуказаннымъ способомъ берутся почвенные образцы, причемъ каждые 5 образцовъ, соотвѣтствующихъ особому горизонту, тщательно перемѣшиваются между собою, и изъ нихъ уже берется одинъ общій средній образецъ. Однако, и въ этомъ случаѣ для выясненія строенія почвы все-таки желательнo, чтобы кромѣ средняго образца были присланы еще особые образцы, взятые въ одномъ мѣстѣ и возможно хорошо сохранившіе свое строеніе.

Можетъ, наконецъ, встрѣтиться случай, когда изслѣдованіе даже средняго почвеннаго образца, но взятаго на небольшомъ пространствѣ, не будетъ соотвѣтствовать цѣли лабораторнаго изслѣдованія: къ такому случаю можно, напр., отнести учетъ расхода запаса питательныхъ веществъ на данномъ участкѣ. Для разрѣшенія вопроса подобнаго рода приходится брать средній образецъ со всего изслѣдуемаго участка, для чего на участкѣ проводятся линіи вдоль и поперекъ на равныхъ разстояніяхъ (разстояніе опредѣляется цѣлью изслѣдованія и, отчасти, величиною участка) и въ мѣстахъ ихъ пересѣченія берутся отдѣльные почвенные образцы, изъ которыхъ затѣмъ послѣ перемѣшиванія соотвѣтствующихъ слоевъ и берутся средніе образцы для отдѣльныхъ слоевъ.

Относительно образцовъ, взятыхъ въ одномъ мѣстѣ, необходимо составить описаніе согласно слѣдующему „вопросному листку“.

*Вопросный листокъ (общій) къ почвеннымъ образцамъ, взятымъ въ одной и той же выемкѣ, или къ среднимъ образцамъ, характеризующимъ одну опредѣленную почву.*

1) Какими номерами обозначены почвенные образцы каждаго горизонта, относящіеся къ этому вопросному листку?

2) Гдѣ взяты: географическій пунктъ (губернія, уѣздъ, волость, имѣніе, наименованіе мѣста выемки и разстояніе его отъ опредѣленнаго мѣста въ извѣстномъ направленіи)?

3) Каковы ситуационныя условія, въ которыхъ залегаеъ изслѣдуемая почва (равнина, низина, бугоръ, склонъ и т. д., и каково относительное положеніе того мѣста, гдѣ сдѣлана выемка)?

4) Взяты ли прилагаемые образцы въ одномъ мѣстѣ или же они представляютъ средніе образцы? Въ послѣднемъ случаѣ необходимо указать, какъ они составлены; здѣсь же должны быть сдѣланы соотвѣтствующія помѣтки, если были допущены какія-либо отступленія отъ приведенныхъ въ текстѣ указаній для выемки образцовъ?

5) Толщина почвенныхъ горизонтовъ, а если наблюдались подгоризонты, то и ихъ толщина (напр. пахотн. слоя).

6) Если образцы брались не во всю толщѣ горизонтовъ или подгоризонтовъ, то съ какой и до какой глубины они взяты для различныхъ горизонтовъ или подгоризонтовъ (при этомъ должны быть обозначены номера образцовъ и соотвѣтственные горизонты)?

7) Подъ какимъ угломъ находится почва (пашня, лугъ, лѣсъ, и т. д.)?

8) Какая преобладающая растительность?

9) Представляется ли почва на большой площади однородной, судя по растительности, урожайности, дѣйствию удобрений и другимъ признакамъ?

10) Были ли произведены какія либо меліорации на мѣстѣ залеганія изучаемой почвы, когда и какія?

11) Въ томъ случаѣ, когда почвенные образцы взяты на полѣ, то сообщаются отвѣты на нижеслѣдующіе вопросы:

a) Сколько лѣтъ поле находится въ культурѣ? Если оставлено въ залежи, то сколько лѣтъ въ ней уже находится?

b) Въ какомъ сѣвооборотѣ находится изслѣдуемый участокъ и на какомъ полѣ сѣвооборота взятъ почвенный образецъ?

c) Какой обработкѣ поле подвергалось?

d) Удобрялась ли почва, чѣмъ и когда?

e) Не проявляетъ ли почва замѣтной отзывчивости на удобрения? Если проявляетъ, то на какія и подѣ какими растеніями?

f) Какіе средніе урожаи главныхъ сельско-хозяйственныхъ растений получаютъ на данной почвѣ?

12) Всякія другія указанія по усмотрѣнію отсылающаго образцы.

10) Годъ, мѣсяцъ и число, когда взяты образцы.

14) Кѣмъ взяты образцы?

#### Лабораторное химическое изслѣдованіе почвы.

По доставленіи почвеннаго образца въ лабораторію, почва помѣщается не толстымъ слоемъ на листѣ бумаги и доводится до воздушно-сухого состоянія. Затѣмъ, часть почвы (фунта два, три), необходимая для химическаго анализа, измельчается въ широкой фарфоровой ступкѣ при помощи деревяннаго песта и просѣивается черезъ сито (обычно съ отверстіями 1m/m); просѣянная почва служитъ для навѣсокъ при

анализъ (отношеніе прошедшей части почвы къ непрошедшей должно быть установлено).

При химическомъ анализѣ почвы въ ней опредѣляютъ гигроскопическую воду, перегнойныя вещества, потерю отъ прокаливанія, химически связанную воду, азотъ органическихъ веществъ, связанную углекислоту углесолей (карбанатовъ) и содержаніе отдѣльныхъ элементовъ, выражая ихъ въ видѣ окисловъ, какъ то, сѣры, фосфора, кремнія, желѣза, алюминія, марганца, кальція, магнія, калия и натрія, какъ ихъ общаго количества (валовой анализъ), такъ и тѣхъ ихъ количествъ, въ коихъ они переходятъ въ различные растворители; обычно послѣдними являются различныя минеральныя и, отчасти, органическія кислоты, а также вода; для извлеченія кремнезема употребляютъ щелочи. Относительно отдѣльныхъ опредѣленій можно дать слѣдующія поясненія.

**Гигроскопическая вода.** Подъ гигроскопической водой почвы мы понимаемъ ту воду, которую воздушносухая почва теряетъ при ея высушиваніи при 105°.

Опредѣленіе гигроскопической воды даетъ возможность перечислять всѣ данныя анализа на сухую почву; кромѣ того, такъ какъ ея количество, главнымъ образомъ, зависитъ отъ богатства почвы перегноемъ и мелкими частицами, то по содержанію въ почвѣ гигроскопической воды можно отчасти судить о характерѣ почвы.

**Перегнойныя вещества.** Назначеніе перегнойныхъ веществъ въ почвѣ было уже указано; опредѣленіе перегнойныхъ веществъ въ почвѣ производится или окисленіемъ ихъ хромовымъ ангидридомъ или сожиганіемъ ихъ въ струѣ кислорода; выдѣляющаяся въ томъ и другомъ случаѣ  $\text{CO}_2$  улавливается щелочью и взвѣшивается, псмножая вѣсъ углекислоты на принятый коэффициентъ 0,471, получаютъ приблизительное содержаніе въ почвѣ перегнойныхъ веществъ.

„Потеря отъ прокаливанія“ и „химически связанная вода“. При прокаливаніи воздушносухой почвы послѣдняя теряетъ гигроскопическую воду, перегнойныя вещества и химически связанную воду (какъ, напр., воду гидрата окиси желѣза); вычитая изъ „потери отъ прокаливанія“ гигроскопическую воду и перегнойныя вещества, ранѣе опредѣленныя, мы получаемъ химически связанную воду, которая является отчасти показателемъ богатства почвы продуктами химическаго вывѣтриванія.

**Азотъ.** Опредѣленіе азота органическихъ веществъ въ настоящее время ведется по методу Кіельдаля кипяченіемъ почвы съ сѣрною кислотой, причемъ весь азотъ почвы переходитъ въ амміакъ, который, послѣ нейтрализаціи сѣрной кислоты щелочью въ избыткѣ, отгоняется въ децинормальную сѣрную кислоту и опредѣляется титрованіемъ. Опредѣляя органическій азотъ почвы, мы выясняемъ себѣ тотъ запасъ этого элемента, изъ котораго образуется азотъ минеральныхъ соединений, служащій источникомъ питанія для растеній.

**Углекислота.** Опредѣленіе связанной углекислоты въ почвахъ производится съ цѣлью выясненія количества въ почвахъ углесолей (карбанатовъ кальція и магнія), которыя существенно вліяютъ на характеръ почвы, какъ въ химическомъ, такъ и въ физическомъ отношеніяхъ. Опредѣляется  $\text{CO}_2$  вытѣсненіемъ ея изъ углесолей другою кислотой (HCl), улавливаніемъ щелочью и взвѣшиваніемъ.

#### Почвенныя вытяжки.

Опредѣляя содержаніе въ почвѣ того или другого элемента или его окисла, мы часто ставимъ себѣ цѣлью узнать не только его общее количество въ почвѣ, но также и выяснить, сколько его находится въ извѣстной формѣ. Въ виду этого, анализируя почву, въ ней опредѣляютъ или общее количество отдѣльныхъ содержащихся въ ней элементовъ („производятъ валовой анализъ почвы“), или почву обрабатываютъ тѣмъ или инымъ растворителемъ (какъ говорятъ—„дѣлаютъ вытяжку“) и затѣмъ опредѣляютъ, въ какихъ количествахъ тотъ или другой элементъ перешелъ въ данный растворитель.

Для разложенія почвы нацѣло, т. е. при валовомъ анализѣ, почву, тонко истертую, обрабатываютъ или фтористоводородной кислотой при нагрѣваніи, причемъ происходитъ полное разложеніе почвы съ удаленіемъ кремнія въ видѣ фтористаго кремнія (въ этомъ случаѣ послѣдній опредѣляется лишь по разности), или же почву сплавляютъ со смѣсью углекислыхъ щелочей (калія и натрія); въ послѣднемъ случаѣ содержаніе щелочей не можетъ быть опредѣлено. Поэтому часто прибѣгаютъ къ обоимъ способамъ разложенія, опредѣляя одну группу элементовъ при одномъ, другую—при другомъ способѣ.

Съ цѣлью опредѣленія содержанія отдѣльныхъ элементовъ въ связи съ тою формою, въ которой они находятся въ почвѣ, изъ послѣдней, какъ было указано, дѣлаются различныя вытяжки. Съ этою цѣлью почвы обрабатываются минеральными кислотами различной концентрации (перешедшее въ растворъ опредѣляется обычными аналитическими методами). Послѣ обработки почвы кислотой остатокъ, промытый водою, обрабатывается растворомъ щелочи для извлеченія изъ него кремнезема, освободившагося изъ силикатовъ при воздѣйствіи на нихъ кислоты. Минеральныя вещества, перешедшія въ растворъ кислоты, + кремневая кислота, извлеченная щелочью, разсматриваются какъ „сумма веществъ“ данной вытяжки.

Въ настоящее время при химическомъ изслѣдованіи почвъ въ Россіи наиболѣе часто пользуются слѣд. вытяжками.

В о-первыхъ, однопроцентной соляной кислотой (въ теченіе 40 час. на холоду); она разлагаетъ относительно наиболѣе доступныя для растеній вещества; эта вытяжка извлекаетъ изъ почвъ отъ 0,87% до 5,8% минеральныхъ веществъ; извлекаемую часть иногда называютъ „текучимъ питательнымъ матеріаломъ“.

В о-вторыхъ, 10-ти процентной горячей (при 100° С.) соляной

кислотой (въ теченіе 10 час.); она разлагаетъ въ почвѣ кромѣ предыдущихъ веществъ еще водные силикаты (цеолиты); въ нее переходитъ отъ 2% до 30,5%; эту часть почвы называютъ подвижнымъ питательнымъ запасомъ, а также „цеолитною частью“ почвы.

Въ третьихъ, горячей концентрированной сѣрной кислотой (до полного сожженія органическихъ веществъ почвы); эта кислота кромѣ предыдущихъ веществъ, разлагаетъ еще каолинитъ и отчасти двойные безводные силикаты; эта вытяжка извлекаетъ изъ почвъ отъ 2,4% до 43,2%; эту часть почвы можно назвать „основнымъ питательнымъ запасомъ“, а все, что не разлагается сѣрною кислотой— „балластомъ“.

Чтобы дать представленіе объ относительныхъ количествахъ отдѣльныхъ элементовъ, извлекаемыхъ при различныхъ вытяжкахъ приводимъ нижеслѣдующую таблицу:

*Черноземъ Тюкалинс. окр., Тобольск. губ. Ковыльная степь.*

Валовой составъ минеральной части и вещества, извлекаемая при различныхъ вытяжкахъ изъ гориз. А.

	Въ 100 ч. сухой почвы.			Изъ 100 ч. сухой почвы перешло въ растворъ.								
	Минеральн. вещества.	Нераствор. остатокъ.	Перешло въ растворъ.	SiO <sub>2</sub> *)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Сумма.
Валовой составъ . . . . .	89,26	—	—	64,28	0,15	13,61	4,75	1,53	1,78	1,77	1,60	89,31
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	89,26	49,78	39,48	20,50	0,15	10,55	4,49	1,15	1,47	1,03	0,37	39,74
10% HCl . . . . .	89,26	57,82	31,44	16,59	0,13	6,62	4,29	1,06	1,25	1,00	0,25	31,31
1% CH <sub>1</sub> . . . . .	89,26	86,41	2,85	0,83	0,03	1,08	0,92	0,33	0,14	0,08		3,44

Количества веществъ, извлекаемыхъ послѣдовательными вытяжками.

	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Сумма
1% HCl . . . . .	0,827	0,005	0,029	1,081	0,925	0,334	0,141	0,080		3,122
10% HCl . . . . .	15,765	0,108	0,096	9,831	0,134	0,913	0,854	0,168		27,869
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	3,912	—	0,023	3,932	0,196	0,088	0,225	0,036	0,125	8,537
HF . . . . .	43,733	—	—	3,060	0,259	0,383	0,306	0,741	1,231	49,753

1) Извлекаемая щелочью.

Кромѣ вышеуказанныхъ вытяжекъ, для извлеченія изъ почвъ отдѣльныхъ питательныхъ веществъ, пользуются специальными вытяжками съ цѣлью опредѣлять ту часть веществъ, которая находится въ почвѣ въ сравнительно доступной для растеній формѣ. Такъ, для опредѣленія фосфорной кислоты и кали пользуются вытяжками—2% лимонной и 2% уксусной кислотами. Относительныя количества фосфорной кислоты, извлекаемая изъ почвъ различными вытяжками, видны изъ слѣдующей таблицы:

Фосфорная кислота въ %, извлекаемая изъ почвъ различными вытяжками.

	Валовое содержаніе.	Растворимой въ:		
		10% HCl	2% лимонной кислотъ.	2% уксусной кислотъ.
1 Чернозем. Воронеж. губ. . . . .	0,322%	0,207%	0,0215 "	0,0032%
2 Чернозем. Тульской губ. . . . .	—	0,149 "	0,0076 "	0,0005 "
3 Чернозем. Воронеж. губ. . . . .	0,144%	0,085 "	0,0059 "	0,0007 "
4 Темносѣрая почва Рязанск. губ. . . . .	—	0,130 "	0,0338 "	0,0033 "
5 Сѣрая почва Рязанской губ. . . . .	—	0,105 "	0,0235 "	0,0020 "
6 Слабо-подзолистая Смоленск. губ. . . . .	—	0,115 "	0,0297 "	0,0004 "
7 Сильно-подзолистая Смоленск. губ. . . . .	—	0,176 "	0,0645 "	0,0011 "
8 Подзолистая почва Москов. губ. . . . .	0,146%	0,069 "	0,0132 "	0,0002 "
9 Подпочва Сиб. губ. . . . .	—	—	0,0039 "	0,0003 "

Наконецъ, при химическомъ изслѣдованіи почвы дѣлается водная вытяжка; иногда водою, насыщенною углекислотой.

**Механический составъ почвъ.**

Уже при разсматриваніи почвы простымъ глазомъ мы различаемъ въ ней частицы различной величины; то же самое еще лучше можно замѣтить при растираніи почвы между пальцами. Величина почвенныхъ зеренъ или частицъ весьма различна: начиная съ микроскопической (видимой при увеличеніи въ 800—1.000 разъ) и даже мельче и доходя до величины орѣха, кулака и больше. Подъ „зерномъ“ или „частицею“ почвы мы понимаемъ отдѣльности горныхъ породъ минераловъ и другихъ веществъ, составляющія твердую массу почвы. Эти „горныхъ“ „зеренъ“ или „частицъ“ необходимо отличать отъ „комочекъ“, который является сочетаніемъ почвенныхъ частицъ, вслѣдствіе ихъ взаимнаго притяженія или склеиванія между собою какимъ-либо веществомъ. Очевидно, что не всегда возможно съ желательною опредѣленностью провести грань въ почвѣ между частицею и комочкомъ (такъ, напр., въ почвахъ известковыхъ и вообще богатыхъ углекислою известью, въ желѣзистыхъ и т. п.), но въ большинствѣ почвъ обособленіе отдѣльныхъ частицъ можетъ быть сдѣлано съ достаточною опредѣленностью.

Изучение состава почвы по величинѣ почвенныхъ частицъ важно въ томъ отношеніи, что отъ него зависятъ многія весьма важныя свойства почвы:

- 1) отношеніе почвы къ водѣ и теплу,
- 2) проницаемость почвы для воздуха,
- 3) легкость и затруднительность ея обработки и
- 4) структура почвы.

Короче говоря отъ состава почвы по величинѣ почв. частицъ зависятъ вообще всѣ тѣ свойства почвы, которыя называютъ физическими. Впрочемъ, величина почвенныхъ частицъ находится весьма часто въ тѣсной связи и съ химическими свойствами почвы, а именно: 1) съ количествомъ находящихся въ ней питательныхъ веществъ, 2) съ ея поглотительною способностью и 3) съ способностью ея выветриваться.

Все это указываетъ на важность знать величину частицъ, составляющихъ данную почву, и ихъ количественное въ ней отношеніе.

Составъ почвы по величинѣ частицъ, въ нее входящихъ, называется механическимъ составомъ почвы. Приемы, съ помощью которыхъ опредѣляется механический составъ почвы, носятъ названіе механическаго анализа почвы.

Отъ механическаго состава почвы зависитъ, какъ мы говорили, структура почвы (сочетаніе частицъ почвы между собою) и вообще всѣ ея физическія свойства. Но, такъ какъ и перегнойными веществами почвы, и известью, являющимися часто цементомъ, соединяющимъ почвенныя частицы, также въ высокой степени обусловлены и структура и физическія свойства почвы, то нѣкоторые исследователи, производя механический анализъ почвы, предварительно опредѣляютъ въ ней содержаніе извести и гумуса, извлекая известь слабою кислотою, а затѣмъ гумусъ щелочью.

#### Методы механическаго анализа.

Въ настоящее время предложенъ цѣлый рядъ методовъ и аппаратовъ для выполнения механическаго анализа. Мы познакомимся только съ наиболѣе употребительными изъ нихъ, останавливаясь только на ихъ общей характеристикѣ.

Для выдѣленія изъ почвъ крупныхъ почвенныхъ частицъ употребляютъ металлическія сита. Наименьшій діаметръ ситъ, въ настоящее время обычно употребляемыхъ, равенъ 0,25 мм. При промываніи почвы на этомъ наиболѣе мелкомъ ситѣ, почву раздѣляютъ на 2 части: 1) на, такъ называемый, скелетъ почвы, состоящій изъ каменистой и песчаной частей почвы (изъ частицъ съ діаметромъ большимъ 0,25 мм.), и 2) на землистую часть почвы (изъ частицъ съ діаметромъ меньшимъ 0,25 мм.). Каждая изъ этихъ частей подвергается дальнѣйшему подраздѣленію.

Скелетъ почвы раздѣляется ситами на зерна различной вели-

чины, для чего обыкновенно употребляются сита съ круглыми отверстиями. При этомъ раздѣленіи почва чаще не просѣивается черезъ сита, а промывается. Для подраздѣленія землистой части почвы пользуются такъ называемымъ отмучиваніемъ почвы въ водѣ. При выполненіи механическаго анализа почвы послѣднюю раздѣляютъ на рядъ порцій, состоящихъ изъ частицъ различной крупности; эти порціи принято называть „продуктами“ механическаго анализа, которымъ даютъ особыя наименованія. Наиболѣе дробная классификація почвенныхъ частицъ, принятая въ настоящее время, слѣдующая:

Скелетъ почвы	Каменистая часть.	болѣе 10 мм.	камни
		отъ 10—3	хрящъ, гравій
		3—1	крупн. песокъ
Землистая часть.	Песчаная.	1—0,9	средній „
		0,5—0,25	мелкій „
		0,25—0,05 мм.	песчаная пыль
Землистая часть.	Песчано-пы- леватая.	0,05—0,01	крупная „
		0,01—0,005	средняя „
		0,005—0,001	мелкая „
	Илистая.	мельче 0,001	илъ

Впрочемъ, очень часто изъ почвы не выдѣляютъ столь большого числа „продуктовъ“, а довольствуются тремя продуктами, а именно, подраздѣляютъ почву на: песокъ—частицы крупнѣе 0,25 мм., пыль (иначе эту часть называютъ мелкимъ пескомъ)—частицы отъ 0,25—0,01 мм. и глину (въ механическомъ смыслѣ)—частицы мельче 0,01 мм.

Отмучиваніе землистыхъ частицъ почвы въ водѣ основано на законахъ паденія твердыхъ тѣлъ въ жидкой средѣ. Какъ извѣстно, скорость падающаго тѣла въ жидкой средѣ зависитъ 1) отъ вѣса тѣла, 2) отъ наибольшей площади поперечнаго разрѣза перпендикулярнаго къ направленію паденія и 3) отъ величины тренія частицы о воду. Разъ скорость падающаго въ жидкости тѣла возрастаетъ, то сопротивленіе, оказываемое жидкостью, также увеличивается, почему скорость падающаго тѣла въ водѣ стремится стать равномерной. Въ общемъ скорость падающаго въ водѣ тѣла тѣмъ меньше, чѣмъ оно мельче; но, ясно, что это положеніе въ значительной степени условно, такъ какъ, очевидно, что и другія свойства падающаго тѣла вліяютъ на скорость его паденія въ водѣ: такъ, напр., форма, удѣльный вѣсъ и треніе о воду. Вслѣдствіе этого подраздѣленіе почвы на зерна различной величины при отмучиваніи въ водѣ не можетъ быть точнымъ. А поэтому, если обозначаютъ размѣры діаметра продуктовъ механическаго анализа, соответствующихъ той или иной скорости паденія частицъ въ водѣ, то въ этомъ случаѣ имѣютъ въ виду діаметръ частицъ шарообразной формы съ удѣльнымъ вѣсомъ кварца, падающихъ въ водѣ съ тѣми же скоростями.

Въ настоящее время для отмучиванія пользуются 2-мя приемами: 1) способомъ отмучиванія въ стоячей водѣ и 2) способомъ отмучиванія въ текущей водѣ.

При 1-омъ приемѣ почву взмучиваютъ съ водой и, давъ затѣмъ ей то или иное время отстояться, сливаютъ воду съ находящимися въ ней, еще не осѣвшими, частицами. При 2-омъ приемѣ черезъ почву пропускаютъ токъ воды, который и уноситъ болѣе легкія частицы почвы. Само собою понятно, что оставляя взмученную жидкость стоять неодинаково долгое время предъ сливаніемъ, а также измѣняя скорость текущей воды при отмучиваніи, мы можемъ раздѣлять почвенныя частицы на группы съ различной крупностью частицъ.

Для отмучиванія въ водѣ, какъ было сказано, берется только земляная часть почвы. Прежде, чѣмъ приступить къ отмучиванію ее, необходимо разединить почвенныя частицы, собравшіяся въ комочки: для этого прибѣгаютъ или къ кипяченію почвы съ водою, или къ растиранію ее съ водою мягкимъ предметомъ (напр. пальцемъ); иногда пользуются тѣмъ и другимъ способомъ совмѣстно; можно рекомендовать къ разединенію почвенныхъ частицъ прибѣгать повторно по мѣрѣ выдѣленія частицъ.

Въ нижеслѣдующемъ мы укажемъ на нѣсколько методовъ и приборовъ, примѣняемыхъ для механическаго анализа почвы, не вводя въ описаніе частныхъ.

**Методъ Кюна.** Онъ является наиболѣе простымъ изъ употребляющихся въ настоящее время. При немъ пользуются цилиндрическимъ сосудомъ (рис. 1), въ которомъ помощью пробки вставленъ сифонъ на глубинѣ 20 ст. отъ верхней черты (до послѣдней наливается вода при отмучиваніи). Для анализа берутъ 50 гр. почвы, помещаютъ ее послѣ кипяченія въ цилиндръ, доливаютъ воду до верхней черты и взбалтываютъ; послѣ 5-ти минутнаго покоя вода сливается чрезъ сифонъ. Отмучиваніе повторяется до тѣхъ поръ, пока вытекающая изъ цилиндра вода не будетъ почти прозрачной. Часть почвы, остающаяся въ цилиндрѣ, переносится на фильтръ, высушивается, взвѣшивается; получается вѣсъ песчаной части почвы (скелета); разность между вѣсомъ первоначально взятой почвы (50 гр.) и вѣсомъ песчаной части даетъ вѣсъ земляной части почвы. Такимъ образомъ, при этомъ методѣ раздѣляютъ почву только на двѣ части; точность анализа небольшая.

2) **Методъ проф. Шене** состоитъ въ отмучиваніи почвы въ текущей водѣ, приборъ состоитъ изъ длинной конической воронки (рис. 2), верхняя часть которой на протяженіи 10 см. цилиндрическая; нижняя часть воронки переходитъ въ трубку (G), загнутую кверху, по которой притекаетъ вода въ приборъ. Въ верхнее отверстіе воронки вставлена на пробкѣ трубка, два раза изогнутая, снабженная отверстіемъ К на перегибѣ и называемая пьезометромъ. Отмучиваніе въ приборѣ Шене ведется слѣд. образомъ. Прокипяченная почва (25 гр.) помещается въ воронку, а затѣмъ пускается токъ воды той или иной ско-

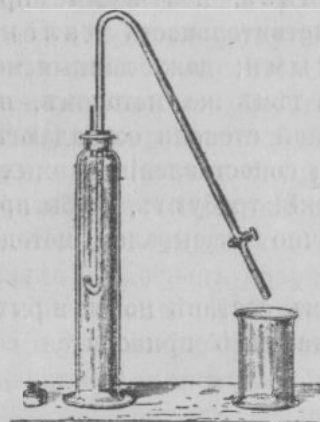


Рис. 1.

рости по трубкѣ G. Вода взмучиваетъ частицы почвы, болѣе легкія несетъ кверху и выноситъ ихъ наружу чрезъ отверстіе К пьезометра. При этомъ въ пьезометрѣ вода поднимается тѣмъ выше, чѣмъ быстрѣе она движется въ приборѣ, и, слѣдовательно, тѣмъ крупнѣе отмучиваются частицы. Поэтому, по высотѣ стоянія воды въ пьезометрѣ, можно судить о величинѣ отмучиваемыхъ частицъ, разъ предварительно были сдѣланы необходимыя измѣренія.

Приборъ Шене является наиболѣе распространеннымъ аппаратомъ среди другихъ приборовъ, предназначенныхъ для отмучиванія почвы. Онъ весьма тщательно изученъ и даетъ вполне надежные результаты; при помощи его почва можетъ быть раздѣлена на рядъ продуктовъ, но только для частицъ крупнѣе 0,01 мм.; частицы же мельче этого диаметра имѣть не могутъ быть подраздѣлены, такъ какъ при слишкомъ медленномъ токъ не происходитъ равномернаго взмучиванія частицъ въ воронкѣ; между тѣмъ частицы менѣе 0,01 мм. по своимъ свойствамъ весьма различны; это и является недостаткомъ способа Шене.

3) **Методъ Осборна** состоитъ въ отмучиваніи почвы въ стоячей водѣ. Особенностью его является сливаніе воды съ взмученными частицами не по заранее установленному времени, а по величинѣ частицъ (зеренъ кварца), контролируемой при помощи измѣренія ихъ подъ микроскопомъ.

**Методъ Фадьева-Вильямса.** Отмучиваніе ведется въ стоячей водѣ въ большихъ стеклянныхъ цилиндрическихъ чашкахъ; навѣска почвы берется около 50 гр. Методъ тщательно разработанъ, даетъ весьма точные результаты. При немъ раздѣляютъ почву на большое число продуктовъ; между прочимъ выдѣляются частицы менѣе 0,001 мм. (илъ). Но для выполненія этотъ методъ требуетъ много времени и большое количество дистиллированной воды, каковую вообще приходится примѣнять при механическомъ анализѣ, чтобы избѣжать свертыванія мелкихъ почвенныхъ частицъ.

5) **Методъ проф. Сабанина.** Отмучиваніе ведется какъ и при предыдущемъ методѣ въ стоячей водѣ, но навѣска почвы для выдѣленія мелкихъ продуктовъ берется небольшая (около 4 гр.), и отмучиваніе ведется въ особомъ приборѣ, упрощающемъ многія манипуляціи: благодаря чему количество потребной дистиллированной воды и время анализа сокращаются. Методъ даетъ возможность выдѣлять частицы менѣе 0,001 мм. Результаты достаточно точны.



Рис. 2.

Результаты механического анализа, получаемые при различных методах, оказываются в действительности далеко не тождественными и мало сравнимыми; даже данные механического анализа, выполненного одним и тем же методом, но различными лицами не всегда в достаточной степени совпадают; с тем необходимо считаться при оценке и сопоставлении данных механического состава почв; тем же соображения требуют, чтобы при сообщении данных механического состава точно указывался метод анализа с необходимыми пояснениями.

Чтобы дать представление о механическом составе почв и рыхлых горных пород, в нижеследующей таблице приводятся соответствующие данные.

Механический состав (по методу Фадьева-Вильямса) почв и горных пород.

	Крупный песокъ.			Мелкий песокъ.			Пыль.			Иль.		
	< 1 мм.	1—0,5 м.м.	0,5—0,25	Сумма.	0,25—0,05	0,05—0,01	Сумма.	0,01—0,005	0,005—0,001	Сумма.	> 0,001 мм.	по разности.
Крупный полевощпатовый песокъ изъ парка Лѣсного Института	8,22	66,71	19,13	94,05	5,37	0,15	6,52	0,06	—	0,06	—	—
Супесь изъ Парголова близъ Петрограда . . .	0,19	0,44	1,57	2,20	70,43	18,53	88,96	7,65	0,42	8,07	0,75	0,77
Лѣсовидный суглинокъ изъ им. „Кроткое“, Тульск. г. . . . .	0,18	0,40	1,08	1,63	5,97	21,98	27,95	34,27	10,26	44,43	23,93	25,39
Моренная глина изъ Парголова близъ Петрограда . . . . .	5,64	4,02	5,15	14,81	10,57	7,51	18,08	25,18	12,55	38,73	28,54	29,38
Лѣсов. суглин. черноземъ Воронеж. г. „Каменная степь“ . . . . .	0,01	0,82	0,83	23,85	23,85	42,38	8,72	51,10	22,35	24,22	—	—
Мелкопесч. суглин. черноземъ Самарск. г. . . . .	—	—	0,35	0,35	21,42	10,69	52,11	32,41	5,03	37,49	7,66	10,20
Подзолистая суглин. почва Вологодской г. . . . .	0,58	2,70	4,22	7,50	55,56	55,56	26,39	3,88	30,27	5,56	6,67	—
Морская кембрийская глина . . . . .	0,13	0,03	0,03	0,19	0,73	8,79	9,52	34,73	12,53	47,26	42,20	43,03
Очень тяж. глина близъ Иматы . . . . .	0,03	0,04	0,04	0,11	0,67	4,01	4,68	8,58	14,52	23,09	69,49	72,12

Характеристика продуктовъ механического анализа.

Продукты механического анализа в зависимости отъ ихъ крупности существенно отличаются по своему составу. Чемъ мельче механические продукты, темъ они сильнее разлагаются кислотами и темъ

богаче основаниями и фосфорной кислотой, какъ по валовому составу, такъ и по количеству этихъ соединений, извлекаемыхъ кислотами (напр., соляной кислотой). Мелкие продукты относительно богаче перегноемъ и азотомъ. Но относительная усвояемость для растений  $K_2O$  и  $P_2O_5$  изъ продуктовъ механического анализа, по опытамъ Рудзинскаго, не оказалась болѣе высокою у болѣе мелкихъ продуктовъ (получился даже обратный результатъ).

Песчаные продукты механического анализа состоятъ преимущественно изъ зеренъ кварца и „безводныхъ“ силикатовъ.

Пылеватая часть представлена темъ же матеріаломъ.

Иль (частицы < 0,001 мм.) представленъ, главнымъ образомъ, продуктами химического выветриванія: водными силикатами, въ томъ числѣ каолинитомъ, цеолитами, гидратами окиси желѣза и глинозема.

Нижеследующія таблицы даютъ представление о характерѣ состава продуктовъ механического состава.

Валовой химический составъ продуктовъ механического анализа южно-русского лѣсса Донской области.

	Въ 100 гр. сухой почвы и продуктовъ.							
	Химич. связан. вода.	$SO_3$	$SiO_2$	$Fe_2O_3$ $Al_2O_3$	$CaO$	$MgO$	$P_2O_5$	$K_2O$ $Na_2O$
Лѣссъ (нерасчлененный) . . . . .	2,5	5,8	61,3	15,9	8,7	1,8	—	—
Песчаная пыль. 0,25—0,05 м/м. . . . .	0,4	2,7	84,3	8,9	3,2	0,6	—	—
Крупная пыль: 0,05—0,01 м/м. . . . .	0,5	2,1	79,7	10,3	3,3	0,6	—	—
Средняя пыль: 0,01—0,005 м/м. . . . .	3,2	5,3	62,2	17,3	7,6	2,0	0,22	5,0
Мелкая пыль: 0,005—0,001 мм. . . . .	7,3	9,5	42,7	24,6	12,7	3,0	—	—
Иль: < 0,001 м/м. . . . .	9,1	11,1	39,0	24,1	14,1	5,1	0,32	6,0

Химический составъ чернозема Воронежской губ. и продуктовъ его механического состава (анализъ г. Дикаго).

Обозначеніе продуктовъ механического анализа.	% содержание механич. продуктовъ.	% отъ данного продукта.							
		Потеря отъ прокалыванія.	Перегной.	Остатокъ отъ концентр. $H_2SO_4$ и щелочи.	Остатокъ отъ 10% $HCl$ вытяжк. и щелоч.	$SiO_2$ , извлекаемая щелоч. чами.	$P_2O_5$	$K_2O$	$Na_2O$
Средній и мелкій песокъ 1—0,25 м/м. . . . .	6,46	0,329	—	94,32	—	(27,58)	Слѣды.	—	—
Крупная песчаная пыль 0,25—0,01 м/м. . . . .	29,98	3,54	2,51	81,68	83,28	6,71	0,026	0,166	0,02
Средняя и мелк. пыль 0,01—0,001 м/м. . . . .	44,36	16,36	10,95	56,44	60,01	11,90	0,104	0,196	0,039
Иль < 0,001 м/м. . . . .	19,86	29,18	19,76	10,34	14,15	23,30	0,332	1,062	0,03
Почва нерасчлененная . . . . .	—	12,92	2,75	57,01	—	14,62	0,127	0,336	0,002

Изъ данныхъ таблицъ видно, что болѣе мелкіе продукты весьма богаты легко разлагаемыми соединеніями; въ частности они почти нацѣло разлагаются 10%-ой соляной кислотой и наиболѣе богаты окисью калия, известью и фосфорной кислотой.

Центральная  
Библиотечка  
Имп. Тул. Сов. Проф. Сем.

## Физическія свойства почвъ.

### Истинный и объемный вѣса почвъ.

При изученіи свойствъ почвъ нерѣдко опредѣляютъ ихъ удѣльные вѣса. Само по себѣ знаніе удѣльныхъ вѣсовъ почвъ имѣетъ малое значеніе, но ими пользуются для опредѣленія порозности почвъ.

Различаютъ: 1) истинный удѣльный вѣсъ почвы и 2) объемный или кажущійся удѣльный вѣсъ.

*Истинный удѣльный вѣсъ* есть средній удѣльный вѣсъ частицъ почвы. Для опредѣленія его пользуются обычными пикнометрами. Для точности опредѣленія необходимо озаботиться удаленіемъ почвеннаго воздуха; для чего почва предъ внесеніемъ въ пикнометръ кипятится съ водой.

Для грубаго опредѣленія истиннаго удѣльнаго вѣса почвы иногда пользуются узкимъ градуированнымъ цилиндромъ; по объему воды, вытѣсняемой опредѣленной навѣской почвы, судятъ объ объемѣ послѣдней; и, зная вѣсъ почвы, вычисляютъ ея истинный удѣльный вѣсъ.

Истинный удѣльный вѣсъ почвъ приближается къ 2,5, понижаясь при богатствѣ почвъ перегнойными веществами, удѣльный вѣсъ которыхъ, по сравненію съ почвенными минералами, почти въ два раза меньше, какъ это видно изъ нижеслѣдующей таблицы:

Истинные удѣльные вѣса почвъ и ихъ составныхъ частей.

Суглин. черноземъ Екатер. г. . . . .	2,60	Кварцъ . . . . .	2,65
Лессов. черноземъ Полтав. г. . . . .	2,57	Ортоклазы . . . . .	2,54—2,57
Глинист. черноз. Тульск. г. {	слой 12—25 сант. . . . .	Плагиоклазы . . . . .	2,65—2,75
	„ 37—50 „ . . . . .	Каолиниты . . . . .	2,60—2,63
	„ 62—75 „ . . . . .	Мусковиты . . . . .	2,76—3,00
	„ 88—100 „ . . . . .	Біотиты . . . . .	2,70—3,10
Лессов. черноземъ Орл. г. . . . .	2,46	Рог. обманки . . . . .	2,90—3,40
Тяж. сл. подзол. суглин. почва Твер. г. . . . .	2,48	Лимониты . . . . .	3,5—3,95
Подзолист. супесч. почва Твер. г. . . . .	2,50	Турбиты . . . . .	3,54—3,74
Тяж. иловато-суглин. почва Твер. г. . . . .	2,41	Перегной . . . . .	1,25—1,40

Объемный или кажущийся удельный вѣсъ почвы есть вѣсъ опредѣленнаго объема сухой почвы, отнесенный къ вѣсу одинаковаго объема воды при 0°. Опредѣленіе его настолько просто, что не требуетъ поясненія. Надо только замѣтить, что при сообщеніи данныхъ для объемнаго удѣльнаго вѣса почвъ необходимо указывать, бралась ли почва въ естественномъ сложеніи, или же съ нарушеніемъ послѣдняго; въ этомъ случаѣ должны быть указаны условія, при которыхъ сдѣлано опредѣленіе. Очевидно, что сложеніе почвы существенно вліяетъ на общій объемъ ея поръ, а въ связи съ этимъ и на объемный удѣльный вѣсъ почвы. Послѣдній, затѣмъ, долженъ находиться въ зависимости отъ величины почвенныхъ частицъ, котрая также сказывается на общемъ объемѣ поръ; обычно, чѣмъ частицы почвы мельче, тѣмъ общій объемъ ея поръ больше. Наконецъ, объемный удѣльный вѣсъ почвы зависитъ отъ истиннаго удѣльнаго вѣса почвенныхъ частицъ; въ этомъ отношеніи наиболѣе существенное вліяніе могутъ оказывать перегнойныя вещества, истинный удѣльный вѣсъ которыхъ почти вдвое ниже, чѣмъ у минеральныхъ частицъ.

Соотвѣтствующее вліяніе отмѣченныхъ моментовъ видно изъ нижеслѣдующихъ данныхъ таблицы:

Объемный удѣльный вѣсъ и порозность почвъ.

	Объемный уд. вѣсъ.	Порозность (объемный % поръ).	
Суглинистый черноземъ Екатерины г. (въ естест. сложеніи).	съ глубины		
	0 — 10 ст.	1,10	58,0
	10 — 25 „	1,20	54,0
	25 — 50 „	1,30	50,0
	50 — 75 „	1,35	49,0
	75 — 100 „	1,40	47,0
Свѣтло-сѣрый суглинокъ . . . . .	1,36	47,9	
Глинистый песокъ . . . . .	1,64	33,0	
Кварцевый . . . . .	1,75	33,0	

Порозность почвы.

Подъ порозностью почвы понимаютъ общій объемъ промежутковъ между частицами почвы. Порозность почвы можетъ быть вычислена изъ истиннаго и объемнаго вѣсовъ почвы. Если мы обозначимъ объемный удѣльный вѣсъ чрезъ  $g$ , а истинный чрезъ  $g_1$ , то объемъ частицъ почвы  $S$  будетъ равенъ  $\frac{g_1}{g}$ . Вычитая величину  $S$  изъ единицы объема почвы, мы получаемъ объемъ промежутковъ между частицами.

Въ общемъ наблюдается, что порозность почвы тѣмъ больше, чѣмъ мельче ея частицы. Такъ, при разсортированіи песка на 4 части по степени крупности зерна порозность полученныхъ песковъ была такова:

Для наиболѣе крупнаго . . . . .	40%
„ второго по крупности . . . . .	42,3%
„ третьяго по крупности . . . . .	45,2%
„ наиболѣе мелкаго . . . . .	46,9%

Очевидно, что на величину порозности должно существенно вліять сложеніе почвы.

Порозность почвы имѣетъ важное значеніе въ физическихъ свойствахъ почвы. Отъ нея зависитъ большая или меньшая способность почвы провѣтриваться, а также и проницаемость почвы для воды. На первый взглядъ можетъ показаться, что почвы съ большей порозностью будутъ легче провѣтриваться и окажутся болѣе проницаемыми для воды; на самомъ же дѣлѣ чаще бываетъ наоборотъ. Обычно почвы съ большой порозностью оказываются мелкозернистыми, и поэтому у нихъ промежутки между частицами узкіе. Слѣдовательно, воздухъ и вода при проникновеніи въ такія почвы должны испытывать болѣе сильное треніе о частицы, чѣмъ въ крупнозернистыхъ почвахъ. Другой результатъ долженъ быть, когда большая порозность почвы опредѣляется ея строеніемъ; въ этомъ случаѣ и въ мелкозернистой почвѣ могутъ создаваться крупныя промежутки, по которымъ въ почву легко проникаютъ и воздухъ, и вода.

Измѣненіе объема почвы въ зависимости отъ состоянія ея влажности и температуры.

Почва, какъ извѣстно, при измѣненіи своей влажности мѣняется въ объемѣ. Во влажной почвѣ частицы оказываются какъ бы раздвинутыми прослойками воды, поэтому при высыханіи онѣ сближаются. Ясно, что чѣмъ болѣе мелкозерниста почва, тѣмъ болѣе прослоекъ изъ воды приходится на тотъ же объемъ почвы, слѣдовательно, чѣмъ мелкозернистѣе почвы, тѣмъ сильнѣе онѣ должны измѣнять свой объемъ при увлажненіи и высыханіи. Поэтому, особенно сильно измѣняются въ объемѣ почвы, богатая илистыми частицами (глинистыя почвы), а затѣмъ почвы, богатая гумусомъ, такъ какъ частицы послѣдняго сами способны впитывать воду и разбухать.

Степень измѣненія объема почвы опредѣляется измѣреніемъ сырого и просохаго цилиндра, сдѣланнаго изъ почвы. Богатая гумусомъ, а также глинистыя почвы при высыханіи сокращаются очень сильно; такъ торфъ со 100 с/м. сокращается до 76,6; глинистая почва со 100 до 77,9 куб. с/м.

Сокращеніемъ объема почвы при высыханіи объясняется происхожденіе трещинъ въ почвѣ, вредно вліяющихъ на растительность, вслѣдствіе обрыванія и обнаженія корневой системы растений. Но, съ другой стороны, образованіе трещинъ въ почвѣ можно разсматривать и какъ благопріятный моментъ: благодаря трещинамъ вода легко поступаетъ въ мелкозернистую пересохшую почву; затѣмъ растрески-

ваніе почвы можетъ содѣйствовать образованію въ ней комковатой структуры.

Измѣненіе объема почвы подѣ вліяніемъ температуры наиболѣе рѣзко проявляется при замерзаніи почвы, когда ея влага переходитъ въ ледъ; въ этомъ случаѣ объемъ почвы увеличивается. При дальнѣйшемъ охлажденіи почвы объемъ ея уменьшается, и въ почвахъ могутъ происходить трещины. Выпирание изъ почвы растений и другихъ предметовъ объясняется не только увеличеніемъ объема почвы при ея замерзаніи, но и образованіемъ ледяныхъ кристалловъ подѣ поверхностью почвы, которая при этомъ приподнимается; кристаллы нарастаютъ на счетъ воды, поднимающейся изъ ниже лежащихъ слоевъ.

### Связность почвы.

Подѣ связностью почвы понимаютъ силу, съ которой ея частицы удерживаются въ извѣстномъ взаимномъ положеніи. Крайними выразителями этого свойства почвъ являются песокъ и глина; первый лишенъ связности, у второй въ сухомъ состояніи она максимальная.

Связность почвы имѣетъ большое значеніе въ оцѣнкѣ почвы, какъ культурной среды; ею обуславливается большая и меньшая легкость обработки почвы; отъ связности зависятъ и многія другія физическія свойства почвы, опредѣляющія ея цѣнности для культуры.

Связность почвы можно, конечно, опредѣлять и во влажномъ, и въ сухомъ состояніяхъ, но обыкновенно ее опредѣляютъ въ воздушносухомъ состояніи въ виду однородности и удобства опредѣленія. Съ этою цѣлью изъ влажной почвы готовятъ призмочку (кирпичикъ) и высушиваютъ ее. Затѣмъ, опредѣляютъ ту силу (тотъ вѣсъ), которая необходима для разламыванія или раздавливанія кирпичика.

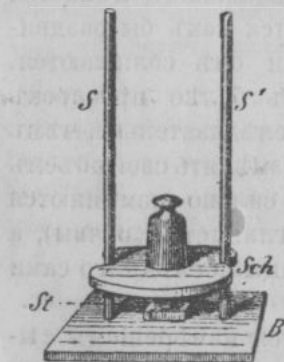


Рис. 3.

Одинъ изъ наиболѣе простыхъ приборовъ для опредѣленія связности почвъ имѣетъ видъ, изображаемый на рис. 3. При опредѣленіи на доску со штифтомъ, упирающимся въ кирпичикъ, накладываютъ грузъ до тѣхъ поръ, пока кирпичикъ не раздавится. Вѣсомъ послѣдняго груза и опредѣляется связность почвы. Необходимо, конечно, брать кирпичикъ опредѣленныхъ размѣровъ, а также и штифтъ опредѣленной формы.

Получающіяся данныя имѣютъ лишь сравнительное значеніе, и притомъ они далеко не освѣщаютъ связности почвы въ естественныхъ условіяхъ, такъ какъ почва по своей связности не представляется одно-

роднымъ тѣломъ; она распадается на отдѣльности, связность между которыми и въ нихъ самихъ далеко не одинакова.

Связность почвъ обуславливается присутствіемъ въ нихъ мельчайшихъ (илистыхъ) частицъ и коллоидальныхъ веществъ (напр. перегнойныхъ); въ частности на связность почвы существенную роль оказываютъ минеральныя соли, находящіяся въ почвенномъ растворѣ, въ связи съ ихъ вліяніемъ на коллоидальныя вещества. Соли, содѣйствующія сохраненію веществъ въ коллоидальномъ состояніи (какъ напр.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), повышаютъ связность почвъ; соли, дѣйствующія обратно, понижаютъ таковую. Въ связи съ вліяніемъ высушиванія и замораживанія на коллоидальныя вещества, оба эти фактора понижаютъ связность почвъ.

Чтобы дать нѣкоторое представленіе о сравнительной связности почвъ, приводимъ нижеслѣдующую таблицу; въ ней даются вѣса въ килограммахъ, потребовавшіеся для раздавливанія почвенныхъ призмочекъ въ приборѣ Фадѣева (по опредѣленію Н. Тулайкова); данныя вычислены на 1 кв. сант. поперечнаго разрѣза призмочки:

	Давленіе въ килограмм.
Тяжелая иловатая почва . . . . .	27,5
Тяжелая слабоподз. суглин. почва . . . . .	12,2
Слабо подзолист. суглин. „ . . . . .	9,6
Легкая подзолист. суглин. „ . . . . .	3,3
Глинистая песчаная „ . . . . .	1,9
Зернисто-песчаная „ . . . . .	0,9

### Структура почвы.

Структура почвы находится въ тѣсной связи съ ея связностью; благодаря послѣдней частицы почвы удерживаются въ ней въ той или иной связи и въ томъ или иномъ соотношеніи между собою. Въ почвахъ связь между частицами можетъ почти отсутствовать, и тогда мы имѣемъ дѣло съ несвязными, рассыпчатыми почвами, какъ это имѣетъ мѣсто для многихъ песчаныхъ почвъ; съ другой стороны, въ зависимости отъ степени связности между почвенными частицами мы наблюдаемъ почвы различной связности, плотности (суглинистыя, глинистыя почвы). Въ случаѣ однороднаго расположенія и такового же соотношенія частицъ въ почвѣ въ послѣдней не наблюдается какой либо особой структуры, и въ этомъ случаѣ говорятъ, что почва безструктурна. Но въ большинствѣ случаевъ въ почвахъ можетъ быть обнаружена та или другая структура, весьма разнообразная.

Почва можетъ распадаться на комки или „отдѣльности“ той или иной крупности и той или другой формы. Величина отдѣльности можетъ приближаться къ размѣрамъ зеренъ крупы, лѣсного орѣха и къ комьямъ различной величины; въ связи съ чѣмъ отличаютъ крупчатую, орѣховатую, мелко-средне- и крупно-комкова-

тую структуру. Комки могут имѣть ту или иную форму—кубическую, пластинчатую, столбчатовидную съ округленными или же съ рѣзко выраженными ребрами. Въ соотвѣтствіи говорятъ о пластинчатой, слоеватой, столбчатой структурахъ почвы.

Кромѣ того, что почва можетъ распадаться на отдѣльности, вся ея масса можетъ быть пронизана въ большей или меньшей степени различнаго размѣра канальцами, порами, и тогда почва получаетъ пористое строеніе. Наконецъ, особое строеніе почвы можетъ обусловливаться скопленіемъ и выдѣленіемъ тѣхъ или другихъ веществъ (углекислой извести, окиси желѣза, перегноя) въ отдѣльныхъ участкахъ, по различнаго рода трещинамъ, пустотамъ и т. д.

Та или иная структура почвы создается подъ вліяніемъ растрескиванія почвенной массы въ связи съ процессами вывѣтриванія, выщелачиванія и отложенія въ ней веществъ, а также при участіи животныхъ и растений; а въ почвахъ, находящихся подъ культурою, и подъ воздѣйствіемъ различнаго рода приѣмовъ обработки.

Говоря о структурѣ почвы различаютъ прочную и непрочную структуру въ зависимости отъ того, насколько она является устойчивою по отношенію къ факторамъ, дѣйствующимъ на нее разрушающе, напр. къ дождю; послѣдній можетъ разрушать структуру какъ механически, такъ и вымывая изъ почвы соли, вліяющія свертывающимъ образомъ на мелкія частицы и коллоидальныя вещества.

#### Прилипаніе почвы къ постороннимъ предметамъ.

Изученіе этого свойства почвы представляетъ интересъ въ виду того, что отъ прилипанія почвы къ постороннимъ предметамъ зависитъ трудность обработки почвы. Очевидно, что чѣмъ сильнѣе почва прилипаетъ къ земледѣльческому орудію, тѣмъ большая сила нужна для ея обработки.

Сила прилипанія зависитъ: 1) отъ свойствъ почвы, напр., глинистая почва прилипаетъ сильнѣе, чѣмъ песчаная; 2) отъ состоянія влажности почвы; 3) отъ матеріала, къ которому прилипаніе имѣетъ мѣсто и 4) отъ силы, съ которой придавливается почва къ предмету.

Для опредѣленія силы прилипанія почвы можно пользоваться обыкновенными вѣсами съ коромысломъ. Одна чашка вѣсовъ замѣняется опредѣленнаго размѣра пластинкой изъ матеріала, прилипаніе котораго изучается, и придавливается къ почвѣ опредѣленнымъ грузомъ въ теченіе опредѣленнаго промежутка времени. Послѣ снятія груза на другую чашку кладутъ разновѣски до тѣхъ поръ, пока пластинка не оторвется отъ почвы; послѣдній грузъ, бывший на чашкѣ вѣсовъ, и выражаетъ силу прилипанія. При испытаніи прилипанія, очевидно, можно брать почвы при различныхъ степеняхъ влажности

Слѣдующая таблица даетъ нѣсколько цифръ, полученныхъ Шюблеромъ только что сказаннымъ способомъ; такъ, чтобы оторвать отъ

влажной почвы пластинку въ 1 кв. парижскій футъ, потребовались слѣдующія нагрузки:

	Желѣзо.	Дерево.
при песокъ . . . . .	3,8 фун.	4,3 фун.
„ перегноѣ . . . . .	8,8 „	9,4 „
„ тощей глины . . . . .	10,6 „	11,4 „
„ жирной „ . . . . .	27,0 „	29,2 „
„ почвѣ . . . . .	5,8 „	6,4 „

Изъ этихъ данныхъ слѣдуетъ, что почвы вообще сильнѣе прилипаютъ къ дереву, чѣмъ къ желѣзу; но, по изслѣдованіямъ Шахбазіана надъ прилипаніемъ почвъ къ различнымъ предметамъ, такой выводъ оказался не вполне правильнымъ. Этотъ изслѣдователь на основаніи своихъ опытовъ пришелъ къ слѣдующимъ главнымъ выводамъ.

- 1) Прилипаніе почвы къ дереву у глинистыхъ почвъ больше, чѣмъ къ стали; у кварцевыхъ же почвъ и торфа, наоборотъ, ниже.
- 2) Вліяніе влажности различныхъ почвъ на ихъ прилипаніе къ дереву и стали выражается такъ: у песчаныхъ почвъ наибольшее прилипаніе при наибольшей влажности; то же и у торфа; наибольшее же прилипаніе у глинистыхъ почвъ оказывается при влажности равной 80% отъ ихъ наибольшей влагоемкости.
- 3) Бѣдая известь не понижаетъ прилипанія глинистыхъ почвъ; щелочи же, повидимому, повышаютъ.

#### Цвѣтъ почвы.

Такъ какъ цвѣтъ почвы въ значительной степени обуславливаетъ нѣкоторыя ея тепловыя свойства, то, прежде чѣмъ перейти къ изложенію тепловыхъ свойствъ почвы, естественно остановиться на окраскѣ почвъ. Замѣтимъ, что изученіе цвѣта почвъ представляетъ еще и другой интересъ, а именно, окраска почвъ является часто внѣшнимъ признакомъ, по которому мы можемъ судить о составѣ, происхожденіи и свойствахъ почвъ.

Цвѣтъ почвъ весьма различенъ. Во первыхъ, мы встрѣчаемъ почвы свѣтло-сѣрыя, сѣрыя и почти черныя, съ меньшимъ или большимъ оттѣнкомъ въ бурый и желтый цвѣта; съ другой стороны, основнымъ цвѣтомъ у почвъ можетъ быть палевый или кирпично-красный цвѣтъ съ болѣе или менѣе сильно выраженнымъ сѣроватымъ оттѣнкомъ.

Главныя составныя части почвы, какъ зерна кварца, извести, полевыхъ шпатовъ, каолинита, цеолитовъ и др., — безцвѣтны; въ массѣ же, благодаря преломленію свѣта въ мелкихъ зернахъ, онѣ производятъ на глазъ впечатлѣніе бѣлаго цвѣта. Впрочемъ, зерна нѣкоторыхъ минераловъ, входящихъ въ основную массу

почвы, имѣютъ окраску и другихъ цвѣтовъ: отмѣтимъ мясо-красные ортоклазы, черные кристаллы роговой обманки, авгита, біотита и т. д., но обыкновенно эти минералы не входятъ въ почвы въ столь значительныхъ количествахъ, чтобы вліять на ихъ цвѣтъ; къ тому же обломки минераловъ часто покрыты въ почвахъ бѣлесоватымъ слоемъ продуктовъ выѣтриванія. Наичаще встрѣчающіеся цвѣта почвъ, варьирующіе отъ сѣраго до чернаго, обусловлены содержащимися въ нихъ въ большемъ или меньшемъ количествѣ перегнойными веществами. Обыкновенно почвы, содержащія около 5% перегноя, въ сухомъ состояніи уже темно сѣрыя, а во влажномъ почти черныя. Необходимо, однако, замѣтить, что черный цвѣтъ перегноя, повидимому, не всегда одинаковъ по своей интенсивности; такъ напр., нерѣдко встрѣчаются почвы, особенно среди подзолистыхъ, съ значительнымъ содержаніемъ перегноя (до 4,5%), которыя по своему свѣтлому цвѣту соответствуютъ другимъ почвамъ, содержащимъ не болѣе 2% перегноя. Согласно съ этимъ проф. Глинка, описывая лѣсные суглинки Полтавской губерніи, замѣчаетъ: „зачастую одинаково свѣтлые суглинки обладаютъ различнымъ количествомъ гумуса“. Повидимому, въ этихъ случаяхъ играетъ роль не только интенсивность перегноя, но и замаскировываніе его гидратной кремневой кислотой, образующейся въ почвахъ, какъ результатъ выѣтриванія силикатовъ при почвообразовательномъ процессѣ (оподзоливаніе).

Кромѣ перегноя окислы желѣза играютъ существенную роль въ окраскѣ почвъ. Въ большинствѣ случаевъ минеральная основная часть почвъ (послѣ прокаливанія) желтаго или краснаго цвѣта, и только значительное количество перегнойныхъ веществъ, содержащихся въ почвахъ, придаетъ послѣднимъ сѣрый или черный цвѣтъ. Однако, въ нѣкоторыхъ случаяхъ роль окисловъ желѣза въ окраскѣ почвы остается преобладающей, и тогда мы имѣемъ дѣло съ почвами желтаго или краснаго цвѣта съ различными оттѣнками; примѣромъ такихъ почвенныхъ образованій могутъ служить красныя (латеритныя) почвы тропическихъ странъ. Замѣтимъ, что безводная окись желѣза кирпично-краснаго цвѣта, водная же окись состава  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$  — желтаго цвѣта, а состава  $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$  — бурого.

Слѣдуетъ замѣтить, что количества какъ перегноя, такъ и окисловъ желѣза, вызывающія одну и другую окраску почвъ, тѣмъ меньше, чѣмъ почва болѣе крупно зерниста; такъ, глины при окраскѣ въ интенсивно красный цвѣтъ содержатъ до 5—10% окисловъ желѣза, песокъ же получаетъ ту же окраску при 1—2% тѣхъ же окисловъ.

#### Отношеніе почвы къ теплу.

Температура почвы играетъ весьма существенную роль въ цѣломъ рядѣ почвенныхъ процессовъ и представляется весьма суще-

ственной для развитія растений. Такъ температура почвы сказывается: 1) въ процессахъ разложенія органическихъ веществъ, вліяя на быстроту разложенія и на характеръ его; 2) въ процессахъ выѣтриванія минеральныхъ составныхъ частей почвы, въ чемъ отчасти лежитъ одна изъ причинъ плодородія почвъ теплыхъ странъ; 3) въ непосредственномъ вліяніи на развитіе растений. Для каждаго растения (правильнѣе для каждой стадіи его развитія) существуетъ оптимумъ, т. е. наиболѣе благоприятная почвенная температура для даннаго растения, свой максимумъ температуры почвы, выше котораго растение начинаетъ гибнуть, и свой минимумъ, ниже котораго растение развиваться не можетъ. Разница въ требованіи относительно температуры почвы у различныхъ растений весьма значительна. Такъ, сѣмена дыни прорастаютъ при температурѣ около 14°, между тѣмъ какъ у нѣкоторыхъ растений минимумъ лежитъ нѣсколько выше 0°; рожь и овесъ прорастаютъ при 6—7°.

Температура болѣе или менѣе значительныхъ слоевъ почвы рѣдко достигаетъ той высоты, при которой растения непосредственно гибнутъ бы подъ непосредственнымъ ея воздѣйствіемъ; но нагрѣваніе самыхъ поверхностныхъ частицъ почвы иногда можетъ быть столь значительнымъ, что онѣ какъ бы обжигаютъ нѣжныя растения. Такъ Костычевъ наблюдалъ гибель посадокъ сосны на Алешковскихъ пескахъ, температура поверхности которыхъ достигала 55,5° Ц. Далѣе, температура почвы оказываетъ существенное вліяніе на прилегающій воздухъ. Температура слоевъ воздуха близкихъ къ почвѣ, въ значительной степени опредѣляется, особенно въ тихую погоду, температурою непосредственно прилегающихъ верхнихъ слоевъ почвы. Такъ, напр., утренники бываютъ чаще всего на сухихъ торфяныхъ почвахъ; это зависитъ отъ того, что поверхность этихъ почвъ, вслѣдствіе ихъ малой теплоемкости и теплопроводности, быстро ночью охлаждается.

#### Источники почвенной теплоты.

Къ источникамъ почвенной теплоты относятся:

1. Лучистая теплота солнца.
2. Теплота воздушныхъ массъ; значеніе ея можетъ быть пояснено примѣромъ усиленнаго таянія снѣга въ вѣтренную погоду.
3. Теплота атмосферныхъ осадковъ; теплый дождь весною можетъ существенно повысить температуру почвы.
4. Внутренняя теплота земного шара. Какъ полагаютъ, внутреннее ядро земли находится еще при очень высокой температурѣ, почему по мѣрѣ углубленія въ почву температура ея повышается, примѣрно на 1° при углубленія на 30 метровъ. Однако, вычислено, что этотъ источникъ тепла повышаетъ температуру верхнихъ почвенныхъ слоевъ только на  $\frac{1}{32}$ ; слѣдовательно, онъ не имѣетъ практическаго значенія.

5. *Теплота, выделяющаяся въ почву при химическихъ процессахъ*, если и имѣетъ нѣсколько большее значеніе, чѣмъ предыдущій источникъ тепла, то во всякомъ случаѣ тоже незначительное. О теплотѣ, выделяемой при процессахъ минеральнаго вывѣтриванія, можно и не говорить по ея незначительности. Но казалось бы, что теплота, выделяющаяся при разложеніи органическихъ веществъ почвы, могла бы имѣть существенное вліяніе на температуру послѣдней; между тѣмъ и этого не оказывается. Такъ, Буссенго теоретически высчиталъ, что тепло, выделяемое при разложеніи 1.800 пуд. навоза, могло бы повысить температуру почвы въ теченіе года на  $\frac{10}{8}$ , т. е. на величину, не имѣющую практическаго значенія.

Тожѣ самое можно сказать и о теплѣ, выделяемомъ при разложеніи лѣсной подстилки. Такъ, если бы мы допустили, что весь перегной, накопившійся въ сосновомъ лѣсу, разложился бы за одинъ годъ, то и тогда температура почвы могла бы быть повышенной только на 2,5°.

Впрочемъ, слѣдуетъ замѣтить, что разница въ температурѣ почвъ, удобренной навозомъ и неудобренной, можетъ нерѣдко проявляться. Такъ, напр., по наблюденіямъ Вагнера, температура удобренной навозомъ почвы была выше неудобренной:

съ 27 мая по 10 іюня на . . . . .	0,13°—0,58°
„ 10 іюня „ 25 іюня „ . . . . .	0,14°—0,58°
„ 26 „ „ 10 іюля „ . . . . .	0,07°—0,48°

Но для правильнаго сужденія необходимо пояснить, что вліяніе навоза на температуру почвы сложно, такъ какъ внесенный въ почву навозъ измѣняетъ ея физическое состояніе и вмѣстѣ съ тѣмъ ея тепловыя свойства. Поэтому-то, изъ приводимыхъ данныхъ Вагнера было бы ошибочно вывести заключеніе, что разница въ температурѣ почвъ, равная  $\frac{1}{2}$ °, зависѣла отъ тепла, выделявшагося при разложеніи навоза.

6. *Физическія явленія*, имѣющія мѣсто въ почвѣ, также могутъ быть источникомъ тепла. Извѣстно, напр., что при поглощеніи паровъ воды температура почвы поднимается; такъ, напр., температура торфа, высушеннаго при 100°, поглощая воду изъ пространства, насыщеннаго парами, можетъ подняться на 10° Ц. Впрочемъ, въ природѣ этотъ источникъ тепла долженъ быть незначителенъ вслѣдствіе того, что въ естественныхъ условіяхъ почвы при высыханіи лишаются только части своей гигроскопической воды и въ большинствѣ случаевъ онѣ обладаютъ сравнительно небольшою гигроскопичностью.

**Тепловыя свойства почвы.**

Къ тепловымъ свойствамъ почвы относятся:

1. *Способность почвы воспринимать (поглощать) тепловую энергію (тепловая поглощательная способность почвы)*.

- 2. *Теплоемкость почвы.*
- 3. *Теплопроводность ея и*
- 4. *Лучеиспускательную способность почвы.*

1. *Способность почвы воспринимать солнечную лучистую энергію*. находится, главнымъ образомъ, въ связи съ цвѣтомъ почвы. Она больше у темныхъ почвъ, чѣмъ у свѣтлыхъ. Шублеръ, сравнивая температуру почвъ съ черною поверхностью (покрытой сажею) и бѣлою (магнезіею), выставленныхъ на солнечный свѣтъ, получилъ слѣдующія данныя:

	Поверхность почвы:	
	бѣлая.	черная.
для кварц. песка . . . . .	43,3°	50,9°
„ известк. почвы . . . . .	43,5°	51,3°
» глины . . . . .	41,3°	48,9°

2. *Теплоемкость почвы* опредѣляется теплоемкостью твердыхъ почвенныхъ частицъ, влаги и воздуха, входящихъ въ составъ почвы, и ихъ количественнымъ взаимнымъ отношеніемъ къ почвѣ. Необходимо различать теплоемкость вѣсовую (количество тепла на единицу вѣса) и объемную (количество тепла на единицу объема).

*Вѣсовая теплоемкость* твердыхъ почвенныхъ частицъ (ихъ вещества), въ общемъ значительно ниже, чѣмъ для воды, которая обладаетъ наибольшею извѣстною теплоемкостью (и принимается равною единицѣ), и приблизительно для всѣхъ минеральныхъ составныхъ частей одинакова; только перегной стоитъ особнякомъ, у котораго вѣсовая теплоемкость вдвое больше, чѣмъ у минеральныхъ частицъ почвы. По Лангу вѣсовая теплоемкость для главныхъ составныхъ частей почвы такова:

для зеренъ кварцеваго песка . . . . .	0,196
„ „ известковаго песка . . . . .	0,214
„ частицъ глины . . . . .	0,233
„ вещества торфа . . . . .	0,477

Слѣдовательно, вѣсовая теплоемкость минеральныхъ частицъ въ 5 разъ, а перегной въ 2 раза меньше, чѣмъ воды.

*Объемная же теплоемкость* для тѣхъ же веществъ въ связи съ ихъ удѣльнымъ вѣсомъ, будетъ такова:

для зеренъ кварцев. песка . . . . .	0,517
„ „ известковаго песка . . . . .	0,582
„ частицъ глины . . . . .	0,575
„ вещества торфа . . . . .	0,601

Изъ приведенныхъ данныхъ видно, что объемная теплоемкость всѣхъ главныхъ твердыхъ составныхъ частей почвы, является почти одинаковою, а слѣдовательно, объемная теплоемкость твердыхъ частей различныхъ почвъ не должна существенно различаться; въ общихъ чертахъ можно принять, что она въ два раза меньше, чѣмъ для воды.

*Объемная теплоемкость почвы въ сухомъ состояніи* зависитъ отъ

объемной теплоемкости твердой ее части и газообразной. Объемная теплоемкость воздуха, равняясь 0,000306, сравнительно очень мала, и, не дѣлая существенной ошибки, ее можно не принимать во вниманіе при вычисленіи объемной теплоемкости почвъ. А поэтому, если принять во вниманіе, что объемная теплоемкость различныхъ веществъ, составляющихъ твердую часть почвъ, приблизительно одинакова, то, очевидно, что величина объемной теплоемкости почвъ въ сухомъ состояніи обуславливается, главнымъ образомъ, ихъ порозностью; чѣмъ объемъ поръ у почвы больше, тѣмъ объемная ее теплоемкость меньше; какъ это видно изъ нижеслѣдующей таблицы:

	Порозность почвы.	Объемная теплоемк. почвы.	Объемная теплоемк. тверд. части почвы.
Кварцевый песокъ . . . . .	41,5%	0,302	0,517
Известковый песокъ . . . . .	41,5 „	0,343	0,582
Глина . . . . .	58,3 „	0,240	0,576
Торфъ . . . . .	75,4 „	0,148	0,601

Слѣдовательно, зная объемную теплоемкость твердой части почвъ и ихъ порозность, мы можемъ вычислить объемную теплоемкость почвъ, которая для различныхъ почвъ не должна сильно колебаться и оказывается приблизительно въ 3—4 раза меньше, чѣмъ для воды.

Очевидно, что увеличеніе содержанія въ почвѣ влаги должно сильно повышать объемную теплоемкость почвъ, и что для почвъ, обладающихъ большею порозностью, въ сильно влажномъ состояніи объемная теплоемкость можетъ особенно высоко подыматься и приближаться къ единицѣ; какъ это и видно изъ слѣдующихъ данныхъ Ульриха для объемной теплоемкости песка, глины и торфа при различной ихъ влажности:

	Песокъ.	Глина.	Торфъ.
Въ воздушно-сухомъ состояніи . . . . .	0,347	0,263	0,197
При содержаніи воды въ % отъ наибольшей влагоемкости . . . . .	10%	0,372	0,294
	20 „	0,401	0,356
	30 „	0,430	0,417
	80 „	0,575	0,723
	100 „	0,633	0,846
			0,945

Изъ всего сказаннаго слѣдуетъ, что теплоемкость почвъ въ природныхъ условіяхъ должна, главнымъ образомъ, зависѣть отъ влажности, при которой почвы находятся.

Теплопроводность почвъ<sup>1)</sup> опредѣляется теплопроводностью ее твердыхъ частицъ, влаги и воздуха и тѣмъ относительнымъ объемомъ, который приходится на ихъ долю въ почвѣ.

Теплопроводность наиболѣе существенныхъ составныхъ частей почвы можетъ быть принята таковою:

<sup>1)</sup> Теплопроводность вещества измѣряется количествомъ тепла въ калоріяхъ, которое въ секунду проходитъ чрезъ каждый квадратный сантиметръ пластины изъ даннаго вещества мощностью въ 1 сант. при разности температуръ на обѣихъ сторонахъ въ 1°.

	Теплопроводность въ калоріяхъ.
Для полевого шпата . . . . .	0,00580
„ известняка . . . . .	0,00400
„ кварца, перпендикулярно оси . . . . .	0,00420
„ „ параллельно оси . . . . .	0,00090
„ воды . . . . .	0,00124
„ воздуха . . . . .	0,00005

Такимъ образомъ, теплопроводность для минеральныхъ составныхъ частей почвы колеблется отъ 0,001 до 0,006, для воды она приближается къ минераламъ съ наименьшею проводимостью тепла, для воздуха теплопроводность очень низкая (для вещества перегной не опредѣлена). Отсюда ясно, что разница въ теплопроводности почвъ должна обуславливаться, главнымъ образомъ, порозностью почвъ; чѣмъ порозность больше у почвы, тѣмъ теплопроводность почвы ниже. Съ другой стороны, вода, замѣщая въ почвѣ воздухъ, должна сильно повышать теплопроводность почвы, какъ это и усматривается, напр., изъ слѣдующихъ данныхъ Громана:

Теплопроводность песчаной почвы при различной влажности въ %.

0	5	15	20
0,00026	0,000114	0,00190	0,00252

Такимъ образомъ, теплопроводность почвъ зависить также, какъ и ихъ теплоемкость, главнымъ образомъ, отъ состоянія ихъ влажности. Въ воздушно-сухомъ же состояніи почвы, какъ показываютъ нижеприводимыя данныя Петрова, мало отличаются по своей теплопроводности. Такъ, при его опредѣленіяхъ температура различныхъ почвъ въ теченіе 6 ч. на разстояніи 10, 20, 30 и 40 сант. отъ источника тепла (воздуха), который поддерживался при 60—65°, повысилась на слѣд. число градусовъ:

Повышеніе температуры на разстояніи отъ источника тепла.

	10 сант.	20 сант.	30 сант.	40 сант.
Кварцевый песокъ . . . . .	7,5°	2°	1°	0,7°
Краснобурая глина . . . . .	7,4°	1,6°	0,6°	0,6°
Подзолистый суглинокъ . . . . .	7,5°	2,5°	1,7°	0,7°
Лѣсной суглинокъ . . . . .	7,0°	1,7°	0,8°	0,5°
Черноземъ . . . . .	6,6°	1,8°	1,0°	0,5°
Черноземъ . . . . .	5,4°	1,5°	0,7°	0,4°
Торфъ . . . . .	6,4°	1,7°	1,0°	0,5°

#### 4. Лучеиспускательная способность почвъ.

Необходимо прежде всего пояснить, что излученіе тепла изъ почвы не находится въ прямой зависимости отъ оптическаго цвѣта почвы. Опредѣляющимъ моментомъ въ излученіи является составъ почвы, а главнымъ образомъ, содержаніе воды. Относительно вліянія состава почвы нужно замѣтить, что минеральныя частицы излучаютъ больше тепла, чѣмъ органическіе остатки; изъ минеральныхъ—песокъ излу-

даетъ наибольшее количество лучей. Вода же обладаетъ еще значительно болѣе сильной лучеиспускающей способностью. Этимъ объясняется то обстоятельство, что различныя почвы во влажномъ состояніи обладаютъ почти одной и той же лучеиспускающей способностью. Такимъ образомъ, и здѣсь, какъ и въ теплоемкости и теплопроводности почвы, вода является опредѣляющимъ моментомъ, и только въ способности поглощать тепло вода играетъ слабую роль. Отсюда понятно, что часто сырыя почвы отождествляются съ понятіемъ о холодныхъ почвахъ (обыкновенно, глинистыя), а сухія съ теплыми (песчанья).

**Поглощеніе почвою газовъ.**

Почва обладаетъ способностью поглощать газообразныя вещества. Величина поглощенія опредѣляется:

1. Свойствами почвенныхъ частицъ и ихъ поверхности; насколько извѣстно, наибольшую способность въ этомъ отношеніи обладаютъ перегнойныя вещества и гидратъ окиси желѣза.
2. Суммой поверхностей почвенныхъ частицъ (величиною внутренней поверхности почвы), т. е. размѣромъ почвенныхъ частицъ; чѣмъ послѣднія меньше, тѣмъ выше поглощающая способность почвъ по отношенію къ газамъ.
3. Свойствами поглощаемого газа; обычно, чѣмъ легче сгущается газъ въ жидкость, тѣмъ выше его поглощаемость.
4. Величиною давленія, при которомъ находится газъ; чѣмъ выше таковая, тѣмъ больше поглощеніе.
5. Высотою температуры; съ повышеніемъ температуры поглощеніе воды изъ насыщенной атмосферы увеличивается.
6. Состояніемъ влажности почвы; величина поглощенія зависитъ отъ растворимости поглощаемого газа въ водѣ.

Для опредѣленія количествъ поглощаемого газа пользуются двумя методами: или разностью вѣса почвы, насыщенной тѣмъ или другимъ газомъ при извѣстныхъ условіяхъ, и лишеной газа, или же извлеченіемъ (выкачиваніемъ) изъ почвы поглощенного газа и непосредственнымъ опредѣленіемъ его количествъ (за вычетомъ газа, находившагося въ порахъ).

*Поглощеніе почвами парообразной воды—гигроскопическая способность почвъ.*

Гигроскопичность почвъ, подъ которой понимается способность почвы поглощать парообразную воду, колеблется въ весьма широкихъ размѣрахъ въ зависимости отъ ихъ состава. Она тѣмъ выше, чѣмъ почва богаче перегнойными веществами, илистыми частицами, гидратомъ желѣза и продуктами химическаго вывѣтриванія.

Обычно въ почвахъ опредѣляютъ, во-первыхъ, т. назыв. гигроскопическую воду, которую онѣ содержатъ, находясь въ воздушно-

сухомъ состояніи при комнатной т°, и эту почвенную воду называютъ „гигроскопическою водою почвы“, и, во-вторыхъ, гигроскопическую воду, которую почва поглощаетъ, находясь въ атмосферѣ, насыщенной парами воды при комнатной температурѣ (при 15°); эту почвенную воду называютъ „наибольшую гигроскопическую водою почвы“. Гигроскопическая вода почвы опредѣляется высушиваніемъ воздушно-сухой почвы (просушенной въ комнатѣ) при 100—105° и доведеніемъ ея до постояннаго вѣса; потерю въ вѣсѣ и относятъ на гигроскопическую воду. Наибольшая гигроскопичность почвы опредѣляется помѣщеніемъ воздушно-сухой почвы въ атмосферу, почти насыщенную парами воды (при полномъ насыщеніи трудно избѣжать осѣданія на почвѣ росы), или надъ 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Mitscherlich), послѣдующимъ взвѣшиваніемъ ея, просушиваніемъ при 100—105° и вторичнымъ взвѣшиваніемъ; разница въ вѣсахъ даетъ наибольшую гигроскопическую воду почвы. Опредѣленія, указанными способами, не могутъ претендовать на большую точность, такъ какъ почва при просушиваніи теряетъ не только воду, но и другія вещества, съ одной стороны, отчасти разлагается, съ другой стороны, поглощаетъ кислородъ. Почему, при необходимости болѣе точныхъ опредѣленій просушиваніе почвы ведутъ въ атмосферѣ водорода, устраняя этимъ часть ошибокъ.

Величина гигроскопичности почвъ весьма сильно колеблется: отъ нѣсколькихъ десятыхъ процента для песчаныхъ и бѣдныхъ перегноемъ почвъ до 10% и выше для глинистыхъ и богатыхъ перегноемъ почвъ. Наибольшая гигроскопическая вода обычно въ полтора, въ два раза выше гигроскопической воды воздушно-сухой почвы. Всѣ выше указанныя соотношенія и конкретныя величины для гигроскопической способности почвъ видны изъ нижеприводимой таблицы:

*Гигроскопическая способность почвъ.*

Происхожденіе почвъ.	Гигроск. вода возд. сух. почвъ. %	Наибольшая гигроск. вода. %	Перегной. %	
Суглин. черн. Тул. г.	пах. слой . . .	4,49	8,02	9,88
	подпах. . . . .	4,18	7,92	6,97
	матер. пор. . . . .	3,25	6,53	0,94
Темно-каштанов. черн. Екат. г. . . . .	8,23	9,29	5,84	
Лесс. черн. Орл. губ. . . . .	5,16	8,20	9,01	
Песч. черн. Пенз. г. . . . .	6,64	8,78	6,42	
Лѣсн. сугл. Орлов. г. . . . .	3,96	6,50	5,00	
Подзолист. п. Смолен. г. . . . .	1,15	2,42	3,50	
Песч. почва парка Лѣс. Инст. . . . .	0,84	1,92	1,50	
Торфъ изъ „Лѣсной фермы“ близъ г. Птрг.	17,47	—	96,00	

Замѣтимъ, что растенія не могутъ пользоваться гигроскопической водою почвъ. Согласно опытамъ проф. С. М. Богданова, принимаютъ, что растенія находятъ въ почвѣ доступную для нихъ воду, только тогда, когда влажность почвы выше двойной наибольшей гигроско-

пичности почвы (повидимому, для нѣкоторыхъ почвъ эта величина значительно ниже).

Поглощеніе почвою углекислоты. Углекислота, представляя газъ сравнительно легко сгущаемый, поглощается почвою въ значительныхъ количествахъ; особенно высокою поглотительною способностью къ ней отличается окись желѣза и ея гидраты, какъ это видно изъ слѣдующихъ данныхъ:

100 к. сант. окиси желѣза поглотили . . .	2,89 гр. CO <sub>2</sub>
100 " " глины " . . .	0,005 "
100 " " песка " . . .	0,002 "

Поглощеніе почвами амміака происходитъ также въ значительныхъ количествахъ, особенно въ почвахъ богатыхъ переноемъ и гидратомъ окиси желѣза.

Поглощеніе почвами азота и кислорода. Почвы обладаютъ по отношенію къ этимъ газамъ невысокою способностью поглощенія; азотъ относительно сильно поглощается гидратомъ окиси желѣза.

Поглощеніе почвами атмосфернаго воздуха, какъ видно изъ нижеприводимыхъ данныхъ, происходитъ въ замѣтныхъ количествахъ; при чемъ поглощенный газъ оказывается замѣтно болѣе богатымъ углекислотою по сравненію съ атмосфернымъ воздухомъ, особенно въ почвахъ богатыхъ известью; азотъ наиболѣе сгущается глинистыми почвами.

Поглощеніе почвами атмосфернаго воздуха.

	100 гр. почвы поглотили куб. сант. воздуха.	Процентный составъ поглощеннаго газа (по объему);		
		CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Песчаная почва . . . . .	30,2	18,15	11,44	70,41
Садовая земля . . . . .	49,8	39,47	11,90	48,68
Известк. почва № 1 . . . . .	37,9	45,33	7,67	47,00
" " № 2 . . . . .	44,85	61,08	6,46	32,51
Глинистая почва № 1 . . . . .	27,1	2,33	17,14	80,53
" " № 2 . . . . .	35,5	20,44	11,58	69,98
Составъ воздуха . . . . .	—	0,03	21,0	78,06+0,93 аргона

## Водныя свойства почвъ.

Водныя свойства почвы слагаются изъ способности почвы воспринимать воду, передвигать ее сверху внизъ и снизу вверхъ, удерживать воду въ своихъ порахъ, и, наконецъ, испарять воду. Всѣ эти свойства почвы играютъ выдающуюся роль въ цѣломъ рядѣ вопросовъ почвовѣднія. Такъ, условія влажности почвы (напр., обиліе воды или недостатокъ) обусловливаютъ быстроту и направленіе процессовъ, какъ минеральнаго вывѣтриванія, такъ и разложенія органическихъ веществъ; они опредѣляютъ провѣтриваемость и температуру почвы, переносъ продуктовъ вывѣтриванія и разложенія изъ однихъ слоевъ въ другіе; въ общемъ всѣ эти вліянія, при взаимодействіи ихъ другъ на друга и совмѣстномъ дѣйствіи, опредѣляютъ направленіе почвообразовательнаго процесса, приводящаго къ образованію той или иной почвы съ тѣми или другими особенностями и свойствами. Такъ, напр., при относительномъ избыткѣ влаги въ сѣв. Россіи мы получаемъ выщелоченную подзолистую почву, при засушливомъ климатѣ юго-востока Европейской Россіи образуются солонцеватая пустынно-степная почвы.

Не менѣе существенны условія влажности почвы непосредственно для растительности, не говоря о томъ косвенномъ вліяніи, которое они проявляютъ въ созданіи тѣхъ или иныхъ свойствъ почвы, въ свою очередь крайне важныхъ для тѣхъ же растений. Прежде всего слѣдуетъ обратить вниманіе на тотъ громадный расходъ воды, въ которомъ нуждаются растения для своихъ жизненныхъ проявленій; какъ извѣстно, большинство культурныхъ растений въ среднемъ требуютъ для созданія одного грамма сухого вещества надземныхъ частей около 350 гр. воды. Чтобы представить болѣе конкретно эту потребность, вычислимъ приблизительно количество воды, потребное для урожая пшеницы въ 250 пудовъ зерна и соломы съ одной десятины<sup>1)</sup>; получимъ 87,500 пудовъ, каковое количество влаги, распределенное на десятину, представитъ слой воды въ 131 мм. или около одной трети среднихъ годовыхъ атмосферныхъ осадковъ, которые выпадаютъ у

<sup>1)</sup> Сравнительно невысокій урожай, если мы примемъ во вниманіе, что въ данномъ случаѣ мы беремъ дѣйствительный урожай надземныхъ частей (безъ потерь), а не тотъ, который убирается въ хозяйствѣ.

насъ въ центральной Россіи (400—500 мм.). Затѣмъ, состояніе влажности почвы въ значительной степени опредѣляетъ провѣтриваемость почвенныхъ слоевъ, которая столь существенна для нормального дыханія корней растений. Температура почвы, которая является весьма важнымъ моментомъ въ развитіи растений, какъ извѣстно, также зависитъ, главнымъ образомъ, отъ отношенія почвы къ водѣ; достаточно напомнить, что часто понятіе о холодныхъ почвахъ даже отождествляютъ съ понятіемъ о сырыхъ почвахъ и наоборотъ.

Условія влажности (водный режимъ) той или другой почвы въ естественномъ ея залеганіи, очевидно, въ большинствѣ случаевъ на первомъ мѣстѣ зависятъ, во-первыхъ, отъ мѣстныхъ климатическихъ факторовъ: отъ количества атмосферныхъ осадковъ, отъ формы, характера и распредѣленія по времени ихъ выпаденія, а также отъ условій испаренія; во-вторыхъ, отъ положенія почвы (на возвышенномъ мѣстѣ, на склонѣ, въ низинѣ и т. д.) и отъ формы ея поверхности, и наконецъ, въ-третьихъ, отъ того или иного почвеннаго покрова, какъ отъ мертваго, такъ и отъ живаго, а именно, отъ растительности и отъ ея особенностей. Но и водныя свойства и особенности самихъ почвъ (и грунтовъ) оказываются въ извѣстныхъ случаяхъ не только весьма существенными, но первенствующими моментами въ созданіи водныхъ условій той или иной почвы; достаточно напомнить находженіе въ одной климатической полосѣ песчано-подзолистыхъ почвъ и тяжелыхъ черноземовъ.

Водными свойствами почвы являются:

- 1) Способность почвы удерживать воду въ своихъ порахъ, или влагоемкость почвы.
- 2) Способность почвы воспринимать и проводить воду сверху внизъ, или ея водопроницаемость.
- 3) Способность почвы подымать воду снизу вверхъ, или ея водо-  
подъемная способность.
- 4) Способность почвы терять воду чрезъ испареніе.

#### Общія поясненія къ волоснымъ или капиллярнымъ явленіямъ въ почвахъ.

Почвенныя поры въ большинствѣ случаевъ имѣютъ такіе размѣры, что въ нихъ, очевидно, должны имѣть мѣсто капиллярныя явленія, разъ почва приходитъ въ соприкосновеніе съ жидкостью. Имѣя дѣло съ водою, которая смачиваетъ почвенныя частицы, мы будемъ имѣть капиллярныя явленія между твердымъ тѣломъ и смачивающей его жидкостью, поясненію которыхъ мы и посвятимъ настоящую главу. При этомъ, однако, мы не будемъ останавливаться на основныхъ законахъ смачиваемости и волосности, подробно изучаемыхъ въ физикѣ, а рассмотримъ только рядъ отдѣльныхъ случаевъ въ волосныхъ трубкахъ, комбинація которыхъ позволитъ намъ болѣе ясно представлять себѣ движеніе и распредѣленіе воды въ почвѣ подъ вліяніемъ капиллярныхъ силъ.

Въ почвѣ, очевидно, мы не имѣемъ дѣла съ какой либо опредѣленной формой капилляровъ; напротивъ, капиллярныя пространства почвы представляютъ сѣть пустотъ и канальцевъ, соединяющихся между собою въ одну общую систему. Поэтому, рассмотрѣніе капиллярныхъ явленій въ волосныхъ трубкахъ и между двумя сближенными пластинками можетъ намъ только въ самыхъ общихъ чертахъ пояснить распредѣленіе и движеніе воды въ почвѣ, обуславливаемыя капиллярными явленіями, которыя проявляются здѣсь въ весьма сложныхъ сочетаніяхъ.

Напомнимъ себѣ главныя положенія для капиллярныхъ явленій, имѣя въ виду смачивающую жидкость.

1) Въ основаніе всѣхъ капиллярныхъ явленій принимается, что вещество трубокъ или пластинокъ, толщина ихъ стѣнокъ и физическое состояніе поверхности не имѣютъ вліянія на высоту и скорость капиллярнаго поднятія жидкости, если предварительно стѣнки трубки смочены.

2) Высота поднятія какой-либо жидкости въ волосныхъ цилиндрическихъ трубкахъ приблизительно обратно пропорціональна діаметрамъ или радіусамъ этихъ трубокъ, т. е. произведеніе радіуса трубки на высоту поднятія жидкости есть приблизительно величина постоянная.

При наблюденіяхъ Артура надъ поднятіемъ воды въ стеклянныхъ трубкахъ различныхъ діаметровъ получены, напр., слѣдующія данныя:

Радіусъ трубки.	Средняя высота поднятія.	Произведеніе.
1,718 мм.	7,797 мм.	13,42 кв. мм.
1,468 "	9,376 "	13,76 "
1,443 "	9,731 "	14,01 "
1,431 "	9,807 "	14,14 "
1,429 "	9,826 "	14,04 "
1,416 "	9,972 "	14,12 "
0,6927 "	20,228 "	14,07 "
0,383 "	38,768 "	14,85 "

Если бы такое соотношеніе существовало и при значительно болѣе тонкихъ капиллярахъ, то поднятіе воды на высоту, напр., около двухъ метровъ происходило бы въ волосныхъ трубкахъ, съ радіусомъ около 0,007 мм.

3) Поверхность смачивающей жидкости въ волосной трубкѣ имѣетъ форму мениска, совпадающаго съ поверхностью шара, если діаметръ трубки весьма малъ; въ общемъ же менискъ поднимающейся жидкости тѣмъ болѣе вогнутъ, чѣмъ больше капиллярная сила и чѣмъ выше поднимается жидкость въ трубкѣ.

4) Между двумя параллельными пластинками жидкость поднимается на высоту вдвое меньшую, чѣмъ въ трубкѣ, имѣющей діаметръ, равный разстоянію между пластинками.

5) Съ повышеніемъ температуры высота поднятія воды въ капиллярныхъ трубкахъ понижается.

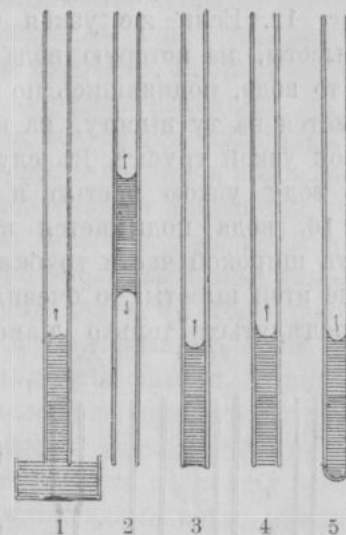
6) Движеніе жидкости въ капиллярной трубкѣ тѣмъ медленнѣе,

чѣмъ уже трубка; съ повышеніемъ температуры скорость движенія замѣтно увеличивается.

Послѣ сказаннаго рассмотримъ, какое положеніе займетъ вода въ волосной трубкѣ при различныхъ условіяхъ. Погрузимъ волосную трубку однимъ концомъ въ воду; вода поднимается въ трубкѣ на ту или другую высоту въ зависимости отъ діаметра трубки и образуетъ на своей поверхности вогнутый менискъ, указывающій на то, что мы имѣемъ въ данномъ случаѣ капиллярную силу, которая дѣйствуетъ кверху и уравнивается вѣсомъ воды, поднявшейся въ капиллярной трубкѣ надъ уровнемъ воды въ сосудѣ (см. рис. 1). Возьмемъ теперь ту же капиллярную трубку съ каплею воды, какъ показываетъ рис. 2-ой; въ данномъ случаѣ капля будетъ находиться подъ влияніемъ двухъ равныхъ капиллярныхъ силъ, дѣйствующихъ кверху и книзу, и кромѣ того силы тяжести, которая, дѣйствуя книзу, и заставитъ каплю опуститься въ нижній конецъ трубки. Опустившаяся капля, если она будетъ меньше того количества, которое та же волосная трубка удержала въ первомъ случаѣ (рис. 1), въ этомъ случаѣ образуетъ вогнутый менискъ, однако болѣе плоскій, чѣмъ верхній (рис. 3); т. е. книзу будетъ дѣйствовать болѣе слабая капиллярная сила, чѣмъ кверху, но по направленію первой дѣйствуетъ еще сила тяжести; эти обѣ силы и уравниваются капиллярною силою, дѣйствующею кверху. Въ случаѣ же, если опустившаяся капля будетъ равна количеству воды, удерживаемой капиллярной трубкой, погруженной въ воду (рис. 1), то вода въ трубкѣ займетъ положеніе изображенное на рис. 4-мъ, и капиллярная сила, дѣйствующая кверху, будетъ уравнирована силою тяжести воды. Наконецъ, въ случаѣ, когда капля воды будетъ больше, чѣмъ въ предыдущемъ примѣрѣ вода займетъ положеніе, изображенное на рис. 5 (нѣсколько болѣе высокое, чѣмъ въ первомъ случаѣ).

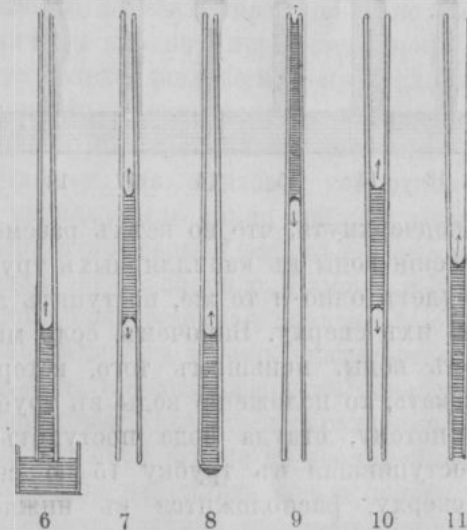
Нѣсколько болѣе сложными капиллярныя явленія представляются намъ въ коническихъ трубкахъ. Въ конической капиллярной трубкѣ, обращенной узкимъ концомъ кверху и погруженной въ воду (рис. 6), послѣдняя подымается до известной высоты, опредѣляемой діаметромъ трубки на высотѣ поднятія воды. Если мы теперь рассмотримъ каплю воды въ той же трубкѣ, не погруженной въ воду (рис. 7), то можно себѣ представить нѣсколько случаевъ: а именно, если капля находится внизу трубки и заключаетъ въ себѣ то же или большее количество воды, которое трубка подняла, будучи погружена въ воду, то капля и остается внизу трубки, какъ изображено на рис. 8; если же количество воды въ каплѣ будетъ меньше и перейдетъ за известный предѣлъ—когда капиллярная сила, дѣйствующая кверху, будетъ больше суммы двухъ силъ, дѣйствующихъ книзу, капиллярной и силы тяжести, то капля начнетъ двигаться кверху и подыметь до самаго верха трубки (рис. 9), такъ какъ вѣсъ капли будетъ оставаться постояннымъ, разница же между величиною капиллярныхъ силъ будетъ возрастать по мѣрѣ того, какъ столбикъ воды, подымаясь въ все болѣе

и болѣе узкую часть, будетъ удлиняться. Послѣ сказаннаго само собою должно быть ясно расположеніе воды въ конической капиллярной трубкѣ, обращенной узкимъ концомъ книзу; въ такихъ трубкахъ вода во всѣхъ случаяхъ будетъ стремиться собраться въ



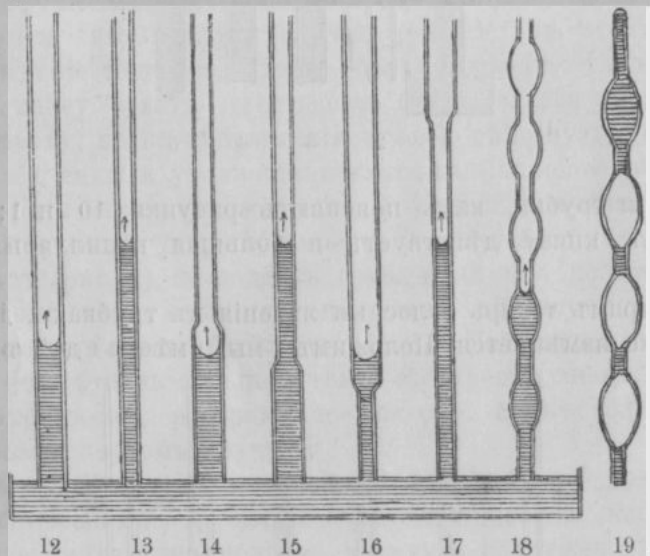
нижней части трубки, какъ поясняютъ рисунки 10 и 11; въ данномъ случаѣ книзу дѣйствуетъ и большая капиллярная сила и вѣсъ капли.

Разсмотримъ теперь волосныя явленія въ трубкахъ, діаметръ которыхъ рѣзко измѣняется. Положимъ, мы имѣемъ двѣ трубки, при



чемъ діаметръ одной въ два раза уже другой; слѣдовательно, болѣе узкая трубка будетъ подымать воду приблизительно въ два раза выше, чѣмъ широкая, какъ это показано на рис. 12 и 13. Если мы возьмемъ затѣмъ трубку, составленную какъ бы изъ этихъ двухъ тру-

бокъ (какъ показано на рис. 14) и опущенную въ воду на такую глубину, что длина нижней широкой части трубки, находящейся надъ водой (до начала суженія) <sup>1)</sup>,—превосходитъ высоту поднятія воды въ широкой трубкѣ, то вода и въ трубкѣ 14 остановится на той же высотѣ, какъ и на рис. 12. Если же узкая часть трубки будетъ начинаться ниже той высоты, на которую вода подымается въ широкой трубкѣ (рис. 15), то вода, поднявшись по широкой части, перейдетъ въ узкую и подыметъ на ту высоту, на которую она способна подняться въ однородной узкой трубкѣ. Въ случаѣ, если мы ту же трубку погрузимъ въ воду узкою частью и помѣстимъ ее такъ, какъ показано на рис. 16, вода подымается въ трубкѣ только на высоту поднятія воды въ широкой части трубки; если же послѣдняя будетъ начинаться выше этой высоты; то очевидно, что высота поднятія воды будетъ опредѣляться только діаметромъ узкой трубки (см. рис. 17).



Весьма важно подчеркнуть, что во всѣхъ разсмотрѣнныхъ нами примѣрахъ расположенія воды въ капиллярныхъ трубкахъ, положеніе воды въ трубкахъ будетъ одно и то же, поступитъ ли вода въ нихъ снизу или наполнить ихъ сверху. Впрочемъ, если мы будемъ имѣть дѣло съ количествомъ воды, меньшимъ того, которое капиллярная трубка можетъ удержать, то положеніе воды въ трубкѣ можетъ быть различнымъ смотря потому, откуда вода поступитъ; напр., небольшая капля воды, поступившая въ трубку 15-ую снизу, удержится внизу, а попавъ сверху, расположится въ нижней части узкой трубки.

Въ почвѣ, какъ было отмѣчено, мы не имѣемъ капиллярныхъ

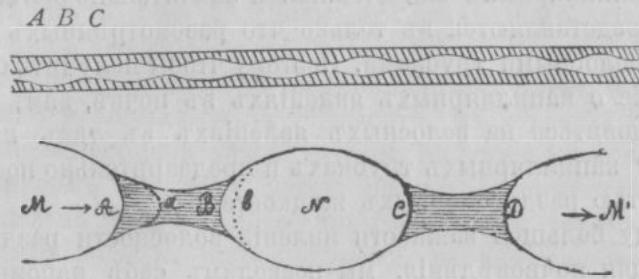
<sup>1)</sup> Разъ вода попала въ суженіе, то явленіе можетъ осложниться, но, желая дать представленіе въ общихъ чертахъ о движеніи воды въ капиллярныхъ трубкахъ, мы не считаемъ возможнымъ останавливаться на этихъ случаяхъ.

трубокъ съ однимъ и тѣмъ же діаметромъ на значительную длину; наоборотъ, размѣръ капиллярныхъ пространствъ въ почвѣ постоянно и рѣзко измѣняется, и потому явленія, наблюдаемыя въ почвѣ подъ вліяніемъ капиллярныхъ силъ, являются значительно болѣе сложными, чѣмъ они представляются въ только что разсмотрѣнныхъ нами примѣрахъ съ волосными трубками. Поэтому чтобы получить болѣе ясное представленіе о капиллярныхъ явленіяхъ въ почвѣ, намъ необходимо теперь остановиться на волосныхъ явленіяхъ въ такъ называемыхъ „четочныхъ“ капиллярныхъ трубкахъ и предварительно познакомимся съ волосностью раздробленныхъ жидкостей.

Въ виду большой важности явленій волосности раздробленныхъ жидкостей для почвовѣдѣнія, мы позволимъ себѣ напомнить о нихъ болѣе детально, сдѣлавъ для этого нѣсколько дословныхъ выписокъ изъ „Курса наблюдательной физики“ Э. Я. Петрушевскаго, который болѣе подробно, чѣмъ другіе физики, останавливается на этомъ вопросѣ. „Жамену принадлежитъ, пишетъ Петрушевскій, рядъ любопытныхъ изслѣдованій явленій волосности, происходящихъ въ случаѣ раздробленія жидкаго столбика на мелкія части. Наполнивъ волосную трубку коротенькими столбиками воды, между которыми помѣщались пузырьки воздуха, Жамень производилъ давленіе сжатымъ воздухомъ на одинъ изъ концовъ трубки, помѣщенный горизонтально. Ближайшая къ краю капля воды оставалась неподвижною до тѣхъ поръ, пока давленіе не достигло 50-ти милл. водяного столба; за этимъ предѣломъ капля пришла въ движеніе и сгущала пузырекъ воздуха, непосредственно за ней слѣдующій. Вторая же капля жидкости сопротивлялась этому давленію до тѣхъ поръ, пока оно не достигло 100 мм., т. е. двойной величины противъ первоначальной. Третья могла быть сдвинута съ мѣста только давленіемъ, превосходящимъ 150 миллим. и т. д., такъ что вообще число капель, приведенныхъ въ движеніе, было пропорціонально произведенному давленію. Для той трубки, которая служила Жамену для опытовъ, сопротивленіе, которое представляли бы 200 капель, было равно  $200 \times 50$  милл. водяного столба, т. е. давленію одной атмосферы. Наиболѣе вѣроятная причина этихъ явленій заключается, по объясненію Жамена, въ измѣненіи формы мениска каждой капли, подверженной давленію“.

„Сопротивленіе жидкихъ капель оказывается еще болѣе значительнымъ въ трубкахъ, представляющихъ попеременно суживаніе и расширеніе подобно тому, какъ это изображено на черт. ABC на с. 226. Представимъ часть подобной трубки въ увеличенномъ видѣ MNM'. Если посредствомъ всасыванія наполнить водою подобную трубку и потомъ выгнать воду давленіемъ воздуха, то оставшееся небольшое количество ея соберется въ узкихъ мѣстахъ AB, CD и т. д. по всей трубкѣ. Давленіе воздуха со стороны M дѣйствуетъ по направленію стрѣлки на менискъ A, сдвигаетъ и измѣняетъ его въ форму a; подобнымъ же образомъ менискъ B переходитъ въ b; когда капля AB будетъ разорвана давленіемъ, упругость воздуха въ расширенномъ пространствѣ N

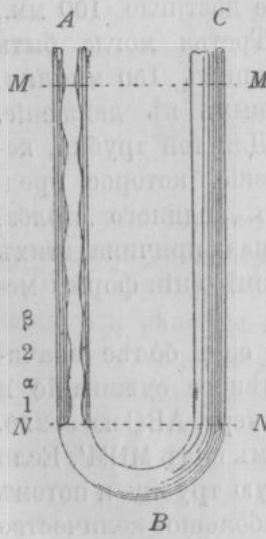
увеличивается, а капля АВ снова образуется и запирает собой узкий каналъ. Это повторяется до тѣхъ поръ, пока упругость воздуха въ N не сдѣлается достаточною для того, чтобы сдвинуть и разорвать



каплю CD, послѣ чего и эта капля возвращается на прежнее мѣсто, а давленіе передается далѣе. По этой причинѣ сопротивленіе капель въ подобномъ каналѣ значительно болѣе, чѣмъ въ цилиндрическомъ, такъ что 12 капель выдерживали давленіе, равное атмосферному, и не пропускали воздуха“.

„Если повторить опытъ съ трубкою, подобной предыдущей, производя давленіе не сжатымъ воздухомъ, а водою, тогда трубка очень легко вся наполняется водою при умѣренномъ давленіи. Удобнѣ всего наблюдать это явленіе на сифонной трубкѣ ABC, которой одинъ каналъ цилиндричный, а другой состоитъ изъ частей, попеременно суженныхъ и расширенныхъ 1, α, 2, β и т. д.

Сначала трубку наполняютъ водою при помощи всасыванія, положимъ до уровня MM', а потомъ производятъ давленіе сжатымъ воздухомъ на конецъ A; жидкость опускается въ колѣнѣ AN и поднимается въ колѣнѣ N'C, котораго продолженіе не изображено на чертежѣ.



Если жидкость понижается медленно, такъ что въ узкихъ частяхъ успѣваютъ образоваться столбики, то сопротивленіе ихъ вскорѣ заставляетъ усилить давленіе, такъ что болѣе или менѣе трудно понизить уровень до черты NN'; но коль скоро прекращено давленіе воздуха, жидкость колѣна N'M', которой высота относительно не велика, въ непродолжительное время вытѣсняетъ воздухъ изъ половины NM и достигаетъ уровня MM'. Жидкость своимъ давленіемъ сдвигаетъ первую каплю и занимаетъ ея мѣсто и часть полости

1, въ которой воздухъ, сжимаясь, сдвигаетъ каплю канала α, а жидкость тотчасъ вслѣдъ за этимъ занимаетъ всю первую полость, каналъ α и часть 2-й полости. Поэтому число запертыхъ каналовъ постоянно уменьшается въ этомъ случаѣ, а при давленіи воздухомъ оно остается постояннымъ.

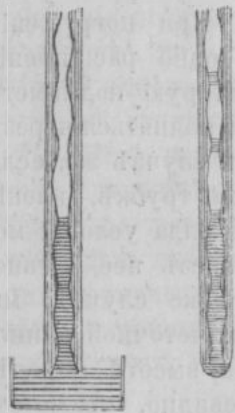
Изъ этихъ опытовъ выводится важное слѣдствіе: каналъ, представляющій внутреннія неровности, наполненный жидкостью и воздухомъ, можетъ быть непроницаемъ для газа даже подъ сильнымъ давленіемъ и въ то же время проницаемъ для жидкости подъ слабымъ давленіемъ. Поэтому сосудъ изъ неумравленной глины пропускаетъ сквозь себя воду свободно, будутъ ли стѣнки сначала сухія или смоченныя; газъ проходитъ довольно свободно сквозь сухія стѣнки и не проходитъ сквозь мокрыя даже подъ сильнымъ давленіемъ. Должно допустить, что, по всей вѣроятности, волосные каналы глины имѣютъ весьма неправильную форму и поэтому въ нихъ происходитъ подобное тому, что въ предыдущемъ опытѣ“.

Разсмотримъ теперь поднятіе и распредѣленіе воды въ четочной трубкѣ (рис. 18), перемычки которой имѣютъ діаметръ, соответствующій нашей узкой трубкѣ (рис. 13), а наибольшій діаметръ расширеній равенъ діаметру нашей широкой трубки (рис. 12). При погруженіи такой трубки въ воду, послѣдняя пройдетъ черезъ одно расширеніе или нѣсколько, лежащихъ ниже той высоты, на которую подниметъ воду широкая трубка (12), но не будетъ въ состояніи подняться черезъ четки, лежащая выше этого уровня (см. рис. 18). Въ случаѣ же, если четка придется на высотѣ поднятія воды въ широкой трубкѣ, явленіе нѣсколько осложняется, и вода въ зависимости отъ ряда условій можетъ или остановиться въ четкѣ или же пройти черезъ нее, остановившись затѣмъ въ узкой части трубки; во всякомъ же случаѣ, мы можемъ признать, что вода въ разсмотрѣнной нами четочной капиллярной трубкѣ останавливается приблизительно на высотѣ опредѣляемой наибольшимъ діаметромъ расширеній. Очевидно, что четочныя трубки могутъ представлять весьма различную комбинацію болѣе широкихъ и узкихъ капиллярныхъ пространствъ; однако, послѣ всего сказаннаго мы всегда можемъ себѣ въ общихъ чертахъ представить, на какую приблизительно высоту должна подняться вода въ той или иной четочной трубкѣ.

Въ выше разсмотрѣнномъ случаѣ вода поднялась въ трубку, благодаря капиллярной силѣ, снизу кверху. Наполнимъ же теперь четочную трубку водою сверху и дадимъ затѣмъ водѣ стечь и прійти въ равновѣсіе. Если въ этомъ случаѣ мы будемъ имѣть сравнительно короткую четочную трубку, то вода въ ней задержится на той же высотѣ, какъ и въ трубкѣ, погруженной въ воду, и кромѣ того въ суженныхъ частяхъ трубки образуются столбики воды, какъ это показано на рис. 19. Если же мы приведемъ такой же опытъ съ длинной четочной трубкой, то не трудно себѣ представить, что по мѣрѣ того, какъ вода будетъ опускаться въ четочной трубкѣ, въ перемычкахъ между верхними четками можетъ образоваться значительное число водныхъ столбиковъ, которые задержатъ притокъ воздуха въ трубку, вслѣдствіе чего въ послѣдней образуется разрѣженное пространство, и вода, очевидно, не опустится въ трубкѣ до той высоты, на которой она можетъ держаться въ ней только подъ вліяніемъ капиллярной

силы. Итакъ, мы видимъ, что размѣщеніе воды въ четочныхъ трубкахъ усложняется присутствіемъ въ нихъ воздуха; съ чѣмъ, конечно, приходится считаться и при анализѣ капиллярныхъ явленій въ почвѣ.

Но въ почвѣ, какъ выше было указано, мы не имѣемъ, въ строгомъ смыслѣ слова, замкнутыхъ четочныхъ трубокъ, а лишь сѣтъ капиллярныхъ пространствъ, постоянно измѣняющихся въ своихъ размѣрахъ. Поэтому размѣщеніе воды въ почвѣ можетъ быть еще полнѣе выяснено, если мы въ заключеніе разсмотримъ распределеніе воды между двумя гофрированными пластинками, сближенными такъ, что возвышенія одной пластинки приходятся противъ возвышеній другой, какъ показано на рис. 20.



20.

Если такія сближенные пластинки опустить въ воду, то послѣдняя подыметъ между ними приблизительно на высоту, которая, какъ мы знаемъ изъ разсмотрѣнія явленій въ четочныхъ трубкахъ, опредѣляется наибольшимъ разстояніемъ между внутренними плоскостями пластинокъ. Введемъ же теперь воду между двумя такими же пластинками сверху и дадимъ водѣ прійти въ равновѣсіе; вода въ этомъ случаѣ остановится внизу между пластинками на той же высотѣ, какъ и въ предыдущемъ случаѣ, но кромѣ того, она задержится въ видѣ оторванныхъ капель между сближенными частями пластинокъ.

Представимъ же теперь, что мы имѣемъ цѣлый рядъ весьма высокихъ, въ нѣсколько метровъ, подобныхъ паръ пластинокъ, весьма различныхъ по сближенности и по внутреннему рельефу, но въ общемъ однородныхъ снизу до верху, и погрузимъ ихъ нижними концами въ воду; вода въ нихъ, очевидно, поднимается на разную высоту; при чемъ съ возрастаніемъ послѣдней все большее и большее число пластинокъ будутъ оказываться безъ воды; на известной же высотѣ воды между пластинками вовсе не окажется; такое размѣщеніе воды соотвѣтствуетъ распределенію влажности въ сухой однородной снизу до верху почвенной колоннѣ, помѣщенной нижнею частью въ воду. Если же мы теперь на ту же систему пластинокъ нальемъ воду сверху и дадимъ послѣдней прійти въ равновѣсіе, то, очевидно, вода задержится на всю высоту пластинокъ, какой бы длины онѣ не были, и при изслѣдованіи количества воды, задержавшейся между всѣми пластинками, мы найдемъ, что сверху до известной высоты количество воды на различныхъ высотахъ будетъ приблизительно одинаково, а именно, до той высоты, до которой въ предыдущемъ случаѣ вода поднялась подъ вліяніемъ капиллярныхъ силъ; начиная же съ этой высоты количество воды между пластинками начнетъ увеличиваться книзу. Въ только что разсмотрѣнномъ случаѣ мы имѣемъ схематическое представленіе размѣщенія воды въ очень высокой однородной почвенной колоннѣ, смоченной водою сверху, послѣ того, какъ послѣдняя пришла въ равновѣсіе.

Очевидно, что въ почвѣ капиллярныя явленія значительно болѣе сложны, чѣмъ они представляются въ простыхъ капиллярныхъ трубкахъ и между пластинками, какъ вслѣдствіе сложности системы капиллярныхъ пространствъ, такъ и въ зависимости отъ присутствія въ порахъ почвы воздуха, усложняющаго явленія; но во всякомъ случаѣ, какъ увидимъ ниже, распределеніе воды въ почвѣ и движеніе ея въ ней вполне согласуются со всѣмъ вышеизложеннымъ.

### Водоудерживающая способность почвы.

Способность почвы вмѣщать и удерживать въ себѣ воду называется ея *влагоемкостью*. Изученіе этого свойства почвы, очевидно, представляетъ весьма крупный интересъ, такъ какъ влагоемкостью почвы опредѣляется количество воды, которое можетъ быть удержано почвою и которое является источникомъ влаги для растений, потребляющихъ послѣднюю въ весьма значительныхъ количествахъ; затѣмъ, влагоемкость почвы въ сильной степени обуславливаетъ тепловыя свойства и провѣтриваемость почвы, а также сильно вліяетъ на количество грунтовыхъ водъ.

Способность почвы удерживать въ себѣ воду обусловлена, главнымъ образомъ, капиллярными свойствами почвы и смачиваемостью водою почвенныхъ частицъ, а также набуханіемъ нѣкоторыхъ почвенныхъ частицъ (напр., перегноя) и отчасти коллоидальными свойствами веществъ, находящихся въ почвѣ (гидратная кремневая кислота, глиноземъ, окись желѣза и т. д.). Величина влагоемкости почвъ оказывается весьма различною и зависитъ какъ отъ свойствъ самой почвы (отъ общаго объема поръ, отъ крупности почвенныхъ частицъ, отъ количества содержащихся въ почвѣ веществъ, способныхъ набухать, и коллоидальныхъ, отъ возможности для почвы измѣнять свой объемъ, отъ плотности сложенія почвы и ея структуры), такъ и отъ состава воды, положенія относительно грунтовой воды и даже отъ температуры почвы.

### Понятіе о наибольшей, относительной и наименьшей влагоемкостяхъ почвы.

Послѣ подробнаго разсмотрѣнія вопроса о размѣщеніи воды въ отдѣльныхъ различнаго вида капиллярныхъ трубкахъ, между двумя пластинками и въ комбинаціи изъ тѣхъ и другихъ, намъ должно быть ясно, какъ должна размѣститься вода благодаря влагоемкости почвы въ насыщенной водою высокой почвенной (сверху до низу однородной) колоннѣ или же слоѣ. Если въ почвѣ всѣ поры капиллярны, то снизу до известной высоты онѣ всѣ будутъ наполнены водою, влажность во всемъ этомъ слоѣ будетъ одинакова и *наибольшая* для этой почвы. Выше этого слоя, при слѣдованіи кверху, отдѣльныя поры, начиная отъ болѣе крупныхъ и переходя къ болѣе мелкимъ, начнутъ, все въ

большемъ и въ большемъ числѣ, оказываться не заполненными сплошь водою: влажность по мѣрѣ движенія кверху будетъ все падать и падать; слѣдовательно, въ этомъ слоѣ влажность будетъ *относительною*, завися отъ высоты расположенія слоя; наконецъ, съ извѣстной высоты въ порахъ почвы не будетъ уже воды, которая бы находилась въ непрерывной связи съ водою нижнихъ слоевъ; влажность съ этой высоты становится постоянной и будетъ *наименьшей* для данной увлажненной почвы. Такое размѣщеніе воды въ мощномъ почвенномъ слоѣ приводитъ насъ къ установленію понятія о трехъ видахъ влагоемкости почвы:

1) *Наименьшая или пленчатая влагоемкость почвы* есть способность почвы удерживать воду на высотѣ, до которой не достигаетъ капиллярная вода, находящаяся въ непосредственной связи съ грунтовою водою нижнихъ почвенныхъ слоевъ; величина ея не зависитъ отъ высоты положенія почвеннаго слоя, напротивъ, она одинакова на различныхъ высотахъ; влажность почвы, соответствующая ея наименьшей влагоемкости, не способна передвигаться въ почвѣ.

2) *Относительная или капиллярная влагоемкость почвы* есть способность почвы удерживать воду при различной высотѣ почвеннаго столба; при чемъ величина ея измѣняется съ высотой этого послѣдняго; ее можно опредѣлять какъ для всего почвеннаго столба (включая сюда слои съ наибольшею и наименьшею влагоемкостью), такъ и для слоя, лежащаго на той или другой высотѣ.

3) *Наибольшая или объемная влагоемкость почвы* есть способность почвы вмѣщать въ себя наибольшее количество воды; при чемъ въ случаѣ, если почва не увеличиваетъ своего объема, то наибольшая влагоемкость почвы соответствуетъ порозности сухой почвы. При опредѣленіи наибольшей влагоемкости почвы мы считаемъ болѣе цѣлесообразнымъ не вводить различія между капиллярными и некапиллярными пространствами почвы, такъ какъ иначе весь вопросъ о наибольшей влагоемкости весьма усложнился бы. Дѣло въ томъ, что, напр., стеклянная трубка діаметромъ въ 6—8 мм. является уже капиллярною, въ томъ смыслѣ, что, будучи опущена въ воду, она уже нѣсколько приподымаетъ воду на всей поверхности воды въ трубкѣ; слѣдовательно, при крупно зернистыхъ почвахъ для опредѣленія дѣйствительной наибольшей влагоемкости намъ пришлось бы опредѣлять воду, удерживаемую почвою при очень тонкихъ слояхъ, что, очевидно, встрѣтило бы большія затрудненія при выполненіи на практикѣ.

Чтобы показать, что выше приведенное распредѣленіе воды въ почвѣ, сдѣланное нами на основаніи теоретическихъ соображеній, соответствуетъ дѣйствительности, мы приведемъ теперь данныя размѣщенія воды въ сравнительно высокихъ почвенныхъ колоннахъ, полученные при опытахъ Кингомъ и въ нашей лабораторіи Г. Н. Бочемъ.

Кингъ произвелъ соответствующіе опыты съ мелкими песками въ высокихъ (до 3-хъ метровъ) и широкихъ трубкахъ (15 сант.); полученные имъ данныя можно видѣть изъ слѣд. таблицы:

орядокъ слоевъ сверху книзу.	Мощность слоевъ въ сант.	На 100 част. сух. песк. удерж. столько то частей воды. Приблизит. разм. песка въ мм.					
		0,0465	0,0182	0,0152	0,0112	0,0075	
I . . . . .	225—300	2,16	2,45	2,58	3,06	3,54	
II . . . . .	150—225	2,41	2,71	2,95	3,71	5,68	
III . . . . .	75—150	2,73	2,95	3,20	5,46	11,19	
IV . . . . .	0—75	7,77	11,56	14,32	18,05	19,06	
	0—15	17,03	20,18	20,02	20,70	20,69	

Приведемъ, затѣмъ, данныя распредѣленія воды, полученные въ нашей лабораторіи на песчаной колоннѣ въ 1,3 метра высотой для послѣдовательныхъ слоевъ мощностью приблизительно въ 5 сант.; песокъ, взятый для опыта, состоялъ преимущественно изъ частицъ отъ 0,25 до 0,5 мм. (отмученъ не былъ); при опредѣленіи влажности, которая выражена въ процентахъ отъ сухой почвы, получены слѣд. данныя:

№№ слоя, считая снизу.	Влажность въ %.	№№ слоя.	Влажность въ %.	№№ слоя.	Влажность въ %.
23	1,9	16	3,2	8	13,1
22	2,6	15	3,8	7	14,9
21	2,9	14	4,9	6	15,7
20	2,6	13	5,9	5	15,3
11	2,8	12	7,7	4	15,1
18	3,2	11	8,9	3	14,7
17	3,3	10	9,7	2	16,1
		9	11,9	1	17,0

Итакъ, мы видимъ, что наше теоретическое представленіе о распредѣленіи воды въ почвѣ въ общемъ согласуется съ данными, полученными при опытахъ. Во всѣхъ приведенныхъ примѣрахъ данныя показываютъ, что, если мы имѣемъ достаточно высокой слой почвы для соответственной крупности почвенныхъ зеренъ, то влажность почвы съ извѣстной высоты (тѣмъ крупнѣе почвенныя зерна, тѣмъ ниже) не зависитъ существенно отъ высоты положенія слоя и оказывается приблизительно одинаковой, т. е. съ этой высоты почва находится при наименьшей влагоемкости. Такъ въ опытѣ Кинга при болѣе крупныхъ пескахъ постоянная влажность начинается приблизительно съ высоты 75 сант., при болѣе мелкомъ пескѣ, повидимому, только съ высоты 2<sup>1</sup>/<sub>4</sub> метровъ; въ нашемъ опытѣ песокъ находился при наименьшей влагоемкости приблизительно съ высоты 80 сант. (со слоя № 16); ниже почва находилась при влажности, соответствующей относительной влагоемкости, которая начинаетъ книзу замѣтно увеличиваться, затѣмъ, достигнувъ приблизительно 15%, остается на нѣкоторомъ протяженіи безъ повышенія, подымаясь замѣтно только въ двухъ послѣднихъ слояхъ; наблюдаемое постоянство влажности на нѣкоторомъ протяженіи въ области относительной влагоемкости должно быть объяснено тѣмъ, что въ данномъ пескѣ, какъ и въ каждой почвѣ, имѣются преобладающаго размѣра капилляры, подымающіе воду на извѣстную высоту.

*Размѣщеніе воды въ почвахъ при естественныхъ условіяхъ ихъ залеганія.*

Въ почвахъ, залегающихъ въ естественныхъ условіяхъ, вода, очевидно, почти никогда не приходитъ въ равновѣсіе, каковое имѣло мѣсто при распредѣленіи влаги въ выше разсмотрѣнныхъ нами почвенныхъ колоннахъ, которыя были увлажнены сверху и затѣмъ оставлены въ покоѣ, пока вода пришла въ нихъ въ возможное равновѣсіе. Въ природѣ почва, отъ времени до времени, получаетъ съ атмосферными осадками воду, которая проникаетъ въ нее и, если не будетъ израсходована растениями и не испарится, то въ извѣстной части опускается и присоединяется къ грунтовой водѣ. Чтобы, по возможности, ясно представлять себѣ размѣщеніе и передвиженіе воды въ почвѣ при естественномъ ея залеганіи, полезно, хотя бы теоретически, отдѣлять въ почвѣ влагу, которую почва удерживаетъ въ себѣ, когда вода въ ней пришла въ равновѣсіе, отъ той влаги, которая находится въ почвѣ сверхъ влаги первой категоріи. Влага первой категоріи находится въ покоѣ, разъ изъ почвы нѣтъ испаренія воды; напротивъ, влага второй категоріи, какъ бы ни было мало ея количество, хотя бы нѣсколько капель, находится въ движеніи, неизбѣжно должна опуститься внизъ и вся присоединиться къ грунтовой водѣ, повывсивъ ея уровень. Когда же изъ почвы вода теряется черезъ испареніе, то явленіе усложняется, но, во всякомъ случаѣ, вода второй категоріи, ушедшая изъ области тѣхъ слоевъ, изъ которыхъ она можетъ расходоваться черезъ испареніе, и въ этомъ случаѣ вся поступитъ въ грунтовую воду.

Въ природѣ, хотя и рѣдко, мы можемъ наблюдать воду, пришедшую въ извѣстныхъ слояхъ въ состояніе близкое къ полному равновѣсію, а именно—въ случаѣ, когда грунтовая вода залегаютъ весьма глубоко, а влага атмосферныхъ осадковъ въ сколько нибудь значительныхъ количествахъ проникаетъ въ почву сравнительно не глубоко, не опускаясь въ глубокіе почвенные слои; въ этомъ случаѣ вода болѣе глубокихъ слоевъ приходитъ, можно считать, въ равновѣсіе, разъ уровень грунтовой воды замѣтно не колеблется. Подобныя условія мы нерѣдко можемъ встрѣтить у насъ въ степной мѣстности при ровной степи съ легкимъ наклономъ; въ этомъ случаѣ количество воды, поступающее на почву даже весной, сравнительно не велико. Чтобы дать представленіе о распредѣленіи влаги въ почвѣ при указанныхъ условіяхъ, мы воспользуемся данными распредѣленія воды въ почвѣ и грунтѣ, полученными г. Измаильскимъ при опредѣленіи влажности почвенныхъ слоевъ до грунтовой воды въ Полтавской губ. на ровной степи съ общимъ сильнымъ паденіемъ; приводимъ для сравненія соотвѣтствующія данныя для ровной степи, усѣянной воронками, при какомъ условіи атмосферные осадки проникаютъ въ почву въ значительно большемъ размѣрѣ и уже достигаютъ грунтовой воды:

Глубина въ арш. отъ поверхности.	Довбищево въ 1880 г. Ровная степь съ общимъ сильнымъ паденіемъ.		Григоренково въ 1892 г. Ровная степь, густо усѣянная воронками.	
	Влажность въ % сыр. почвы.	Влажность въ % сух. почвы.	Влажность въ % сыр. почвы.	Влажность въ % сух. почвы.
1	18,25	22,3	12,59	14,4
2	12,96	14,9	12,86	14,7
3	10,34	11,5	12,91	14,8
4	16,22	19,4	13,79	16,0
5	16,13	19,2	15,57	18,5
6	13,15	15,1	17,38	21,1
7	18,33	22,4	18,44	22,6
8	10,57	11,8	17,36	21,1
9	10,66	11,9	14,28	16,7
10	12,19	13,9	18,08	22,1
11	14,16	16,5	19,21	23,8
12	18,26	22,3	20,89	26,4
13	19,86	24,8	22,71	29,4
14	20,53	25,8	22,94	29,8 грунтов.
15	18,80	23,1	22,74	29,4 вода.
16	19,16	23,7	21,63	22,7
17	20,73	26,2	19,86	24,8
18	20,08	25,1	20,87	26,3
19	20,09	25,1	20,92	26,4
20	22,37	28,8	грунтов. вода. 20,28	25,4

Если внимательно разсмотрѣть влажность почвы и грунта въ Довбищевѣ, то мы въ общихъ чертахъ можемъ наблюсти слѣдующее: до глубины 8 аршинъ влажность почвы измѣняется по слоямъ безъ определенной законности; это объясняется тѣмъ, что влага этихъ верхнихъ слоевъ находится въ тѣсной связи съ атмосферными осадками и съ условіями расходования воды черезъ испареніе; далѣе, въ слоѣ на глубинѣ 8 и 9 аршинъ влажность сильно опускается и приблизительно одинакова для двухъ сосѣднихъ слоевъ, 11,8% и 11,9%; затѣмъ, количество влаги въ почвѣ начинаетъ быстро возрастать (13,9%, 16,5%, 22,3%, 24,8%), достигаетъ 25% и приблизительно <sup>1)</sup> при этой высотѣ держится до грунтовой воды, гдѣ грунтъ (прѣсноводный мергель) вмѣщаетъ въ себѣ 28,8% воды. Такимъ образомъ, размѣщеніе воды въ грунтѣ, съ глубины 8 аршинъ при ровной степи съ сильнымъ паденіемъ, оказалось въ главныхъ чертахъ тождественнымъ съ распредѣленіемъ воды въ нашей выше описанной песчаной колоннѣ. Поэтому, мы съ большимъ основаніемъ можемъ допустить, что, во-первыхъ, въ разсматриваемомъ случаѣ мы имѣемъ, начиная съ глубины 8 арш., влагу въ грунтѣ приблизительно въ равновѣсіи, что, во-вторыхъ, слои на глубинѣ 8 и 9 арш., находятся при влажности, равной ихъ наименьшей влагоемкости, и что, наконецъ, въ третьихъ, влажность грунта ниже этихъ слоевъ обусловлена поднятіемъ грунтовой воды. Сравнительная же влажность грунта въ Григоренковѣ

<sup>1)</sup> Наблюдаемая колебанія вполне естественно объясняются нѣкоторою неоднородностью грунта на различныхъ глубинахъ.

показывает, что въ данномъ случай мы не им'ѣемъ слоя съ малымъ-содержашемъ влаги, и что здесь влага, благодаря воронкамъ, сравнительно въ болынихъ количествахъ проникаетъ въ грунтъ и промачиваетъ его до грунтовой воды.

Г. Н. В ы с о ц к і й, изучавпий влажность почвы и грунта на значительную глубину для Велико-Анадольскаго лесничества (Маршупольск. у.г. Катерин, губ.), также указываетъ на существоваше въ этой местности горизонта съ малою и притомъ почти съ постоянною изъ года въ годъ влажностью: слой этотъ начинается здесь приблизительно съ глубины 4 метровъ. Г. В ы с о ц к і й называетъ его „мертвымъ горизонтомъ“. Подъ искусственно разведеннымъ лесомъ, начинаясь съ глубины 4 метровъ, этотъ слой простирается до 13,5 м.; влажность его, въ общемъ постоянная, колеблется около 15% отъ сухой почвы (отъ 14% до 16%); начиная съ глубины 13,5 метровъ, влажность грунта заметно повышается и на глубине 20,5 м. достигаетъ 22%, где и появляется грунтовая вода. Такимъ образомъ, размещеше влаги и въ этомъ случае вполне сходно съ распределешемъ воды въ Довбищеве; только слой съ низкою, постоянною влагою въ Велико-Анадоле более мощенъ и выраженъ значительно более рельефно. Соответствующей съ низкою влажностью горизонтъ г. В ы с о ц к і й наблюдалъ въ Велико-Анадоле и подъ пырейною залежью, при чемъ, однако, средняя его влажность была несколько выше, чемъ подъ лесомъ, а именно, около 13,5%; это авторъ объясняетъ темъ, что въ первомъ случае, подъ лесомъ „мертвый горизонтъ“ изсушенъ древесною растительностью. Намъ, однако, скорее думается, что 15-ти процентная влажность „мертвого горизонта“ подъ лесомъ, простирающаяся съ глубины отъ 4 до 13 метровъ, не объясняется изсушетемъ этого слоя подъ влияшемъ древесной растительности, такъ какъ трудно допустить, чтобы древесная растительность въ Велико-Анадоле, при плотности местнаго грунта, могла пользоваться влагою съ глубины 5 са-

ныхъ колоннъ, высота которыхъ зависитъ отъ капиллярныхъ свойствъ почвы; при чемъ чѣмъ мельче поры последней, тѣмъ, очевидно, выше должна быть колонна. Теоретически вырѣзка высокихъ почвенныхъ колоннъ не представляетъ большихъ затрудненШ, но въполнеше этой работы на деле является весьма хлопотливымъ. Положимъ, возможно пользоваться колоннами, составленными изъ частей, какъ дѣлалъ это

ней и объ ея величинѣ помогло бы намъ освѣтить цѣлый рядъ весьма важныхъ вопросовъ, касающихся режима воды въ почвѣ и грунтѣ; напр., происходитъ или нѣтъ въ томъ или другомъ частномъ случаѣ просачиваніе влаги до грунтовыхъ водъ, или же, напр., въ вопросѣ о высотѣ поднятія грунтовыхъ водъ въ связи съ количествомъ поступающей воды, такъ какъ разница между наибольшею и наименьшею влагоемкости, выраженными въ объемныхъ единицахъ, показываетъ намъ количество воды, потребное для поднятія уровня грунтовой воды на ту или другую высоту, разъ до этого влага въ грунтѣ находилась въ равновѣсіи.

*Зависимость влагоемкости почвы отъ различныхъ условій.*

Величина влагоемкости почвъ зависитъ отъ цѣлага ряда моментовъ; изученіемъ ихъ вліянія на влагоемкость почвъ занимались, главнымъ образомъ, нѣмецкіе почвовѣды, съ проф. Вольни во главѣ. Мы остановимся на этомъ вопросѣ лишь кратко, такъ какъ съ качественной стороны вліяніе отдѣльныхъ моментовъ на величину влагоемкости почвъ несложно и въ большинствѣ случаевъ можетъ быть даже указано а priori на основаніи теоретическихъ соображеній, количественная же сторона интересующаго насъ явленія въ естественныхъ почвахъ мало освѣщается тѣми данными, которыя дали намъ нѣмецкіе почвовѣды, такъ какъ они производили свои опыты съ искусственными смѣсями.

Механическій составъ почвъ вліяетъ на величину наибольшей влагоемкости въ общемъ слабо, такъ какъ извѣстно, что порозность почвъ мало измѣняется съ измѣненіемъ крупности почвенныхъ частицъ; въ общемъ же, наибольшая влагоемкость мелкозернистыхъ почвъ будетъ нѣсколько выше, чѣмъ крупнозернистыхъ.

*Наименьшая* влагоемкость наоборотъ должна находиться въ весьма большой зависимости отъ крупности почвенныхъ частицъ. Несомнѣнно также, что наименьшая влагоемкость должна сильно зависѣть отъ состава почвы: всѣ вещества, способныя сами набухать, какъ, напр., перегной, будутъ весьма сильно повышать наименьшую влагоемкость почвы.

Степень плотности сложенія почвы должна, очевидно, сильно вліять на величину наибольшей влагоемкости; какъ же она проявляется на наименьшей влагоемкости, безъ прямыхъ опытовъ, трудно сказать.

Наконецъ, слѣдуетъ указать на измѣненіе влагоемкости почвъ подъ вліяніемъ сотрясенія. Изученіе вліянія этого фактора представляетъ значительный интересъ, такъ какъ оно освѣщаетъ намъ вопросъ о движеніи, такъ называемыхъ, плавучихъ песковъ. Песокъ, отлагаясь при естественныхъ условіяхъ или насыпанный искусственно, не укладывается наиболѣе плотнымъ образомъ, отчего

его порозность и наибольшая влагоемкость являются какъ бы повышенными; если же теперь такой песокъ, насыщенный водою, подвергнуть сотрясенію, то онъ легко можетъ уплотниться; результатомъ же уплотненія явится избытокъ воды, съ которою песокъ и поплыветъ. Это весьма легко продѣлать на простомъ опытѣ.

При изученіи вліянія температуры почвы на величину ея влагоемкости при опытахъ, съ невысокими колоннами, выяснилось, что минеральныя почвы удерживаютъ тѣмъ меньше воды чѣмъ выше ихъ температура, въ почвахъ же, богатыхъ перегноемъ, зависимость обратная.

Интересно далѣе отмѣтить вліяніе растворимыхъ солей на влагоемкость почвъ. Опыты, произведенные въ этомъ направленіи показали, что даже слабыя растворы солей не остаются въ этомъ отношеніи безъ вліянія; при чемъ одна группа солей— гидраты и углесоли щелочей замѣтно понижали влагоемкость почвы; вторая, состоящая изъ сѣрнокислыхъ солей, не оказывала вліянія, и, наконецъ, третья, включающая въ себя нитраты, хлориды и ѣдкую известь, повышала влагоемкость почвъ. Необходимо, однако, замѣтить, что въ данномъ случаѣ рѣчь шла о вѣсовой влагоемкости, такъ какъ уменьшеніе и увеличеніе послѣдней подъ вліяніемъ солей зависитъ собственно отъ измѣненія объема почвы, происходящаго отъ впитыванія сухою почвою того или другого раствора.

*Конкретные примѣры величины влагоемкости почвъ.*

Чтобы дать болѣе ясное представленіе о количественной сторонѣ влагоемкости естественныхъ почвъ, мы приведемъ въ заключеніе нѣсколько конкретныхъ данныхъ какъ для наименьшей влагоемкости, такъ и для наибольшей, относящихся къ типичнымъ русскимъ почвамъ и грунтамъ. Что касается относительной влагоемкости почвъ, то величина ея, очевидно, измѣняется въ предѣлахъ между наибольшею и наименьшею влагоемкостью.

Весьма интереснымъ является вопросъ о высотѣ, до которой при почвенномъ столбѣ мы имѣемъ дѣло съ относительной влагоемкостью, и съ какой высоты начинается уже наименьшая влагоемкость для различныхъ почвъ и грунтовъ. Въ песчаныхъ образованіяхъ эта высота, очевидно, не велика, но въ плотныхъ и мелкозернистыхъ отложеніяхъ она должна достигать значительныхъ размѣровъ; по крайней мѣрѣ въ приведенныхъ нами данныхъ влажности естественныхъ почвъ, наблюдавшейся г. Измаильскимъ и Высоцкимъ, наименьшая влагоемкость грунта начиналась на высотѣ почти трехъ сажень.

Чтобы дать нѣкоторое представленіе о величинѣ влагоемкости русскихъ почвъ при опредѣленной высотѣ почвеннаго столба, мы приводимъ нижеслѣдующую таблицу, въ которой собраны данныя опредѣленія относительной влагоемкости нѣсколькихъ типичныхъ рус-

скихъ почвъ, при высотѣ столба въ 20 сант., но, къ сожалѣнію, не въ естественномъ сложеніи, а при искусственномъ наполненіи стеклянныхъ трубокъ почвою.

	Вѣсовая влагоемкость въ % отъ сухой почвы при столбѣ 20 с.	Наибольшая гигроскоп. вода въ % отъ сух. почвы.
Черноземъ изъ им. Кроткое, Тульск. губ. . . . .	58,56 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	11,328 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
„ „ Балашовск. у., Саратов. губ. . . . .	57,11 „	10,491 „
„ „ им. Левицкаго, Тульск. губ. . . . .	51,22 „	8,465 „
Супесч. черноземъ изъ им. Полибино, Пенз. г. . . . .	43,12 „	7,681 „
Подзолистая почва изъ им. Сестрино, Смолен. г. . . . .	43,28 „	2,859 „
„ „ Клинск. оп. поля Моск. г. . . . .	43,29 „	2,741 „
Песчаная почва изъ парка Лѣсн. Инст. . . . .	23,15 „	1,756 „

Наименьшая влагоемкость почвъ, какъ нами было указано, почти еще не изучалась; поэтому для характеристики ея величины мы можемъ привести лишь вполнѣ отрывочныя данныя. Между тѣмъ величина наименьшей влагоемкости почвы указываетъ намъ на ту влажность, къ которой внѣ вліянія испаренія стремится притти всякая почва въ верхнихъ слояхъ, если послѣдніе въ значительной степени удалены отъ грунтовой воды, весь же избытокъ воды идетъ на пополненіе грунтовой воды. Изъ опытовъ Кинга и Боча съ распредѣленіемъ влаги въ высокихъ песчаныхъ колоннахъ, мы можемъ вывести, что для песка наименьшая влагоемкость колеблется около 2—3% отъ вѣса сухой почвы; опредѣленіе г. Измаильскаго влажности грунта въ Григоренковѣ даетъ намъ наименьшую влагоемкость для мѣстнаго свѣтло-желтаго лесса—около 12%; наибольшая влагоемкость того же лесса въ естественномъ сложеніи съ различныхъ глубинъ колебалась между 27,20—35,62% отъ вѣса сухой почвы. Данныя г. Высоцкаго для Велико-Анадоля (см. стр. 234) показываютъ наименьшую влагоемкость для мѣстной тяжелой глины равную 15%. Наименьшая влагоемкость для суглинистаго чернозема по опредѣленію въ лабораторіи Лѣсн. Института, какъ мы видѣли, оказалась весьма высокою и равнялась 33%; наибольшая же вѣсовая влагоемкость этого чернозема, опредѣленная насыщеніемъ почвы водою, была 59,40% отъ абс. сух. почвы, объемная—61,99% (порозность=60,65%; наибольшая гигроскопичность=9,75%).

Чтобы охарактеризовать величину наибольшей влагоемкости почвъ и грунтовъ въ ихъ естественномъ состояніи, приводимъ нижеслѣдующую таблицу, въ которой г. Высоцкій сообщаетъ соотвѣтствующія данныя для почвы и грунта въ Велико-Анадольскомъ лѣсничествѣ.

Глубина отъ поверхности въ метрахъ.	Наибольшая влагоемкость по вычисленію.			Наибольшая наблюдавш. влажность въ % сырой почв.
	объемн.	въ % отъ сухой.	въ % отъ сырой.	
Поверхност.	58	53	34,5	32—34
почва.	0,10	54	45	31
	0,25	50	38,5	30—31
	0,50	49	36	28
	0,75	47	33,5	26—28
	1,00	46	32	22—23
	1,25	44	29	25
грунтъ.	1,50	43	28	24
	1,75	41	26	23
	2,00	39	24	22
				20,5
				19

Изъ данныхъ таблицы мы видимъ, что порозность или наибольшая объемная влагоемкость верхнихъ слоевъ чернозема весьма значительна, болѣе 50% (58 и 54), что она замѣтно понижается съ углубленіемъ въ почву и для грунта на глубинѣ 2-хъ метровъ равняется только 39, т. е. въ черноземѣ объемъ поръ больше общаго объема почвенныхъ частицъ, въ грунтѣ же поры составляютъ только одну треть отъ объема почвы. Затѣмъ приведенныя данныя показываютъ, что влажность почвы при естественныхъ условіяхъ рѣдко достигаетъ наибольшей влагоемкости.

Чтобы привести еще примѣръ для наибольшей влагоемкости почвъ въ ихъ естественномъ сложеніи, мы воспользуемся данными, полученными г. А. Измаильскимъ для чернозема и лѣсной почвы Полтавской губ.; образцы были взяты въ лѣсу, на степи и на полѣ, изъ-подъ стерни озимаго, съ глубины: отъ 0 до 2 верш., отъ 2 до 4, и отъ 4 до 6 верш.; полученныя данныя собраны въ нижеслѣдующую таблицу:

Вѣсъ 1 литра сухой почвы (грам.).	Влагоемкость почвы въ %.											
	Къ вѣсу сухой почвы.			Къ вѣсу сырой почвы.			Къ объему почвы.					
	Съ какой глубины взять образецъ въ верхкахъ											
	0—2	2—4	4—6	0—2	2—4	4—6	0—2	2—4	4—6	0—2	2—4	4—6
	Откуда взята почва:											
	Изъ лѣсу.											
	754,4	1101,0	1124,3	73,50	44,46	48,49	42,36	30,77	32,57	55,45	49,01	54,41
	Со степи.											
	1241,8	1196,1	1257,4	39,07	42,75	38,14	28,09	32,29	27,61	48,51	51,11	47,96
	Изъ-подъ стерни озимаго.											
	1095,1	1091,1	1183,9	48,03	53,56	41,59	32,52	32,22	29,34	52,49	53,66	49,22

Приведенныя данныя, характеризуя наибольшую влагоемкость <sup>1)</sup> излѣдованныхъ почвъ, показываютъ намъ, сколь неодинаково высокою и различною можетъ намъ представиться влагоемкость почвы въ зависимости отъ приѣма ея выраженія; особенно рѣзко это бро-

<sup>1)</sup> Влагоемкость почвъ опредѣлялась при высотѣ почвеннаго столба въ 9 сант.; слѣдовательно, она только приблизительно соотвѣтствуетъ наибольшей влагоемкости.

сается въ глаза для верхняго слоя льсной **ПОЧВЫ**, богатаго орг. веществами и поэтому удѣльно легкаго. Объемная влагоемкость, очевидно, даетъ намъ наиболее ясное представлеше о дѣйствительныхъ водныхъ **УСЛОВІЯХЪ** почвы.

Наконецъ, упомянемъ еще о данныхъ для наибольшей влагоемкости, полученныхъ проф. П. Ф. Бараковымъ для Богодуховскаго чернозема, Орловской губ. и для лесса оттуда же, въ ихъ естественномъ сложенш; для перваго наибольшая влагоемкость въ среднемъ равнялась: объемная=59°/0, весовая отъ сух. почвы=54°/0; для лесса: объемная=38,2°/0, весовая отъ сухого лесса=23,3°/0

### **Водопроницаемость почвъ.**

Подъ водопроницаемостью почвы мы будемъ понимать способность почвы воспринимать воду, передвигать ее изъ одного слоя въ другой и просаливать воду черезъ себя при участш силы тяжести воды. При изученш водопроницаемости почвы, наиболее удобно разсмотрѣть особо два случая движешя воды въ почвѣ; 1) фильтрацію или просачиваше воды черезъ почву, и 2) иступлеше воды въ почву и передвижеше ея изъ одного слоя въ другой.

Просачиваніе воды черезъ почву.

Условія просачиванія воды черезъ почву впервые наиболее обстоятельно были изучены Зеельгеймомъ; этотъ изслѣдователь изучалъ просачиваше воды черезъ весьма тщательно очищенные пески различной крупности зерна, черезъ каолинъ и мѣлъ, истертый въ порошокъ и отмученный, и пришелъ къ слѣдующимъ выводамъ.

1) Количество просачивающейся воды для всѣхъ испытанныхъ матеріаловъ при постоянства всѣхъ другихъ условш пропорционально давленш, которое пропзводитъ фильтрующаяся вода, при чемъ доляша быть принята во внимаше высота столба воды, какъ надъ фильтрующимъ слоемъ, такъ и въ немъ самомъ.

2) Количество просачивающейся воды для всѣхъ испытанныхъ матеріаловъ обратно пропорционально высотѣ фильтрующаго слоя.

3) Съ повышешемъ температуры воды количество просачивающейся воды увеличивается; такъ, напр., въ одномъ изъ опытовъ съ пескомъ при температурѣ 9° С. вытекало 94 ссш. при 15° -108 ест. и при 19,5°—122 сст.; на основанш полученныхъ данныхъ Зеельгеймъ даетъ формулу зависимости скорости просачивашя воды черезъ

всѣхъ опытовъ; при ихъ изслѣдованіяхъ наблюдались болѣе или менѣе значительныя отклоненія. Зависѣла ли такая разница отъ недостаточной чистоты и однородности матеріаловъ, служившихъ въ опытахъ послѣднихъ ученыхъ, или отъ болѣе широкихъ предѣловъ, въ которыхъ они изучали эти явленія, или же, наконецъ, отъ какихъ либо другихъ причинъ, въ настоящее время безъ новыхъ опытовъ трудно дать опредѣленный отвѣтъ. Вообще же надо думать, что условія просачиванія воды въ естественныхъ почвахъ, при большомъ разнообразіи ихъ механическаго и качественного составовъ, а также и строенія, должны быть крайне сложными, и тѣ выводы, къ которымъ пришелъ Зеельгеймъ, работая съ относительно опредѣленными средами устанавливають для насъ только руководящіе принципы при изученіи и анализѣ явленій просачиванія воды черезъ естественныя почвы; но располагать такими основными принципами, во всякомъ случаѣ, для насъ весьма важно: они въ значительной степени освѣщаютъ намъ отдѣльные конкретные случаи.

Въ частности Вольни при своихъ опытахъ изслѣдовалъ вліяніе структуры почвы на скорость просачиванія воды черезъ почву, сравнивая въ этомъ отношеніи суглинокъ въ комковатомъ и порошковатомъ состояніяхъ; разница, какъ и можно было ожидать, получилась весьма значительная: такъ при мощности слоя въ 20 сант. и давленіи воды въ 50 сант. въ теченіе 10 часовъ при діаметрѣ внутренней трубки 5 сант.

суглинокъ въ комковатомъ состояніи	пропускалъ	2,276	литр.
« въ порошковатомъ »	»	0,098	«

*Скорость просачиванія воды черезъ почвы.*

Чтобы дать болѣе конкретное представленіе о количественной сторонѣ просачиванія воды черезъ почвы различнаго состава, мы приведемъ сначала для примѣра данныя Шварца, который изслѣдовалъ количество просачивающейся воды черезъ: 1) торфъ, содержащій 82,26% орг. веществъ, 2) кварцевый аллювіальный песокъ, 3) лессовидный суглинокъ и 4) диллювіальную свѣтло-сѣрую глину и получилъ слѣдующія данныя:

	Высота слоя воды, просочившейся черезъ почвенный слой мощностью въ 10 сант. въ теченіе 24 часовъ при постоянномъ давленіи воды въ 6 сант.
Для торфа	0,1 мм.
« аллювіального песка	576,0 »
« лессовиднаго суглинка	167,4 »
« диллювіальной глины	0,07 »

Изъ приведенныхъ данныхъ мы видимъ, что разница въ способности различныхъ почвъ пропускать воду весьма различна; такъ, напр., чтобы черезъ слой глины или торфа мощностью только въ 10 сант. профильтровался слой воды въ 10 сант., потребуется около 100 дней, въ это же время даже чрезъ лессовидный суглинокъ профильтруется слой воды въ 16,74 метра, а черезъ песокъ въ 57,6 метра.

Результаты опытовъ Шварца получены съ почвами безъ сохраненія ихъ естественнаго строенія и сложенія; между тѣмъ для насъ особый интересъ представляютъ данныя о просачиваніи воды черезъ естественныя почвы.

Поэтому заслуживаетъ вниманія попытка проф. Баракова опредѣлить скорость просачиванія воды черезъ лессъ и черноземную почву въ ихъ естественномъ сложеніи. Для взятія пробъ авторъ пользовался особыми цилиндрами изъ алюминиевой бронзы съ острыми краями; ими при соблюденіи извѣстныхъ предосторожностей брались почвенные образцы, проницаемость которыхъ и опредѣлялась въ тѣхъ же самыхъ цилиндрахъ, обыкновенно при высотѣ почвеннаго столба въ 10 сант. и при высотѣ воды надъ почвою въ 1 сант.; для учета вытекающей воды проф. Бараковымъ построены особый самопишущій водомѣръ. Скорость просачиванія изучалась авторомъ для лесса и черноземной почвы, взятыхъ на различныхъ угодьяхъ Богодуховской с.-х. станціи Орловской губ. При выполненіи опытовъ прежде всего оказалось, что просачиваемость одного и того же образца весьма сильно измѣнялась съ теченіемъ времени; въ общихъ чертахъ сначала скорость просачиванія быстро повышалась, затѣмъ замѣтно падала; такъ, напр., лессъ въ первые три дня при слоѣ въ 10 сант. пропускалъ въ среднемъ 12<sup>1)</sup> мм. воды, на 8-ые сутки—120 мм.; а на 16 с.—30 мм. (въ почвахъ колебанія въ количествѣ просачивающейся воды было нѣсколько сложнѣе); такое измѣненіе въ скорости просачиванія авторъ объясняетъ тѣмъ, что сначала, вслѣдствіе растворенія и вымыванія изъ почвы нѣкоторыхъ веществъ (CaCO<sub>3</sub>), размѣръ поръ увеличивался, затѣмъ же слѣдовало разрушеніе структуры и скорость просачиванія падала<sup>2)</sup>. Замѣтимъ, что при увеличеніи слоя воды надъ лессомъ съ 1 сант. до 10 сант. скорость просачиванія возросла значительно болѣе сильно, чѣмъ это слѣдовало по даннымъ Зеельгейма, а именно—съ 12,5 м. до 65,0 мм.

Чтобы дать представленіе о количествѣ воды, способной процѣживаться черезъ черноземную почву, при различномъ ея состояніи, мы приведемъ изъ данныхъ, полученныхъ Бараковымъ, нижеслѣдующую таблицу, въ которой приведена высота столба воды, просочившейся черезъ различные образцы почвы при высотѣ почвеннаго столба въ 10 сант. и высотѣ слоя воды надъ почвою въ 1 сант.—въ первые три дня опыта:

<sup>1)</sup> Мы считаемъ наиболѣе нагляднымъ выражать количество просачивающейся воды не въ единицахъ объема, а высотой слоя воды, прошедшей черезъ почву, при площади, равной поперечному разрѣзу почвенной колонны, черезъ которую происходитъ просачиваніе. Соответствующее перечисленіе нами и сдѣлано для данныхъ, полученныхъ проф. Бараковымъ.

<sup>2)</sup> При опытахъ, подобныхъ вышеописаннымъ, слѣдовало бы пользоваться водою предварительно взболтанною съ соответствующею почвою, какъ поступалъ Зеельгеймъ при опытахъ съ мѣломъ, бравшій воду, находившуюся долгое время въ соприкосновеніи съ мѣломъ.

	1-ья	2-ья	3-ья суиэт	
	въ метрахъ.			
Пѣлина, горизонтъ А <sup>1</sup>	6,13	3,00	2,15	
Залежь, А <sup>1</sup>	6,40	4,00	2,40	
Лѣсная почва, А <sup>1</sup>	4,60	3,30	2,05	
Черный паръ, А <sup>1</sup>	3,15	3,65	1,95	
Изъ подъ овса до его уборки, А <sup>1</sup>	1,60	2,60	2,70	
Оттуда же послѣ уборки овса	} А <sup>1</sup>	1,20	0,90	
и послѣ дождей				} А <sup>2</sup>
Изъ подъ ржи до ея уборки, А <sup>1</sup>	0,40	0,65	0,90	
Оттуда же по уборкѣ ржи	} А <sub>1</sub>	0,20	0,10	
и послѣ дождей				} А <sub>2</sub>

Изъ приведенныхъ данныхъ мы видимъ <sup>1)</sup>, что при условіяхъ опыта, почвы пропускали весьма большія количества воды, что почвы, находящіяся подъ естественными угодьями, обладаютъ этою способностью въ наибольшей степени, что просачиваемость воды черезъ почвы, находящіяся въ обработкѣ, сильно понижается, и что, наконецъ, подпахотный горизонтъ А<sub>2</sub> болѣе проницаемъ для воды, чѣмъ пахотный слой.

#### Общіе выводы.

Наиболѣе существенные выводы, которые можно въ концѣ концовъ сдѣлать изъ изученія условій просачиванія воды черезъ почву и съ которыми необходимо считаться при разсмотрѣніи отдѣльныхъ конкретныхъ случаевъ, могутъ быть сведены къ слѣдующимъ положеніямъ. Скорость просачиванія воды черезъ почвы зависитъ, главнымъ образомъ, отъ ихъ механическаго состава и быстро уменьшается съ уменьшеніемъ діаметра почвенныхъ частицъ; почвы, богатые илистыми частицами (менѣе 0,001 мм.), крайне мало проницаемы, а въ случаѣ, если частицы ихъ не могутъ быть раздвинуты водой, то такіа почвы можно считать вполне непроницаемыми для воды; перегнойныя разложившіяся вещества (торфъ) по своей просачиваемости приближаются къ глинамъ; въ почвахъ съ разнообразными продуктами механическаго состава просачиваемость опредѣляется главнымъ образомъ группою наиболѣе мелкихъ частицъ; крупныя частицы, примѣшанныя въ небольшомъ количествѣ къ мелкимъ частицамъ, понижаютъ просачиваемость; такъ, напр., сильно глинистый песокъ можетъ быть менѣе проницаемъ для воды, чѣмъ глинистая порода; скорость просачиванія воды черезъ почву, состоящую изъ разнородныхъ слоевъ, зависитъ почти исключительно отъ наименѣе проницаемаго для воды слоя, что играетъ весьма существенную роль при рѣшеніи ряда практическихъ вопросовъ; нельзя, затѣмъ, не указать на значеніе структуры почвъ въ расатриваемомъ вопросѣ; можно съ большимъ основаніемъ предполагать, что въ природѣ просачиваніе воды черезъ мелко-зернистыя

<sup>1)</sup> Отсутствие въ приведенныхъ цифрахъ подъема въ началѣ опыта объясняется тѣмъ, что таковой имѣетъ мѣсто въ теченіе перваго дня, затѣмъ идетъ паденіе.

породы происходитъ, главнымъ образомъ, по трещинамъ, находящимся между отдѣльностями, на которыя обычно распадаются мелкоземистыя почвы и горныя породы; наконецъ, слѣдуетъ указать, что скорость просачиванія въ общихъ чертахъ обратно пропорціональна мощности фильтрующаго слоя и пропорціональна давленію просачивающейся жидкости, но со значительными отклоненіями.

Поступленіе воды въ почву и ея передвиженіе въ ней.

При изученіи вопроса о поступленіи воды въ почву и движеніи ея въ ней, въ настоящее время обыкновенно изучается только вопросъ о скорости проникновенія воды на ту или другую глубину, оставляя въ сторонѣ весьма важный вопросъ о количествѣ воды поступающей на ту или другую глубину. Поэтому, въ этомъ послѣднемъ направленіи, представляющемъ значительный интересъ, пока не имѣется какихъ либо данныхъ, которыми мы могли бы воспользоваться.

Вода поступаетъ въ почву и передвигается въ ней сверху внизъ подъ вліяніемъ силы тяжести воды, поверхностнаго смачиванія почв. частицъ и капиллярныхъ силъ. Быстрота поступленія и передвиженія воды въ почвѣ зависитъ отъ крупности почвенныхъ поръ, отъ скорости смачиванія почвенныхъ частицъ, отъ тренія и отъ сопротивленія почвеннаго воздуха, которое послѣдній можетъ оказывать движенію воды въ почвѣ.

#### Вліяніе отдѣльныхъ факторовъ на скорость поступленія и передвиженія воды въ почву.

Главнымъ моментомъ, опредѣляющимъ скорость поступленія воды въ почву и ея движеніе книзу, очевидно, является размѣръ почвенныхъ поръ: чѣмъ послѣднія крупнѣе, тѣмъ быстрѣе вода проникаетъ въ почву, двигаясь, главнымъ образомъ, подъ вліяніемъ силы тяжести. Интересно отмѣтить, что, такъ какъ сила тяжести въ южныхъ широтахъ и сѣверныхъ не одинакова, и въ первомъ случаѣ она меньше, чѣмъ во второмъ, то и быстрота поступленія воды въ различныхъ широтахъ должна быть не вполне одинакова. По мѣрѣ того какъ поры въ почвахъ уменьшаются, и ихъ размѣры приближаются къ мелкимъ капиллярамъ, движеніе воды происходитъ уже, главнымъ образомъ, подъ вліяніемъ капиллярныхъ силъ, передвигающихъ воду лишь медленно и тѣмъ медленнѣе, чѣмъ мельче капилляры. При очень мелкихъ капиллярахъ, какъ напр. у глинистыхъ почвъ, скорость поступленія воды въ такіа почвы сверху и снизу почти одинакова.

Такъ какъ размѣръ почвенныхъ поръ на первомъ мѣстѣ въ

большинствѣ случаевъ опредѣляется крупностью частицъ, слагающихъ почву, то понятно, что и скорость поступленія и опусканія воды въ почву по преимуществу будетъ опредѣляться механическимъ составомъ почвы, и въ общемъ эта зависимость будетъ такая же, какъ при просачиваніи воды черезъ почву.

Само собою также понятно вліяніе структуры и плотности сложенія почвы на скорость поступленія воды въ почву; такъ, напр., по опытамъ Вольни, вода при постоянномъ притоке проницала въ суглинокъ при порошковатомъ его состояніи на глубину около 1 метра только чрезъ 3 дн. 8 часовъ, чрезъ ту же почву въ комковатомъ состояніи (размѣръ комочковъ—1—2 мм.)—въ одни сутки, т. е. вліяніе структуры сказалось весьма существенно. Степень уплотненія почвы также въ извѣстныхъ случаяхъ (при глинистыхъ и перегнойныхъ почвахъ) сказывается въ весьма рѣзкой формѣ на скорости проникновенія воды въ глубь почвы; такъ, при опытѣ Вольни, въ рыхло насыпанномъ перегнойномъ известковомъ пескѣ вода опустилась на глубину 20 сант. въ 24 часа, а въ сильно уплотненномъ—только черезъ 7 дней; такая разница объясняется тѣмъ, что въ случаѣ плотной насыпки почвы разбухшій перегной заполняетъ въ почвѣ почти всѣ болѣе или менѣе крупныя поры; послѣ чего движеніе воды опредѣляется уже, главнымъ образомъ, способностью перегноя проводить воду, которая, какъ мы выше видѣли, крайне мала.

Слѣдуетъ отмѣтить вліяніе легко растворимыхъ солей на скорость поступленія воды въ почвы: такъ, напр. крайне медленное поступленіе воды въ щелочныя солонцы, содержащія углекислый натръ. При опытѣ, произведенномъ въ нашей лабораторіи, вода, налитая сверху на такой солонецъ, проникла въ 2½ мѣсяца только черезъ слой почвы въ 2 сант. Такая слабая проницаемость солонца, повидому, сбъясняется тѣмъ, что почвенныя частицы подъ вліяніемъ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  не свертываются, а свободно скользятъ одна около другой и слагаются въ весьма плотную массу. Такія же соли, какъ  $\text{NaCl}$  и  $\text{CaSO}_4$ , которыя содѣйствуютъ свертыванію почв. частицъ, должны ускорять проникновеніе воды въ почвы.

Какъ въ вѣтвѣхъ, сухая почва трудно смачивается водою, а потому естественно, что въ сильно просохшую почву вода проникаетъ медленно, чѣмъ въ почву до известной степени влажную; это зависитъ не только отъ того, что въ сухой почвѣ больше требуется воды на увлажненіе сухихъ почвенныхъ слоевъ, но и вслѣдствіе того, что сухая почва, трудно смачиваясь, оказываетъ большее сопротивленіе движенію воды, чѣмъ относительно влажная почва.

Далѣе на скорость проникновенія воды въ глубь почвы естественно должно вліять относительное расположеніе отдѣльныхъ почвенныхъ слоевъ съ различною способностью проводить воду. Данныя, имѣющіяся въ этомъ направленіи, сводятся къ слѣдующему: во-первыхъ, при слѣдованіи почвенныхъ слоевъ сверху книзу отъ болѣе проницаемыхъ (крупно-зернистыхъ) къ менѣе

проницаемымъ (мелкоземистымъ) вода опускается въ глубь быстрѣе чѣмъ при обратномъ чередованіи слоевъ, и, во-вторыхъ, слой съ малой водопроницаемостью, вклиниваясь въ крупнозернистые слои, сильно понижаютъ движеніе воды книзу, что само собою понятно. Менѣе ясно, что и слои изъ крупнозернистаго матеріала, залегающіе между мелкоземистыми слоями, въ свою очередь, могутъ задерживать и даже на время совершенно пріостанавливать движеніе воды книзу. Объясняется это тѣмъ, что для опусканія воды въ однородной породѣ изъ одного слоя въ другой не требуется полного капиллярнаго насыщенія предыдущаго слоя водою; въ случаѣ же, если вода, двигаясь по мелкоземистой породѣ, встрѣтитъ крупнозернистый слой, то она не ранѣе начнетъ опускаться въ этотъ послѣдній <sup>1)</sup>, чѣмъ капиллярная способность верхняго слоя, удерживающая воду, не будетъ вполне насыщена.

Наконецъ, говоря о поступленіи воды въ почву, нельзя не упомянуть о роли почвеннаго воздуха. Разъ мы имѣемъ дѣло съ почвою, поры которой всѣ капиллярны, то послѣ достаточно сильнаго дождя вода, впитываясь въ почву, можетъ обусловить непроницаемость для воздуха (см. стр. 226) верхнихъ почвенныхъ слоевъ, и, подвигаясь въ глубь, настолько сдавить воздухъ, что онъ въ свою очередь будетъ задерживать поступленіе воды въ почву. Подобное вліяніе поступающей воды въ почву на почвенный воздухъ легко можно продемонстрировать на двухъ сообщающихся трубкахъ различнаго діаметра; для этого въ нихъ сперва до нѣкоторой высоты наливается вода, затѣмъ въ широкую трубку насыпается сначала крупный песокъ, а сверху какая либо мелкозернистая почва. Если затѣмъ смочить сверху водою почву, то вскорѣ можно замѣтить, что по мѣрѣ впитыванія воды въ почву, вода въ узкой трубкѣ начнетъ быстро подниматься и поднимется выше уровня почвы въ широкой трубкѣ. Очевидно, что чѣмъ мельче поры въ почвѣ, помѣщенной въ широкую трубку, тѣмъ болѣе высоко должна подняться вода въ узкой трубкѣ.

*Скорость поступленія воды въ почву.*

Гелльригель, чтобы выяснитъ скорость распространенія воды въ почвѣ, наполнялъ почвою стеклянныя трубки въ 20 сант. высотой, снизу обвязанныя рѣдкою тканью, соединялъ ихъ, помѣщая одну надъ другою, въ общую колонну, а затѣмъ, приливая воду къ верхней трубкѣ и взвѣшивая трубки время отъ времени, судилъ о скорости распространенія воды въ почвѣ. Въ нижеслѣдующей таблицѣ приводятся данныя, полученныя Гелльригелемъ этимъ пріемомъ и относящіяся къ тяжелому глинистому песку:

<sup>1)</sup> Очевидно, что мелкіе капилляры крупнаго слоя, находящіеся въ непосредственной связи съ капиллярами верхняго слоя, притянутъ нѣсколько воды.

На 100 частей почвы найдено воды.

	При наполненіи.	Послѣ прилитія слоя воды въ 40 мм.				Послѣ прилитія новаго слоя воды въ 40 мм.			
		п о с л ѣ				п о с л ѣ			
		24 ч.	5 д.	10 д.	17 д.	4 д. <sup>1)</sup>	7 д.	12 д.	19 д.
1-я трубка 20 сант. . . . .	9,0	19,8	17,0	15,9	14,6	21,6	21,3	20,0	16,3
2-я " . . . . .	9,0	12,2	14,1	13,8	12,8	16,2	14,9	14,9	14,9
3-я " . . . . .	9,0	9,0	9,0	9,4	9,4	11,9	12,9	13,4	13,4

Изъ приведенныхъ данныхъ мы видимъ, что вода распространялась въ почвѣ весьма медленно: въ первомъ случаѣ передвиженіе воды еще не закончилось въ 10 дней, во второмъ въ 12 дней, несмотря на то, что весь почвенный слой имѣлъ высоту всего 60 сант.

Чтобы дать представление о сравнительной скорости движенія воды въ типичныхъ русскихъ почвахъ, мы приведемъ въ нижеслѣдующей таблицѣ относящіяся сюда данныя для нижегородскихъ почвъ; при чемъ, однако, необходимо замѣтить, что опыты, при которыхъ получены результаты, недостаточно пояснены, и самыя почвы взяты съ нарушеніемъ естественнаго сложенія.

	Время проникновенія воды чрезъ слой въ 18 сант.	Составъ почвъ:			Порозность поч- вы.	Влагоем- ность поч- кость объемная.
		Гумусъ.	Глина.	Песокъ.		
Глинистый черноземъ . . . . .	2 ч.—м.	10,3	40,70	36,00	50,6	43,7
Суглинистый черноземъ . . . . .	3 " 32 "	6,13	26,07	61,04	47,0	37,8
Темнокоричневый суглинокъ . . . . .	3 " 5 "	4,13	20,29	66,35	51,3	35,2
Средній сѣрый суглинокъ . . . . .	2 " 9 "	2,98	16,71	76,30	47,4	32,0
Легкій свѣтлосѣрый суглинокъ . . . . .	1 " 5 "	1,7	13,68	78,49	47,9	35,0
Глинистый песокъ. — " 30 "		1,16	5,21	91,30	33,0	24,7
Кварцевый песокъ. — " 4 "		0,32	1,52	98,50	34,0	18,4

Приведенныя данныя показываютъ, что, если исключить глинистый черноземъ, то скорость проникновенія воды въ почвѣ была тѣмъ быстрѣе, чѣмъ богаче были почвы пескомъ; исключеніе для глинистаго чернозема объясняется тѣмъ, что въ данномъ случаѣ мы имѣемъ почву съ прочной комковатой структурой; при каковомъ условіи въ почвѣ имѣются крупныя поры, по которымъ вода легко проникаетъ внизъ. Интересно отмѣтить, что скорость проникновенія воды была въ общихъ чертахъ обратно пропорціональна порозности почвъ; это, очевидно, находитъ себѣ объясненіе въ томъ, что скорость поступленія воды въ почву зависитъ не отъ общаго объема поръ (порозности), а отъ размѣра отдѣльныхъ поръ (ихъ крупности).

Приведенныя данныя для Нижегородскихъ почвъ могутъ служить намъ, и то только до известной степени, для поясненія относительной скорости поступленія воды въ почвахъ различнаго состава;

<sup>1)</sup> Считаю со дня вторичнаго прибавленія воды.

но въ нихъ мы не можемъ видѣть хотя бы отдѣльныхъ примѣровъ скорости движенія воды сверху внизъ въ почвахъ при ихъ естественномъ залеганіи, такъ какъ Нижегородскія почвы были взяты для опыта съ нарушеніемъ ихъ естественнаго сложенія; послѣднее же условіе играетъ выдающуюся роль въ скорости поступленія воды въ почвы, особенно, если мы имѣемъ дѣло съ мелкоземистыми почвами. Къ сожалѣнію, однако, до сихъ поръ поступленіе воды въ почвы въ ихъ естественномъ сложеніи и залеганіи изучалось еще крайне мало, и намъ придется ограничиться приведеніемъ нѣсколькихъ примѣровъ.

С. Кравковъ наблюдалъ по измѣненію цвѣта почвы быстроту проникновенія дождевой воды въ черноземную почву Деркульской степи (Харьк. губ.) на трехъ различныхъ угодьяхъ: цѣлинѣ, многолѣтней залежи и яровомъ полѣ, послѣ дождя, въ 13,1 мм.; изъ полученныхъ имъ данныхъ относительно скорости проникновенія воды въ почву мы въ нижеслѣдующей таблицѣ приводимъ цифры, приблизительно относящіяся къ наблюденіямъ чрезъ 1, 4 и 24 часовъ послѣ дождя:

	черезъ сколько времени		глубина проникновенія		черезъ сколько времени		глубина проникновенія	
	черезъ сколько времени	глубина проникновенія	черезъ сколько времени	глубина проникновенія	черезъ сколько времени	глубина проникновенія	черезъ сколько времени	глубина проникновенія
Цѣлина . . . . .	1 ч.	5,2 сант.	4 ч.	9,0 сант.	24 ч.	15,1 сант.	—	—
Залежь . . . . .	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ч.	6,0 "	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ч.	10,0 "	24 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	17,4 "	—	—
Яровое поле . . . . .	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> ч.	8,2 "	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> ч.	18,0 "	24 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	24,0 "	48 ч.	38 с.

Итакъ, мы видимъ, что вода проникала въ почву сравнительно медленно, при чемъ наиболѣе медленно—на цѣлинѣ и наиболѣе скоро—на яровомъ полѣ. Интересно теперь сопоставить приведенныя данныя съ тѣми результатами поступленія воды въ почву, которыя получены Кравковымъ при испытаніи водопропускающей способности тѣхъ же почвъ въ лабораторіи съ нарушеніемъ естественнаго строенія (къ сожалѣнію, авторъ не приводитъ указаній относительно деталей постановки опыта) и собраны въ слѣд. таблицѣ:

почва, взятая съ	вода проникла черезъ слой почвы въ 8 с. черезъ
I. Цѣлины	73 ч. (?)
II. Залежи	11 ч. 32 м.
III. Ярового поля	4 ч.

Изъ сравненія данныхъ двухъ послѣднихъ таблицъ, мы видимъ, что результаты получились неодинаковые: болѣе близкіе для залежи и ярового поля и совершенно отличные для цѣлины, въ почву которой вода во второмъ случаѣ проникала крайне медленно; это, вѣроятно, зависѣло отъ того, что при естественныхъ условіяхъ вода проникала въ цѣлину между столь характерною для чернозема крупкою; при лабораторномъ же опытѣ почва была взята въ распыленномъ состояніи и сухою набита въ трубку, при увлажненіи она набухла и проводила воду крайне медленно.

Изъ всего вышеприведеннаго мы должны придти къ заключенію, что вода опускается и распределяется сверху книзу въ мелкоземистыхъ почвахъ при естественныхъ условіяхъ сравнительно медленно. Въ подтвержденіе этого можно привести еще данныя относительно весенняго увлаженія болѣе глубокихъ почвенныхъ слоевъ, которое идетъ со значительнымъ запозданіемъ сравнительно съ увлажненіемъ верхнихъ слоевъ. Для примѣра приведемъ среднія помѣсячныя десятилѣтнія данныя изъ наблюденій г. Измаильскаго надъ влажностью почвы на различныхъ глубинахъ для Полтавской губерніи (римскія цифры обозначаютъ мѣсяцы, влажность выражена въ процентахъ отъ сырой почвы):

глубина въ сант.	1	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0—70	20,1	21,4	20,5	17,1	13,8	14,0	13,6	14,3	12,0	14,2	17,4	19,9
70—140	14,9	15,4	15,0	16,2	15,9	15,3	14,7	15,0	14,1	14,3	14,0	14,8
140—210	15,0	15,6	14,6	15,2	15,7	15,7	14,8	15,4	14,1	14,2	13,8	14,6

Изъ данныхъ таблицы мы дѣйствительно видимъ значительное запаздываніе проникновенія весенней воды на глубину 70—140 и 140—210 сант.: послѣдній слой достигалъ наибольшей влажности только къ маю, когда верхніе слои начинали просыхать.

#### Водоподъемная способность почвы.

Изученіе способности почвы подымать воду должно имѣть на первомъ планѣ цѣлью выяснитъ намъ, какъ быстро и въ какихъ количествахъ вода можетъ на счетъ нижележащаго болѣе сырого слоя пополняться въ болѣе сухомъ слоѣ, изъ котораго происходитъ расходъ воды, напр., черезъ воспринятіе растеніемъ, а также дать намъ данныя для рѣшенія вопроса, на какую высоту грунтовая вода подымается въ различныхъ естественныхъ почвахъ и въ какихъ количествахъ она можетъ подаваться на ту или другую высоту въ случаѣ, если изъ соответствующаго слоя происходитъ расходъ воды. Освѣщеніе, именно, этихъ вопросовъ особенно важно, какъ для выясненія, вообще, воднаго режима въ почвѣ, такъ и, въ частности, для разрѣшенія вопроса объ обезпеченіи растительности водою на счетъ влаги слоевъ, находящихся внѣ области распространенія корней растеній. Между тѣмъ изслѣдованія, которыми мы располагаемъ въ настоящее время по разсматриваемому нами вопросу, весьма мало что даютъ, именно, въ этомъ направленіи. Они касаются, главнымъ образомъ, вопроса, какъ скоро вода, подведенная снизу къ возд. сух. почвѣ, подымается въ почвѣ въ зависимости отъ тѣхъ или другихъ условій; тогда какъ при естественныхъ условіяхъ мы имѣемъ дѣло съ почвою, въ которой вода уже поднята до извѣстной высоты благодаря ея капиллярнымъ свойствамъ, и насъ интересуетъ вопросъ: какъ скоро вода, расходуемая изъ того или другого слоя, можетъ пополняться въ соответствующемъ слоѣ благодаря водоподъемной способности почвы. Затѣмъ, слабою

стороною современныхъ работъ по водоподъемной способности почвъ является то обстоятельство, что изслѣдованія не имѣли, въ большинствѣ случаевъ, дѣла съ почвами въ ихъ естественномъ сложеніи, а были произведены надъ искусственными смѣсями или же съ почвами, искусственно насыпанными въ трубки. Все это побуждаетъ насъ остановиться лишь въ бѣгломъ очеркѣ на разсмотрѣніи современнаго матеріала, касающагося вліянія различныхъ моментовъ на высоту и скорость поднятія воды въ почвѣ, какъ матеріала, мало выясняющаго намъ наиболѣе существенные вопросы по водоподъемной способности почвы.

#### Методы изслѣдованія.

Методы изслѣдованія поднятія воды въ почвѣ крайне просты. Обычно изслѣдуемая почва въ воздушно-сухомъ состояніи помѣщается въ высокія стеклянныя трубки діаметромъ около 2—3 сант., обвязанныя снизу рѣдкою тканью; затѣмъ трубки съ почвою нижнимъ концомъ нѣсколько погружаются въ воду, и по измѣненію въ цвѣтѣ почвы, вслѣдствіе ея увлаженія поднимающеюся водою, судятъ о скорости подъема воды въ почвѣ на ту или другую высоту.

#### Вліяніе отдѣльных факторовъ на высоту и скорость поднятія воды въ почвахъ.

Изслѣдованія по поднятію воды въ почвѣ прежде всего были направлены на выясненіе вопроса, какъ вліяетъ на высоту и быстроту поднятія воды въ почвѣ размѣръ почвенныхъ частицъ. Полученные результаты, являясь естественнымъ выводомъ изъ законовъ о высотѣ и скорости движенія воды въ капиллярныхъ трубкахъ, показали, что вода подымается въ почвѣ тѣмъ выше, чѣмъ мельче частицы почвы, и тѣмъ быстрѣе, чѣмъ крупнѣе поры; но скорость подъема воды въ почвѣ съ высотой быстро понижается; особенно рѣзкое замедленіе въ движеніи наблюдается съ той высоты, когда вода перестаетъ въ почвѣ двигаться по относительно болѣе крупнымъ ея порамъ, а лишь передвигается по мелкимъ капиллярамъ, не заполняя въ почвѣ значительную часть поръ. Поэтому большая скорость поднятія воды въ болѣе крупнозернистой почвѣ, чѣмъ мелкозернистой, будетъ лишь до тѣхъ поръ, пока вода подымается въ первой почвѣ по ея болѣе крупнымъ порамъ, съ нѣкоторой же высоты скорость движенія воды въ крупнозернистой почвѣ сильно замедляется и становится медленнѣе, чѣмъ въ мелкозернистой почвѣ на той же высотѣ. Поэтому движеніе воды въ послѣдней почвѣ съ извѣстной высоты обгоняетъ движеніе воды въ крупнозернистой почвѣ. Приводимыя ниже данныя, полученные Мейстеромъ, въ общемъ достаточно полно характеризуютъ зависимость между скоростью и высотой поднятія воды и размѣромъ почвенныхъ частицъ.

	Высота поднятія воды черезъ			
	1/2 часа.	5 1/2 ч.	6 1/2 ч.	21 1/2 ч.
Глинистая почва . . . . .	340	1100	1150	2000
Перегноя . . . . .	400	1100	1140	1770
Садовая земля . . . . .	290	950	980	1610
Кварцевый песокъ . . . . .	448	920	970	1170
Торфяная почва . . . . .	260	500	570	1140
Песчаная почва . . . . .	450	620	660	900

Изъ преведенной таблицы мы видимъ, что вода въ первые полчаса наиболѣе быстро поднялась въ болѣе крупнозернистыхъ почвахъ, затѣмъ скорость поднятія воды въ этихъ же почвахъ наиболѣе замедлилась, и вода за 21 1/2 часъ поднялась наиболѣе высоко въ мелкоземистыхъ почвахъ.

Структура почвы, очевидно, должна проявляться весьма замѣтнымъ образомъ на поднятіи воды въ почвѣ. Если почва находится въ комковатомъ состояніи, и вода не можетъ въ ней двигаться по крупнымъ порамъ между комочками, то, очевидно, водѣ приходится подыматься, переходя изъ одного комочка въ другой, только въ мѣстахъ ихъ соприкосновенія. Поэтому, естественно, что путь движенія воды въ этомъ случаѣ значительно удлиняется, а поперечный разрѣзъ, по которому подымается вода сильно уменьшается; еслѣдствіе чего, при комковатой почвѣ вода будетъ подыматься и замѣтно медленнѣе и въ меньшемъ количествѣ, чѣмъ въ той же почвѣ съ однороднымъ строеніемъ (напр., порошокватымъ). Что касается высоты подъема воды въ комковатой почвѣ, то при рыхлой насыпкѣ почвы, высота поднятія воды въ комковатой почвѣ будетъ ниже, чѣмъ въ той же почвѣ, насыпанной въ трубку въ порошокватомъ состояніи; но при сравнительно плотномъ наполненіи, когда комочки почвы въ мѣстахъ соприкосновенія тѣсно прилягутъ одинъ къ другому, разницы въ высотѣ окончательнаго подъема воды не должно быть, по крайней мѣрѣ, существенной. Чтобы показать разницу въ скорости подъема воды въ комковатой и порошокватой почвахъ, мы въ нижеслѣдующей таблицѣ приводимъ данныя, полученныя въ этомъ направленіи проф. Вольни.

Высота поднятія воды въ сант.

	Полевая почва.		Суглинокъ.	
	Порошко-ватое	Комкова-тое	Порошко-ватое	Комкова-тое
20 янв. 8 ч. 30 м. у.	5,6	3,2	4,6	5,0
" 10 ч. 30 м. у.	13,4	6,9	15,0	8,1
" 1 ч.	18,0	9,4	21,7	9,4
21 янв. 8 ч.	32,9	16,5	43,0	13,9
26 " " "	58,5	31,9	77,9	22,0
31 " " "	69,0	39,5	86,0	26,0
5 февр. " "	76,1	44,0	92,8	29,0
10 " " "	81,7	47,2	99,0	31,0
15 " " "	85,9	49,0	104,9	33,0
20 " " "	89,6	50,6	110,4	35,0
25 " " "	92,7	52,0	115,9	36,3
1 мар. " "	95,5	53,1	120,0	37,5

Степень уплотненія почвы также оказываетъ вліяніе какъ на высоту, такъ и на скорость подъема воды въ почвѣ. Окончательная высота подъема воды въ почвѣ вообще должна быть тѣмъ выше, чѣмъ плотнѣе уложены въ почвѣ частицы, такъ какъ въ этомъ случаѣ поры въ почвѣ будутъ мельче, чѣмъ въ почвѣ, рыхло насыпанной; а мелкія поры подымають воду выше, чѣмъ болѣе крупныя поры. На скорости поднятія плотность сложенія почвы можетъ проявляться довольно различно въ зависимости отъ характера почвы, отъ степени уплотненія и отъ высоты поднятія воды.

Довольно существенное вліяніе на скорость поднятія воды оказываетъ степень влажности почвы: по мѣрѣ увеличенія влажности почвы вода подымается въ послѣдней быстрѣе; такъ, Вольни получилъ слѣдующія данныя для скорости поднятія воды въ суглинкѣ при различной его влажности:

Скорость поднятія воды въ сант.

Время	Высушена при 100°.	Воздушно-сухая.	При наибол. Увлажнен.; Увлажнен.;		
			гигроскопич. содерж. воды = 5,07%	Увлажнен. содерж. воды = 7,96%	Увлажнен. содерж. воды = 9,55%
5 янв. 8 ч. 45 м. у.	1,0	1,5	2,2	6,5	6,8
" 9 ч. 45 м.	4,2	6,8	6,9	14,0	15,6
" 12 " " "	10,3	15,6	15,5	25,1	28,0
6 " 8 " " "	23,9	36,5	36,7	52,0	54,7
7 " " " "	30,8	51,4	51,6	66,5	68,5
8 " " " "	39,8	60,7	60,9	76,5	77,3
9 " " " "	52,0	69,2	69,6	83,4	84,5
10 " " " "	60,6	76,2	76,7	90,7	91,6

Болѣе медленный подъемъ воды по сухой почвѣ объясняется тѣмъ сопротивленіемъ, которое сухая почва оказываетъ смачиванію, а также и большимъ количествомъ воды, потребной для насыщенія сухой почвы. Очевидно, что чѣмъ влажнѣе почва, тѣмъ меньшее количество воды требуется для насыщенія водою послѣдовательныхъ слоевъ и для движенія воды впередъ. Кингъ также указываетъ на медленное поднятіе воды въ сухой почвѣ. По его мнѣнію, небольшіе дожди, смачивая сухую почву, повышаютъ въ ней быстроту поднятія воды, вслѣдствіе чего вода нижнихъ слоевъ (грунтовая) начинаетъ въ большемъ количествѣ подниматься кверху. Дѣйствительно, нерѣдко приходится наблюдать оживленіе растительности подъ вліяніемъ незначительныхъ дождей. Однако, во всякомъ случаѣ, приведенныя соображенія Кинга нельзя считать достаточно обоснованными; противъ нихъ возможны вѣскія возраженія.

Температура почвы не остается также безъ вліянія на скорость и высоту поднятія воды: при болѣе высокой температурѣ вода подымается нѣсколько скорѣе; напр., при опытѣ Вольни вода въ перегнономъ известковомъ пескѣ при

температурѣ 11,4—12,0° поднялась въ два дня на высоту 29,5 сант., а при 31,0—33,6° на 34 сант.

Соотвѣтствующія данныя ранѣе были получены Кантони, но вмѣстѣ съ тѣмъ онъ подмѣтилъ, что съ извѣстной высоты подъема воды температура почвы вліяетъ обратно; это находится въ соотвѣтствіи съ тѣмъ, что окончательная высота поднятія съ повышеніемъ температуры почвы уменьшается.

Вліяніе растворимыхъ солей на скорость подъема воды въ почвахъ весьма сложно, такъ какъ онѣ вліяютъ на удѣльный вѣсъ поднимающейся жидкости, на ея поверхностное натяженіе, отъ котораго зависятъ капиллярныя свойства, и на структуру почвы. Такъ, по нашимъ опытамъ, въ песчаной почвѣ растворимыя соли, какъ поваренная, такъ и углекислый натръ, хотя и слабо замедляли поднятіе воды; въ суглинистой же и глинистой почвахъ поваренная соль, обуславливающая свертываніе почв. частицъ, замѣтно ускоряла поднятіе; углекислый же натръ рѣзко замедлялъ поднятіе воды.

При опытахъ Кинга растворъ калиевой селитры подымался на поверхность почвы въ нѣсколько большемъ количествѣ, чѣмъ дистиллированная вода; въ первомъ случаѣ за день 20,5 гр., во второмъ 16,7 гр.

Смѣна почвенныхъ слоевъ, различныхъ въ капиллярномъ отношеніи, оказывается весьма существеннымъ моментомъ въ поднятіи воды почвою. При послѣдовательномъ налеганіи слоевъ снизу кверху отъ слоевъ съ крупными капиллярами къ слоямъ съ болѣе мелкими капиллярами, вода поднимается до наибольшей высоты, съ наибольшею скоростью. Замѣтимъ, однако, что количество воды, подымающейся въ этомъ случаѣ на поверхность почвы, будетъ опредѣляться верхнимъ слоемъ, такъ какъ, послѣ того какъ вода поднимается до верха, скорость подъема и количество подымающейся воды будетъ опредѣляться уже только верхнимъ слоемъ. При обратномъ расположеніи слоевъ снизу кверху, отъ слоевъ съ мелкими капиллярами къ слоямъ съ болѣе крупными капиллярами, вода будетъ подыматься только въ томъ случаѣ, если слой съ болѣе крупными капиллярами будутъ находиться на той высотѣ, на которую они сами по себѣ способны поднимать воду при участіи своихъ крупныхъ капилляровъ; если же эти слои будутъ находиться выше соотвѣтствующей высоты, то вода въ нихъ не пойдетъ. Въ случаѣ же, если при чередованіи слоевъ отъ мелко капиллярныхъ къ крупнокапиллярнымъ подъемъ воды будетъ имѣть мѣсто, то скорость подъема воды, а также количество подымающейся воды будетъ зависѣть отъ нижняго слоя, а высота подъема отъ капиллярныхъ свойствъ верхняго слоя, до котораго вода подыметъ.

Изъ разсмотрѣнія зависимости высоты и скорости подъема воды въ почвѣ отъ различныхъ моментовъ вытекаетъ, что изучавшаяся

нами зависимость находится въ простомъ соотвѣтствіи съ [законами поднятія воды въ капиллярныхъ трубкахъ и можетъ быть въ большинствѣ случаевъ теоретически обоснована и предудказана.

*Опредѣленіе количества воды, поднимающейся въ почвахъ.*

Какъ мы указали въ началѣ для насъ было бы особенно важнымъ имѣть ясное представленіе о тѣхъ количествахъ воды, которыя различныя почвы способны подавать на ту или другую высоту въ единицу времени. Несомнѣнно, что количество воды, подаваемое почвою, находится въ извѣстномъ соотношеніи со скоростью подъема воды въ почвѣ. Поэтому, изучая, какъ это мы сдѣлали въ предыдущемъ изложеніи, скорость подъема воды въ почвѣ, мы нѣсколько освѣтили себѣ вопросъ объ относительныхъ количествахъ воды, подаваемой почвою на ту или другую высоту въ зависимости отъ различныхъ условій; но во всякомъ случаѣ, вопросъ о количествѣ воды, подаваемой почвою, для своего разрѣшенія требуетъ прямыхъ опытовъ. Количество воды, подаваемое почвою, находится въ непосредственной зависимости, во-первыхъ, отъ скорости движенія воды въ почвѣ, уже насыщенной водою, и, во вторыхъ, отъ площади поперечнаго разрѣза тѣхъ поръ, по которымъ происходитъ поднятіе воды.

Для опредѣленія количества воды, которое почва способна поднимать на ту или другую высоту, изслѣдуемая почва (желательно въ естественномъ сложеніи) помѣщается въ цилиндръ, нижняя часть котораго нѣсколько погружается въ воду. Когда вода подыметъ въ цилиндрѣ до верхней поверхности почвы, надъ послѣдней поддерживается настолько усиленный токъ воздуха, чтобы онъ могъ уносить всю влагу, появляющуюся на поверхности, и по расходу испаряющейся воды судятъ о количествѣ подымающейся воды. Очевидно, что постановка такого рода опыта требуетъ большой тщательности и къ получающимся даннымъ необходимо относиться съ большою осторожностью; необходимо быть увѣреннымъ, что расходуется только то количество воды, которое подымается снизу, и что не происходитъ высыханія почвы.

Опредѣленіе количества воды, подаваемой почвою, было произведено Кингомъ при помощи вышеописаннаго способа. Для опыта служилъ мелкій песокъ и глинистая почва, насыпанные въ цилиндры высотой 1,2 метра и діаметромъ 0,3 метра, причемъ уровень грунтовой воды поддерживался на различной глубинѣ. Количество воды, подымавшееся за сутки и выраженное слоемъ въ мм., было слѣдующее:

	Глубина, съ которой подымалась вода.			
	0,30 мм.	0,60 мм.	0,90 мм.	1,20 мм.
Мелкій песокъ . . . . .	11,9	10,4	6,2	4,6
Глинистая почва . . . . .	10,4	8,2	5,0	4,5

Чтобы представить себѣ болѣе конкретно количество воды, подымавшейся въ опытахъ Кинга, примемъ во вниманіе, что, напр., десятина овса для созданія 2,5 пуд. сухого ограническаго вещества (что составляетъ приблизительно средній приростъ овса за день въ теченіе вегетационнаго времени при урожаѣ въ 250 пудовъ зерна и соломы) расходуетъ слой воды 1,5 мм. Слѣдовательно, то количество воды, которое подымалось за день на поверхность почвы въ опытѣ Кинга, даже при глубинѣ грунтовой воды на 1,2 метрахъ, является достаточнымъ для созданія около 7 пудовъ орг. веществъ на десятину за день, т. е. отсюда вытекаетъ, что на почвахъ, бывшихъ въ опытѣ Кинга, овесъ могъ бы обходиться только грунтовой водою, если бы его корневая система находилась отъ грунтовой воды на разстояніи 0,9—1,2 метра. Мы приводимъ сдѣланный расчетъ только съ цѣлью показать все важное значеніе изученія вопроса о количествѣ воды, подаваемой почвой, не считая возможнымъ изъ единичнаго опыта дѣлать какой-либо конкретный выводъ.

*Высота и скорость поднятія воды въ почвахъ.*

Въ заключеніе разсмотрѣнія вопроса о поднятіи воды, приведемъ данные, которыя бы намъ дали хотя бы нѣкоторое представленіе о возможной высотѣ поднятія капиллярной воды въ почвѣ и о скорости ея поднятія въ типичныхъ русскихъ почвахъ.

На основаніи лабораторныхъ опытовъ оказывается, что вода можетъ подыматься въ мелкозернистыхъ почвахъ до высоты около 4-хъ метровъ; указаній о болѣе высокомъ поднятіи у насъ не имѣется. Такъ, напр., Кленце наблюдалъ поднятіе воды въ почвѣ до высоты 1,9 метра, при чемъ движеніе воды въ послѣдніе дни происходило еще со скоростью 9 мм. въ сутки; по наблюденіямъ Рудзинскаго, вода поднялась въ суглинкѣ до 1,84 м., двигаясь въ послѣдніе дни со скоростью 5 мм. съ сутки; при нашемъ опытѣ съ южно-русскимъ лессомъ вода поднялась въ теченіе 2-хъ лѣтъ до высоты около 4-хъ метровъ. Однако, считаясь съ наблюденіями Измаильскаго и Высоцкаго, согласно которымъ влажность грунта, равная наименьшей влагоемкости, начинаясь на высотѣ около трехъ саженъ отъ грунтовой воды (стр. 194), мы должны допустить, что въ плотныхъ мелкозернистыхъ почвахъ капиллярная вода можетъ подниматься, хотя бы очень медленно, до высоты около 3-хъ саженъ. Сила, съ которою сухая почва всасываетъ воду—громадна, по изслѣдованію Жамена она равняется столбу воды высотой въ 30 м.

Переходя къ выясненію скорости поднятія воды въ почвѣ, мы приведемъ сначала данныя г. Шишкова для Богодуховскаго чернозема, Орловской губерніи. Для опыта почва насыпалась въ стеклянную трубку, высотой 50 сант. и діаметромъ 3 сант., снизу затушеванную холстомъ; полученныя данныя видны изъ слѣд. таблицы:

Высота поднятія воды въ сант.	Время поднятія въ мину- тахъ.	Поднятіе на высоту одного сант. требовало столько-то минутъ.
2	2,0	1,0
4	12,0	3,0
6	29,5	4,9
8	55,0	6,9
10	87,0	8,7
12	130,0	10,8
14	175,5	12,5
16	231,5	14,5
34	1343,0	39,5
36	1552,0	43,0
45	2822,0 = 47 ч. 2 м.	62,7

Изъ полученныхъ данныхъ мы видимъ, что вода поднялась въ черноземѣ на высоту около  $\frac{1}{2}$  метра ( $\frac{3}{4}$  арш.) въ теченіе приблизительно двухъ дней; далѣе приведенныя данныя весьма наглядно показываютъ, какъ скорость поднятія воды быстро замедляется съ высотой: сначала вода двигалась со скоростью 1 сант. въ минуту, а на высотѣ 45 сант. скорость поступательнаго движенія воды была уже только около 1 сант. въ часъ. Приведа эти данныя, полученныя Шишковымъ, проф. Бараконъ замѣчаетъ, „что капиллярное поднятіе воды въ изучаемомъ черноземѣ происходитъ сравнительно очень медленно“. Дѣйствительно ли это такъ? Напротивъ если мы сдѣлаемъ необходимыя перечисленія, то увидимъ, что движеніе воды въ черноземѣ даже на высотѣ 45 сант. было еще сравнительно быстрое, вполне достаточное для обезпеченія водою растений. Дѣло въ томъ, что если на высотѣ въ 45 сант. вода въ одинъ часъ (62,7 м.) подымалась на 1 сантиметръ, то количество ея, подымавшееся въ 1 часъ на эту высоту, можетъ быть принято не менѣе 1,5 мм.; слѣдовательно, за день на эту высоту (45 сант.) черноземъ можетъ подавать слой воды въ 36 мм., т. е. количество воды значительно больше, чѣмъ можетъ расходовать высокой урожай какого-либо культурнаго растенія въ періодъ наибольшаго потребленія воды. Такимъ образомъ, сдѣлавъ необходимую оцѣнку, мы приходимъ къ другому выводу, чѣмъ проф. Бараконъ.

Изъ всѣхъ имѣющихся данныхъ о движеніи воды въ почвѣ снизу вверхъ, мы можемъ придти къ слѣдующему выводу о скорости поднятія воды на различныхъ высотахъ: въ началѣ поднятія вода движется въ почвѣ со скоростью около 1—2 сант. въ минуту; высоты въ полметра вода достигаетъ въ 2—3 дня, движется до этой высоты со среднею скоростью около 1 сант. въ часъ. Поднятіе воды до высоты 1 метра требуетъ уже 2—3 мѣсяцевъ, при скорости движенія въ послѣднее время = 1 сант. въ сутки. Наконецъ для достиженія высоты 2-хъ метровъ необходимо около года, при чемъ скорость движенія воды на этой высотѣ равняется нѣсколькимъ миллиметрамъ въ сутки. Зная скорость поднятія воды въ почвѣ на

различныхъ высотахъ, мы можемъ получить нѣкоторое понятіе о количествахъ воды, подаваемой почвами на различныя высоты, принимая во вниманіе количество воды, потребное для смачиванія почвы.

Замѣтимъ въ заключеніе, что было бы крайне важно, чтобы опыты, предпринимаемые для изученія водныхъ свойствъ почвы, ставили себѣ вполне ясную и опредѣленную задачу, способную освѣтить тотъ или другой частный вопросъ, и чтобы полученные данныя подвергались необходимому анализу, который придавалъ бы имъ должное освѣщеніе. Теперь же большая часть опытныхъ данныхъ по изученію водныхъ свойствъ почвы стоятъ оссбнякомъ и мало служатъ для освѣщенія даннаго вопроса.

#### Вліяніе свойствъ и состоянія почвы на испареніе изъ нея воды.

Роль почвы въ испареніи изъ нея воды представляетъ крупный интересъ, особенно для засушливыхъ мѣстностей, какъ, напр., для южной Россіи, такъ какъ сухость почвы или недостатокъ въ ней воды для растеній, какъ нами было указано, весьма часто зависитъ, именно, отъ свойствъ самой почвы. Однимъ изъ моментовъ, опредѣляющихъ расходъ воды изъ почвы чрезъ испареніе, являются водныя свойства почвы. Разсмотрѣніе вліянія этихъ послѣднихъ на испареніе воды изъ почвы и составитъ содержаніе настоящей главы; въ ней слѣдовательно, не будетъ рѣчи о вліяніи на этотъ процессъ метеорологическихъ факторовъ, положенія почвы и т. д.

Методы опредѣленія. Приемы и приборы, употребляемые въ лабораторіяхъ для изслѣдованія испаренія воды изъ почвы, весьма просты. Впрочемъ, какъ нами ниже будетъ болѣе подробно выяснено, получаемые при ихъ употребленіи результаты мало проливаютъ свѣта на ходъ испаренія воды изъ почвъ въ ихъ естественномъ залеганіи, особенно, на количественную сторону изучаемаго явленія, которая насъ, естественно, наиболѣе всего должна интересовать. Обыкновенно для изученія испаренія воды изъ почвы пользуются цинковыми сосудами различной высоты съ опредѣленною площадью въ верхнемъ разрѣзѣ, которые для устраненія нагрѣванія почвы съ боковъ помѣщаются въ особые чехлы, сдѣланные изъ матеріала (дерева), трудно проводящаго тепло. Почвы въ сосуды вносятся или предварительно смоченныя до опредѣленной влажности или же сухими и увлажняются тогда погруженіемъ сосудовъ въ воду на нѣкоторую глубину; дно сосудовъ въ этомъ случаѣ дѣлается продыравленнымъ. Въ зависимости отъ задачи опыта, послѣ увлажненія сосуды или вынимаются, или же они остаются погруженными въ воду въ теченіе всего опыта. О количествѣ испарившейся воды, которое наиболѣе цѣлесообразно и наглядно выражается высотой слоя испарившейся воды въ миллиметрахъ, судятъ по потерѣ въ вѣсѣ сосудовъ. Въ случаѣ же, если приборы съ почвами остаются погруженными въ воду въ продолженіе

опыта, то количество испаряющейся воды опредѣляется по убыли воды изъ сосудовъ, въ которые погружены приборы.

Вліяніе отдѣльныхъ факторовъ на быстроту испаренія воды изъ почвы. Чтобы составить себѣ ясную картину вліянія свойствъ почвы на испареніе воды, намъ необходимо различать (что далеко не всегда дѣлается) и особо разобрать три момента въ расходе воды изъ почвы черезъ испареніе.

Для поясненія только что сказаннаго разсмотримъ сначала условія испаренія воды изъ насыщенныхъ водою почвенныхъ столбовъ по мѣрѣ постепеннаго ихъ высыханія. Вначалѣ, пока почвы во всѣхъ слояхъ взятыхъ столбовъ сильно влажны, количество воды, которое способно подниматься къ поверхности, можетъ даже превосходить расходъ воды черезъ испареніе. Поэтому-то, вначалѣ величина испаренія воды изъ почвъ, взятыхъ въ сильно влажномъ состояніи, можетъ почти не зависѣть отъ капиллярныхъ свойствъ почвы и быть приблизительно одинаковой для различныхъ почвъ; въ эту стадію испаренія воды изъ почвы наиболѣе существенную роль на скорость испаренія будутъ оказывать тепловыя свойства почвы. По мѣрѣ же высыханія почвъ, количество воды, поднимающейся къ ихъ поверхности, быстро падаетъ и должно оказаться неодинаковымъ для различныхъ почвъ; завися, главнымъ образомъ, отъ капиллярныхъ свойствъ; въ это время ходъ испаренія воды изъ почвъ вступаетъ во вторую стадію и зависитъ отъ водоподъемныхъ свойствъ почвъ. Наконецъ, при дальнѣйшемъ высыханіи почвъ въ послѣднихъ можетъ вообще не оказаться влаги, способной капиллярно передвигаться; тогда испареніе воды изъ почвъ будетъ происходить на счетъ послѣдовательнаго высыханія почвенныхъ слоевъ и будетъ зависѣть, главнымъ образомъ, отъ условій проникновенія воздуха въ почвы.

Исходя изъ вышесказаннаго, мы можемъ, слѣдовательно, намѣтить три случая испаренія воды изъ почвы: первый, при которомъ расходъ воды съ поверхности почвы меньше или равенъ тому количеству воды, которое можетъ подниматься изъ нижнихъ слоевъ къ испаряющему слою почвы; второй, при которомъ расходъ воды изъ почвы черезъ испареніе опредѣляется, главнымъ образомъ, количествомъ воды, поднимающейся вслѣдствіе водоподъемныхъ капиллярныхъ свойствъ почвы; и, наконецъ, третій, при которомъ капиллярное движеніе воды въ почвѣ прекращается и испареніе воды изъ почвы идетъ на счетъ постепеннаго пересыханія почвенныхъ слоевъ. Очевидно, что въ зависимости отъ того случая влажности, при которомъ происходитъ испареніе, свойства почвъ проявляются на величинѣ испаренія не только вообще въ весьма различной степени, но и различными оказываются тѣ свойства, которыя играютъ наиболѣе существенную роль въ испареніи воды изъ почвы. Необходимо, однако, здѣсь же пояснить, что выше намѣченныя нами три стадіи не должны разсматриваться, какъ постепенно и строго смѣняющіе друга друга процессы,

такъ какъ очевидно, что первая двѣ стадіи, въ зависимости отъ измѣненій интенсивности испаренія, могутъ смѣнять одна другую.

*Первый случай* испаренія воды изъ почвы, очевидно имѣетъ обычно мѣсто или при сильно влажномъ поверхностномъ слоѣ почвы или при маломъ расходованіи воды изъ почвы черезъ испареніе въ зависимости отъ метеорологическихъ условій. Свойства почвъ въ этомъ случаѣ, естественно, играютъ весьма слабую роль въ количествѣ испаряющейся воды, оказывая лишь нѣкоторое вліяніе на размѣръ водной испаряющей поверхности, на количество поглощаемой солнечной энергіи и на теплоемкость почвы; что въ общемъ и подтверждаютъ имѣющіеся опыты. Такъ по опытамъ Эзера, различныя почвы въ сильно влажномъ состояніи испарили съ 22 мая по 3 іюня слѣдующія приблизительно равныя количества воды:

	Кварцевый песокъ.	Известковый песокъ.	Суглинокъ.	Торфъ.	Почва съ оп. поля.
Слой испаривш. воды въ мм.	58,00	50,82	55,17	56,37	56,47

Слѣдуетъ здѣсь еще упомянуть, что изъ почвы при сильномъ ея увлажненіи можетъ испаряться воды даже нѣсколько болѣе, чѣмъ испаряется воды съ водной поверхности при одинаковыхъ условіяхъ. Болѣе значительное испареніе воды съ сильно влажной почвы по сравнению съ водою объясняется болѣею испаряющею поверхностью у почвы вслѣдствіе неровностей, чѣмъ у воды, а также отчасти меньшею теплоемкостью и теплопроводностью у почвы, чѣмъ у воды.

*При второмъ случаѣ*, когда расходъ воды изъ почвы черезъ испареніе опредѣляется количествомъ воды, поднимающейся къ поверхности почвы вслѣдствіе водоподъемныхъ свойствъ послѣдней (что имѣетъ мѣсто чаще, чѣмъ первый случай), водныя свойства почвы, какъ было сказано, играютъ преобладающую роль въ процессѣ испаренія воды изъ почвы. Въ этомъ случаѣ испаряющій слой постепенно опускается все на большую и большую глубину въ почву; при чемъ испаряющаяся вода суммируется изъ влаги, поднимающейся изъ нижнихъ слоевъ, и изъ влаги высыхающаго слоя. Первый источникъ воды является доминирующимъ, онъ же въ свою очередь всецѣло опредѣляется водоподъемною способностью почвы. Поэтому въ этомъ случаѣ вопросъ о вліяніи свойствъ почвы на испареніе изъ нея воды почти всецѣло сводится къ вопросу о роли различныхъ моментовъ въ количествѣ воды, поднимаемой почвой на ту или другую высоту при тѣхъ или иныхъ условіяхъ, и по этой причинѣ почти не нуждается въ особомъ самостоятельномъ разсмотрѣніи. Однако, чтобы обратить должное вниманіе на значеніе отдѣльныхъ свойствъ почвы въ испареніи изъ нея воды, въ дальнѣйшемъ изложеніи будутъ приведены нѣкоторые результаты опытовъ по разсматриваемому вопросу. При этомъ, однако, необходимо замѣтить, что имѣющійся въ нашемъ распоряженіи опытный матеріалъ мало выясняетъ количественную сторону изучаемаго

нами явленія, каковая представляетъ наибольшій интересъ, а касается почти исключительно качественной стороны вопроса, которую въ большинствѣ случаевъ можно себѣ а priori представить на основаніи теоретическихъ соображеній.

*Вліяніе на скорость испаренія свойствъ и состоянія почвы.*

1 *Степень влажности.* Очевидно, что чѣмъ болѣе почва влажна, тѣмъ болѣе она испаряетъ воды при одинаковыхъ условіяхъ; но интересно отмѣтить, что при опытахъ Эзера въ этомъ направленіи оказалось, что почвы, взятыя для опыта при весьма различной влажности (отъ 10% до 100% отъ наибольшей влагоемкости,) потеряли окончательно всю свою капельно-жидкую воду приблизительно въ одно и то же время; это объясняется тѣмъ, что остатки влаги въ почвѣ, неспособные передвигаться въ относительно сухой почвѣ, теряются весьма медленно.

2 *Форма поверхности почвы.* Какъ и слѣдовало ожидать, почва съ волнистой поверхностью испаряетъ въ общемъ больше воды, чѣмъ та же почва при ровной поверхности. Но вмѣстѣ съ тѣмъ, очевидно, что форма поверхности почвы существенно вліяетъ на испареніе лишь до тѣхъ поръ, пока количество испаряющейся воды при высыханіи почвы не начинаетъ опредѣляться количествомъ воды, поднимающейся изъ нижнихъ слоевъ къ верхнимъ; съ этого момента можетъ получиться даже обратное отношеніе въ количествѣ испаряющейся воды, такъ какъ къ этому времени почва съ волнистою поверхностью можетъ оказаться сильнѣе просохшею, чѣмъ почва съ ровною поверхностью; вотъ нѣсколько данныхъ изъ опытовъ Эзера, поясняющихъ сказанное:

Количество испарившейся воды изъ известковой песчаной почвы въ мм.

Форма поверхн.	Дни										сумма
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	
Волнистая.	7,4	5,1	4,3	3,8	1,8	2,8	1,5	1,0	0,7	0,6	26,7
Ровная . .	5,5	4,5	2,2	3,5	1,5	2,1	1,3	1,1	0,8	0,85	20,6

Почвы съ мало прочною структурою, какъ извѣстно, подъ вліяніемъ сильныхъ дождей легко заплываютъ, и на нихъ при высыханіи образуется особая корка, отдѣляющаяся отъ остальной почвы. При изученіи вліянія подобной корки на испареніе воды изъ почвы получилось, что почва, на которой была искусственно создана корка, испаряла нѣсколько меньше воды, чѣмъ та же почва безъ такой корки.

3 *Состояніе поверхности почвы.* Весьма большое значеніе въ условіяхъ испаренія воды изъ почвы придаютъ разрыхленію поверхности почвы; вліяніе этого фактора несомнѣнно весьма существенно, такъ какъ извѣстно, что по разрыхленной почвѣ вода подымается въ значительно меньшемъ количествѣ, чѣмъ по почвѣ, сохранившей уплотненную поверхность. При этомъ, однако,

необходимо обратить внимание на то, что разница въ этомъ случаѣ будетъ существенна лишь до тѣхъ поръ, пока верхніе слои почвы будутъ сравнительно сильно влажными; когда же содержаніе въ нихъ влаги приблизится къ наименьшей влагоемкости почвы, то вліяніе разрыхленія поверхности почвы будетъ значительно ослаблено. Мы обращаемъ на это вниманіе отчасти съ цѣлью высказать соображеніе, что поверхностное разрыхленіе почвы въ полѣ, связанное съ уничтоженіемъ сорной растительности и ведущее къ сохраненію влаги въ почвѣ, оказывается достигающимъ своей цѣли, повидимому, въ большей степени вслѣдствіе уничтоженія на полѣ сорной растительности, чѣмъ по причинѣ замедленія капиллярнаго поднятія воды къ поверхности почвы. Такъ напр., при опытахъ Эзера испареніе съ почвы при разрыхленной поверхности было лишь немногимъ меньше, чѣмъ при почвахъ безъ разрыхленія; а именно, двѣ почвы съ разрыхленною поверхностью съ 13 по 24 авг. испарили слой воды 25,2 и 24,1 мм. противъ тѣхъ же почвъ безъ разрыхленія, испарившихъ за то же время 31,6—31,6 мм. Было бы весьма интересно непосредственнымъ наблюденіемъ выяснитъ, насколько въ естественныхъ природныхъ условіяхъ оба эти фактора, разрыхленіе и уничтоженіе сорной растительности, вліяютъ особо на сохраненіе влаги въ почвѣ.

4. Величина почвенныхъ частицъ (механической составъ почвъ), очевидно, въ рѣзкой степени должна оказывать вліяніе на величину испаренія воды изъ почвы. Но чтобы правильно оцѣнивать вліяніе этого фактора въ частныхъ случаяхъ, необходимо имѣть въ виду, что мы имѣемъ здѣсь дѣло съ весьма сложною зависимостью, на что весьма часто не обращается должнаго вниманія. Дѣло въ томъ, что вліяніе почвенныхъ частицъ той или другой величины на испареніе влаги изъ почвы можетъ быть весьма различнымъ смотря по тому, при какой влажности будутъ находиться сравниваемая почвы и съ какой глубины происходитъ подъемъ воды, пополняющій влагу, расходуемую черезъ испареніе; напр., сильно влажный песокъ при невысокомъ столбѣ можетъ испарять вначалѣ больше воды, чѣмъ болѣе мелкозернистая почва при тѣхъ же условіяхъ; при извѣстной же степени высыханія отношеніе между количествами испаряющейся воды становится обратнымъ. Между тѣмъ при высокихъ колоннахъ изъ тѣхъ же матеріаловъ песокъ можетъ уже съ самаго бачала испарять съ поверхности меньше воды, чѣмъ болѣе мелкозернистая почва. Поэтому только въ каждомъ частномъ случаѣ можно сказать, въ какомъ направленіи проявится вліяніе крупности почвенныхъ частицъ на испареніе воды изъ почвы; почему результаты опытовъ, производимыхъ въ этомъ направленіи въ лабораторіяхъ, имѣютъ лишь частное значеніе, и отнюдь не слѣдуетъ ихъ обобщать. Въ виду высказанныхъ соображеній, мы считаемъ излишнимъ приводить относящіяся сюда данныя, полученныя при лабораторныхъ опытахъ. Основные законы подъема воды въ капиллярныхъ трубахъ должны давать въ этомъ случаѣ руководя-

щія начала; количественная же сторона въ какомъ-либо частномъ случаѣ можетъ быть лишь разрѣшена непосредственнымъ прямымъ опытомъ или наблюденіемъ.

5. Цвѣтъ почвы, очевидно, не долженъ играть сколько-нибудь существенной роли въ расходѣ воды изъ почвы черезъ испареніе, такъ какъ, разъ почва съ поверхности просохла, количество испаряющейся воды регулируется уже, главнымъ образомъ, водоподъемною способностью почвы. При влажномъ же поверхностномъ слой темный цвѣтъ почвы, какъ было сказано, естественно въ общемъ увеличиваетъ испареніе воды изъ почвы.

6. Приблизительно то же самое приходится сказать и относительно вліянія структуры почвы и степени ея уплотненія на расходъ воды изъ почвы черезъ испареніе. Можно только добавить, что при комковатой структурѣ почвы въ общемъ будутъ испарять воды меньше, чѣмъ лишенная таковой, и что уплотненіе почвы въ общемъ будетъ содѣйствовать расходу изъ нея воды черезъ испареніе.

*Третій случай испаренія воды изъ почвы, который нами выше былъ намѣченъ, имѣетъ дѣло съ расходомъ влаги изъ почвы тогда, когда въ ней нѣтъ воды, способной капиллярнымъ путемъ подниматься къ слою, изъ котораго происходитъ испареніе; въ этомъ случаѣ испареніе воды изъ почвы проявляется лишь въ томъ, что почва, слой за слоемъ, сверху книзу постепенно пересыхаетъ и доходитъ до содержанія въ себѣ только гигроскопической воды. Вліяніе свойствъ почвы на испареніе воды изъ почвы въ этомъ случаѣ опредѣляется, главнымъ образомъ, провѣтриваемостью почвы, ея тепловыми свойствами и величиною наименьшей влагоемкости данной почвы. При чемъ эта зависимость выражается въ томъ, что почвы, лучше провѣтриваемыя и обогрѣваемые, а также съ болѣею наименьшею влагоемкостью, должны больше испарять воды, чѣмъ почвы съ противоположными свойствами.*

#### *Общій выводъ.*

Изъ всего вышесказаннаго мы видимъ, что вліяніе свойствъ самой почвы на расходъ воды изъ нея черезъ испареніе оказывается крайне сложнымъ, проявляясь во взаимодействіи цѣлаго ряда отдѣльныхъ моментовъ. Поэтому, въ нашемъ изложеніи мы и стремились особенно подчеркнуть, именно, эту сторону вопроса и попутно лишь обратить вниманіе на характеръ участія цѣлаго ряда факторовъ, съ которыми приходится считаться при разсмотрѣніи отдѣльныхъ случаевъ изучаемаго явленія. Только при всестороннемъ анализѣ роли каждаго фактора въ отдѣльности и въ совокупности съ другими мы въ состояніи правильно оцѣнивать вліяніе свойствъ почвы на испареніе изъ нея влаги въ каждомъ частномъ случаѣ.

## Водный режимъ почвъ.

### Вліяніе мертвого покрова на влажность почвы.

Мертвый покровъ, задерживая испареніе воды изъ почвы, естественно содѣйствуетъ увеличенію влажности почвы. Насколько вліяніе такого покрова можетъ быть значительнымъ показываютъ, напр., слѣдующія данныя, сообщаемыя проф. Бараковымъ, полученныя имъ при сравненіи влажности поля, покрытаго навозомъ (I) и остававшагося голымъ (II):

глубины.	I.	II.
2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> вер.	20,40%	16,50%
отъ 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —5	19,6 „	17,2 „
„ 5—7	18,6 „	16,3 „
„ 7—9	17,6 „	15,2 „
„ 9—12	16,0 „	12,6 „

Но такое очевидное вліяніе мертвого покрова оказывается не всегда таковымъ. Такъ Раманнъ приводитъ данныя, показывающія, что лѣсная почва, съ которой удалена лѣсная и мховая подстилки, была сравнительно влажнѣе (за исключеніемъ поверхностнаго слоя), чѣмъ почва въ лѣсу, гдѣ подстилка не удалялась; вотъ среднія данныя (изъ 42 опредѣленій) полученныя этимъ изслѣдователемъ:

	Верхн. слой. 25—30 смт.; 50—55 смт.; 75—80 смт.			
безъ подстил.	8,66%	4,29%	4,04%	4,04%
съ подстилк.	9,32 „	3,82 „	3,49 „	3,27 „

Таковой результатъ объясняется тѣмъ, что лѣсная подстилка задерживаетъ въ себѣ, не допуская въ почву, значительное количество атмосферныхъ осадковъ, которые затѣмъ непосредственно съ ея поверхности испаряются.

### Вліяніе живого покрова на влажность почвы.

Зная въ какомъ большомъ количествѣ растенія потребляютъ воду при ихъ жизненныхъ отправленіяхъ, намъ должно быть ясно, что расходъ воды изъ почвы, покрытой растительностью, долженъ быть значительно больше, чѣмъ изъ почвы, лишенной такового по-

крова. Цѣлый рядъ опредѣленій влажности почвы, занятой и неза-  
нятой растительностью, подтверждаетъ это. Для примѣра приведемъ  
наблюденія на полтавскомъ опытномъ полѣ. Здѣсь въ теченіе іюня  
и іюля опредѣлялась влажность почвы, съ одной стороны, на участкѣ  
задернѣломъ и, съ другой стороны, на участкѣ безъ растительности;  
при чемъ средняя влажность почвы до глубины 12 вершковъ была  
слѣдующая:

	На участкѣ безъ раститель- ности.	На участкѣ задернѣломъ.
29 мая . . . . .	17,72%	15,39%
30 мая . . . . .	18,61 „	15,67 „
1 іюня . . . . .	17,49 „	15,43 „
25 іюня утромъ . . . . .	14,79 „	12,98 „
26 іюня вечеромъ . . . . .	14,08 „	12,57 „
26 іюля утромъ . . . . .	14,55 „	12,43 „
26 іюля вечеромъ . . . . .	15,05 „	12,51 „

Если же мы теперь примемъ во вниманіе, что въ почвахъ  
содержится извѣстный процентъ воды, недоступный для растений, ко-  
торый для данныхъ почвъ можетъ приблизительно равняться 10%,  
то окажется, что для почвы перваго участка процентъ полезной для  
растений воды приблизительно равняется 5%, а для почвы второго—  
2,5%, т. е. будетъ вдвое ниже; слѣдовательно разница во влажности  
между участками весьма существенна.

Весною различія во влажности почвы безъ растений и съ расти-  
тельностью сглаживаются и проявляются особенно рѣзко къ осени;  
такъ, Костычевъ приводитъ слѣдующій примѣръ:

#### Влажность почвы 2-го апрѣля.

	Безъ растений.	Подъ люцерной.
На глубинѣ ¼ ф.	29,3%	27,0%
„ 1½ „	21,5 „	21,4 „
„ 2¼ „	13,6 „	10,0 „

#### Влажность почвы 8-го августа

На глубинѣ ¼ ф.	28,0%	24,3%
„ 1½ „	19,8 „	10,4 „
„ 2¼ „	16,6 „	13,4 „

Для поясненія вліянія древесной растительности на расходъ  
воды изъ почвы приведемъ еще наблюденія Харламова; произведен-  
ныя имъ въ Велико-Анадольскомъ лѣсничествѣ опредѣленія влажности  
(въ 1892 году 12 августа), состоявшія въ опредѣленіи влажности  
почвы въ разно-возрастныхъ участкахъ лѣса дали слѣдующія данныя:

	Подъ насажденіями		Насажденіе	
	25-лѣтн.	5-лѣтн.	1891 г.	1892 г.
средняя влажность почвы для слоя въ 24 верш. . . . .	14,35%	17,37%	21,31%	22,85%
количества полезной для рас- тенія воды. . . . .	-0,68 „	2,37 „	6,31 „	7,85 „

Итакъ мы видимъ, что чѣмъ сильнѣе была развита на участкѣ лѣсная растительность, тѣмъ почва на немъ оказалась болѣе засушенной.

Наблюденная Харламовымъ разница во влажности почвъ съ перваго взгляда намъ можетъ показаться также довольно незначительной. Но если мы примемъ во вниманіе, что по опытамъ того же изслѣдователя растенія на данной почвѣ въ сосудахъ начинали уже завядать, когда влажность почвы опускалась только до 15%, то намъ ясно будетъ, что оказавшаяся разница весьма существенна; а, именно, вычитая 15% влажности изъ влажности почвъ, найденной подъ различными насажденіями, мы получимъ % полезной для растеній воды въ изученныхъ почвахъ, который будетъ весьма различенъ: — 0,68%, + 2,37%, + 6,31% и + 7,85%. Такимъ образомъ, процентъ полезной воды въ почвѣ молодыхъ насажденій значительно больше, чѣмъ въ почвѣ старыхъ. Не слѣдуетъ, впрочемъ, для правильной оцѣнки данныхъ Харламова упускать изъ виду, что между рядами въ молодыхъ насажденіяхъ обыкновенно промотыживаются, каковой приемъ содѣйствуетъ сохраненію влаги въ почвѣ.

Что касается сравнительнаго вліянія травянистой и древесной растительностей на расходъ воды изъ почвы, то выясненіе этого вопроса представляетъ большія затрудненія. Мы не можемъ, по влажности почвы, занятой тою или другою растительностью, непосредственно заключать объ испареніи воды соотвѣтствующею растительностью, такъ какъ приходъ воды въ почвы, покрытыхъ различною растительностью не одинаковъ. Только въ томъ случаѣ, когда лѣсная почва суше почвы съ травянистою растительностью, мы можемъ съ большою вѣроятностью заключать о большемъ испареніи древесною растительностью сравнительно съ травянистою, такъ какъ приходъ воды въ лѣсную почву при одинаковыхъ топографическихъ условіяхъ обычно оказывается болѣе значительнымъ, чѣмъ въ почву, покрытую травянистою растительностью.

Для выясненія расхода воды растительностью съ какой либо площади казалось бы возможнымъ воспользоваться данными расхода воды растеніями на одинъ граммъ создаваемого ими сухого вещества въ растительный періодъ; т. е., зная вѣсъ урожая или прироста растительной массы на данной площади, опредѣлять количество воды, потребовавшееся для его созданія; но, дѣло въ томъ, что условія испаренія отдѣльныхъ растеній, при которыхъ получены таковыя данныя, и условія испаренія растеній на полѣ и въ лѣсу, далеко не одинаковыя. Поэтому, этими данными мы можемъ пользоваться лишь для общихъ болѣе грубыхъ соображеній. Для расхода же воды взрослыми деревьями мы и таковыхъ данныхъ не имѣемъ. Чтобы дать все-таки нѣкоторое представленіе о расходѣ воды растеніями на единицу сухого вещества, мы приведемъ относящіяся сюда данныя изъ работы Р. Шредера.

По наблюденіямъ этого изслѣдователя различныя наши культурныя растенія расходовали слѣдующія количества воды на созданіе одного грамма сухого вещества:

ячмень . . . . .	470	горохъ . . . . .	306
пшеница . . . . .	390	чечевица . . . . .	346
рожь . . . . .	349	конск. бобы . . . . .	246
овесъ . . . . .	391	фасоль . . . . .	493
просо . . . . .	190	подсолнечникъ . . . . .	356
могарь . . . . .	196	греча . . . . .	242
чинквантино . . . . .	189	ленъ . . . . .	410
конекій зубъ . . . . .	168	рапсъ . . . . .	612

При изслѣдованіяхъ Шредера выяснилось, что для злаковъ количество воды, испаряемой единицею листовой поверхности, почти пропорціонально количеству воды, потребному для созданія одного грамма сухого вещества, слѣдовательно, „можно сказать“, полагаетъ авторъ,—„что у всѣхъ изслѣдованныхъ злаковъ единица поверхности при одинаковыхъ условіяхъ производитъ независимо отъ интенсивности испаренія, приблизительно одинаковое количество вещества“. Въ общемъ, чѣмъ больше растеніе требуетъ воды для созданія единицы сухого вещества, тѣмъ больше оно испаряетъ единицею поверхности.

Въ среднемъ обычно принимаютъ, что на одинъ литръ потребленной воды растеніе создаетъ около 3 граммовъ сухого вещества. Отсюда, зная количество урожая, мы можемъ приблизительно исчислять количество израсходованной воды, т. е., напр., при урожаѣ на десятинѣ 250 пудовъ соломы и зерна расходъ воды съ десятины равенъ  $250 \times 300 = 75.000$  пудамъ, что приблизительно соотвѣтствуетъ слою воды въ 125 мм.

Переходя къ разсмотрѣнію испаренія древесною растительностью, мы должны замѣтить, что этотъ вопросъ является особенно сложнымъ. Для молодого лѣса (1, 2, 5 лѣтъ) имѣющіеся опыты показываютъ, что испареніе молодыми деревьями приблизительно одинаково съ травянистою растительностью. Что же касается болѣе взрослыхъ насажденій, то въ этомъ случаѣ даже приблизительное опредѣленіе испаренія влаги древесною растительностью является очень затруднительнымъ; что подтверждается ниже приводимыми, весьма несогласными указаніями, которыя даются различными авторами относительно испаренія воды древесною растительностью. Такъ напр., по Hohnel'ю 115-лѣтній буковый лѣсъ испаряетъ за годъ 350—540 мм.; 50-60 лѣтній—230 мм.; по Гартигу—до 1020 мм. (исключительно большая цифра); наоборотъ, Рислеръ считаетъ что гектаръ лѣса испаряетъ въ *три раза меньше*, чѣмъ поле, занятое люцерной, клеверомъ и злаками.

О сравнительномъ вліяніи лѣсной и травянистой растительности на испареніе воды изъ почвы, какъ мы указывали, можно отчасти дѣлать выводы на основаніи сравнительныхъ опредѣленій влажности почвы осенью подъ соотвѣтствующими угодыми. Въ этомъ отно-

лѣс шении, для степной мѣстности наиболѣе обстоятельныя наблюденія принадлежатъ Г. Высоцкому. Въ Велико-Анадольскомъ лѣсничествѣ (Екатеринославской губ.) этимъ изслѣдователемъ были произведены въ октябрѣ 1892 года опредѣленія влажности почвы подъ различными угодыями: 1) подъ 28-лѣтнимъ кленово-ясеневымъ насажденіемъ, 2) подъ травянистой цѣлиною (косилась на обширной полянѣ среди лѣса, 3) подъ жнивьемъ изъ подъ ярового хлѣба и 4) подъ паромъ (съ мая). Полученныя данныя, собранныя въ нижеслѣдующую таблицу, дають очень наглядное предоставленіе о вліяніи рода растительности на влажность почвы:

Глубина отъ поверх. въ метрахъ.	Влажность почвы въ % вѣса сырой почвы:			
	1. Лѣсъ	2. Цѣлина	3. Поле	4. Парь
Поверхность	13,9	5,6	9,7	3,5
0,10	15,5	11,0	13,2	17,9
0,25	15,6	14,3	15,5	19,5
0,50	15,7	14,9	15,4	18,6
0,75	—	—	15,8	20,0
1,00	12,9	13,8	14,8	19,6
1,50	12,9	14,4	14,6	17,2
2,00	12,4	15,0	15,3	16,3
Общій запасъ влаги въ мм. . . . .	456	473	505	641
Мертвый запасъ влаги въ томъ же слѣѣ <sup>1)</sup> .	357	357	357	357
Откуда получается жи- вой запасъ влаги.	99	116	148	284

Полученныя Г. Высоцкимъ данныя, характеризующія состояніе влажности почвы осенью 1892 года подъ различными угодыями, являются въ общемъ типичными для степныхъ мѣстностей, насколько объ этомъ можно судить по имѣющимся въ нашемъ распоряженіи аналогичнымъ наблюденіямъ, которыя въ совокупности приводятъ къ выводу: 1) что поверхность почвы является наиболѣе засушеною въ пару, такъ какъ она здѣсь ничѣмъ не защищена отъ высыханія, притокъ же воды къ ней изъ нижнихъ слоевъ ослабленъ комковатымъ строеніемъ почвы, въ каковомъ состояніи почвы поддерживается въ пару; 2) что почва (гориз. А+В отъ 0 до 0,75 м.) наиболѣе всего иссушается подъ травяною цѣлиною, затѣмъ подъ полемъ, далѣе подъ лѣсомъ и менѣе всего подъ паромъ, и 3) что подпочва (грунтъ отъ 0,75 до 2,00 м.) осенью оказывается болѣе всего сухою подъ лѣсомъ и менѣе всего засушеною подъ паромъ.

Вліяніе лѣса на глубокіе слои объясняется, очевидно, тѣмъ что древесная растительность преимущественно изъ этихъ слоевъ заимствуетъ свою влагу, особенно тогда, когда въ верхнихъ слояхъ ея не достаетъ. Слѣдовательно, изъ приведенныхъ въ таблицѣ дан-

<sup>1)</sup> По наблюденіямъ г. Высоцкаго растенія начинаютъ завядать въ Велико-Анадольскомъ участкѣ при иссушеніи почвы и грунта приблизительно до 11%; почему этотъ % и принятъ при вычисленіи мертваго запаса влаги.

ныхъ можно—разъ мы примемъ, что лѣсная почва обычно весною является болѣе влажною, чѣмъ степная (что подтверждается многочисленными наблюденіями)—сдѣлать выводъ, что у насъ на югѣ Россіи въ степной мѣстности лѣсъ расходуетъ больше воды, чѣмъ степная растительность.

Въ работѣ Высоцкаго, изъ которой приведены предыдущія данныя, имѣется весьма интересная попытка подвести общій балансъ прихода и расхода воды въ почвѣ подъ различными угодыями. Съ этою цѣлью, на основаніи среднихъ данныхъ опредѣленія влажности почвы, въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ, весною и осенью, изслѣдователь вычисляетъ величину лѣтняго иссушенія почвы и грунта и получаетъ для нея слѣдующія данныя:

лѣтнее иссушеніе подъ чернымъ паромъ . . . . .	= 67 мм. <sup>1)</sup>
„ „ „ залежью . . . . .	= 195 „
„ „ „ лѣсомъ . . . . .	= 256 „

Если теперь къ этимъ величинамъ лѣтняго иссушенія прибавить количество лѣтнихъ атмосферныхъ осадковъ (296 мм.), выпадающихъ въ среднемъ въ данной мѣстности, то получается расходъ влаги за лѣто изъ почвы, находящейся подъ различными угодыями; каковъ расходъ будетъ равенъ:

подъ паромъ . . . . .	311 мм.
„ залежью . . . . .	429 „
„ лѣсомъ . . . . .	552 „

Итакъ, мы видимъ, что по расходу воды въ данномъ случаѣ на первомъ мѣстѣ стоитъ лѣсъ, затѣмъ идетъ залежь, и меньше всего расходуетъ воды парь.

Параллельно съ этими вычисленіями Высоцкій сдѣлалъ попытку опредѣлить то количество влаги, которое изъ зимнихъ осадковъ не попадаетъ въ почву подъ различными угодыями. Для этого необходимо изъ количества зимнихъ осадковъ, которыхъ въ Велико-Анадольѣ въ среднемъ выпадаетъ 276 мм., вычесть ту воду, которая накапливается за зиму въ почвѣ и грунтѣ, находящихся подъ различными угодыями, и которую Высоцкій называетъ влагою зимняго осырненія. Послѣдняя, какъ само собою понятно, равна водѣ, выражающей величину лѣтняго иссушенія почвы и грунта; т. е. для залежи она будетъ = 195 мм., а для лѣса = 256 мм. (для пара соответствующее данное мы опускаемъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ вычисленіе является болѣе сложнымъ). Вычитывая затѣмъ изъ 276 мм. зимнихъ осадковъ влагу зимняго осырненія (195 и 256 мм.), авторъ и получаетъ количество влаги, которое изъ зимнихъ осадковъ не поступаетъ въ почву, а именно:

<sup>1)</sup> Подъ лѣтнимъ иссушеніемъ, авторъ понимаетъ общую разницу въ количествѣ влаги, бывшей весною и осенью въ почвѣ; при чемъ эту разницу онъ выражаетъ въ видѣ водяного слоя, высоту котораго обозначаетъ въ миллиметрахъ, какъ это принято для атмосферныхъ осадковъ.

	въ ‰ отъ осадковъ.
для залежи . . . . . 81 мм.	2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
для лѣса . . . . . 20 мм.	7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Очевидно, что вычисленные данныя являются въ значительной степени приблизительными и условными, но мы считали полезнымъ ихъ привести, чтобы познакомить съ примѣрнымъ расчетомъ баланса влаги въ почвѣ.

Замѣтимъ, что по наблюденіямъ на Полтавскомъ опытномъ полѣ почва въ слоѣ до 1½ арш. оказывалась въ лѣсу нѣсколько влажнѣе, чѣмъ въ полѣ.

Глубина стоянія грунтовыхъ водъ можетъ также въ извѣстной мѣрѣ служить основаніемъ для сужденія о расходѣ воды изъ почвы подъ различными угодыями, такъ какъ въ случаѣ, если грунтовыя воды стоятъ подъ различными угодыями на различныхъ глубинахъ, то имѣется основаніе предполагать, что разница въ состояніи этихъ водъ обусловлена неодинаковымъ расходомъ воды изъ почвы черезъ испареніе, конечно, при условіи, что приходъ воды на обоихъ участкахъ одинаковъ. П. Отоцкій, изучая глубину состоянія грунтовыхъ водъ на югѣ Россіи подъ различными угодыями, нашель, что въ лѣсахъ грунтовыя воды залегаютъ вообще глубже, чѣмъ въ степи; та же зависимость была имъ наблюдена подъ Петербургомъ для Удѣльнаго парка и сосѣдней луговины. Отмѣтимъ, что Никитинъ при своихъ изслѣдованіяхъ пришель къ обратнымъ результатамъ; но его наблюденія не представляются намъ достаточно надежными. Французскій изслѣдователь, проф. Анри на основаніи своихъ и чужихъ наблюденій приходитъ къ выводу, что въ мѣстностяхъ (ровныхъ), гдѣ нѣтъ поверхностнаго стока водъ, почва подъ лѣсомъ даетъ менѣе грунтовыхъ водъ, чѣмъ почва, занятая травянистою растительностью; на склонахъ же роль лѣса можетъ быть обратная. Вообще же приходится замѣтить, что вліяніе лѣсныхъ массивовъ на балансъ воды въ почвѣ и грунтѣ, которые ихъ подстилають, весьма сложно и въ результатѣ можетъ быть далеко не одинаковымъ. Поэтому говоря о вліяніи лѣса на влажность почвы и на глубину залеганія грунтовыхъ водъ, необходимо принимать во вниманіе всѣ мѣстныя условія, значеніе которыхъ, впрочемъ, къ сожалѣнію, далеко еще не выяснено. Въ виду всего сказаннаго вопросъ о вліяніи лѣса на влажность почвы и количество грунтовыхъ водъ нельзя считать окончательно разрѣшеннымъ.

Еще сложнѣе оказывается роль лѣса въ балансѣ влаги почвъ сосѣдней мѣстности. Чтобы нѣсколько освѣтить этотъ вопросъ воспользуемся данными, полученными Бычихинимъ въ имѣніи де-Карьера (Херсонской губерніи) при изслѣдованіи вліянія лѣсныхъ защитныхъ полосъ на влажность почвы подъ ними и почвы сосѣдняго поля. При опредѣленіи влажности почвы 8-го іюня этимъ изслѣдователемъ получены слѣдующія данныя:

Глубина сант.	Влажность почвы.		въ степи на залежи.
	въ защитной полосѣ.	вблизи защитной полосы.	
1—10	23,11 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	20,04 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	17,66 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
10—20	16,84 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	14,85 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	12,84 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
20—30	16,37 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	15,18 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	12,74 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
30—40	19,55 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	14,82 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	12,55 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
50—60	15,70 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	15,63 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	12,52 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
70—80	13,18 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	16,28 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	12,44 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
90—100	12,36 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	16,46 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	11,67 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Какъ мы видимъ, наиболѣе высокая влажность почвы оказалась вблизи защитной полосы; что объясняется тѣмъ, что зимою подъ вліяніемъ послѣдней вблизи нея скопляются сугробы снѣга, а также и тѣмъ, что лѣтомъ расходъ воды здѣсь долженъ быть меньше, чѣмъ въ открытой степи, такъ какъ защитная полоса умѣряетъ силу иссушающаго вѣтра. Влажность почвы подъ защитной полосой въ верхнихъ слояхъ была почти та же, что вблизи нея, только болѣе глубокіе слои были сильнѣе изсушены; что, очевидно, произошло отъ усиленнаго расхода воды древесною растительностью изъ болѣе глубокихъ слоевъ. Наконецъ, какъ и слѣдовало ожидать, почва въ степи оказалась наиболѣе всего изсушеною; она повидимому, заключала въ себѣ почти только мертвый запасъ воды. Въ соответствии съ приведенными данными Бычихина, всѣ имѣющіяся у насъ наблюденія въ общемъ свидѣтельствуютъ о благопріятномъ вліяніи защитныхъ полосъ на влажность прилегающихъ почвъ; однако воздѣйствіе ихъ проявляется вообще лишь на незначительномъ протяженіи отъ полосы и выражается обычно въ слабой степени. Впрочемъ необходимо замѣтить, что изъ вліянія отдѣльныхъ лѣсныхъ защитныхъ полосъ на прилегающія мѣстности нельзя еще непосредственно дѣлать выводы о возможномъ вліяніи такихъ полосъ на климатъ цѣлой страны въ томъ случаѣ, если-бъ эти полосы занимали значительныя площади. Возможно, что тогда благотворное дѣйствіе защитныхъ полосъ сказалось-бы болѣе существеннымъ образомъ.

Укажемъ въ заключеніе, что на расходъ воды растеніями вліяетъ количество питательныхъ веществъ, которыми растеніе располагаетъ въ почвѣ. Такъ по опытамъ Либпера овесъ испарялъ воды на 1 граммъ сухого вещества:

	Безъ удобренія.	При удобреніи К. N. P.
въ почвахъ № 1 . .	340 гр.	173 гр.
„ № 2 . .	332 „	178 „

Слѣдовательно, при обиліи питательныхъ веществъ растенія пользуются водою болѣе производительно, чѣмъ при недостаткѣ. Но изъ этого, конечно, не слѣдуетъ, что въ первомъ случаѣ расходъ воды съ опредѣленной площади меньше, чѣмъ съ такого же участка при бѣдной почвѣ, такъ какъ на богатой почвѣ масса урожая больше.

### Главный причины, обуславливаюця сухость почвы въ южной Россіи.

Изъ нихъ мы прежде всего укажем\* на причины, обусловленный количествомъ и характеромъ выпадающихъ атмосферныхъ осадковъ. Относительно количества осадковъ, мы должны заметить, что для многихъ местностей южной Россш таковыя не отличаются значительно отъ суммы осадковъ северной Россш, которая, какъ известно, скорее страдаетъ отъ избытка влаги въ почве. Въ среднемъ количество осадковъ для большей части Россш колеблется около 400—500 мм., исключая крайняго юга и юго востока, где оно опускается до 250—350 мм. Поэтому, более существеннымъ факторомъ въ вопросе о засухе оказывается распределеше осадковъ по времени года и въ особенности характеръ ихъ выпадешя, а также и влѣяше другихъ метеорологическихъ элементовъ (температуры, относительной влажности воздуха, ветровъ и т. д.). На юге въ степной полосе Россш осадки прѣурочены, главнымъ образомъ, къ лету и выпадаютъ часто въ виде ливней; вследствие чего въ значительной степени уменьшается та часть воды, которая поступаетъ въ почву и идетъ на пользу растений, такъ какъ въ этомъ случае значительная часть выпавшей воды или скатывается въ более низшя места и удаляется съ полей въ виде потоковъ, или же быстро испаряется непосредственно изъ верхнихъ слоевъ въ жарше летше дни.

Ко второй группѣ причинъ, обуславливающихъ сухость почвы степной полосы, надо отнести условія, определяющая поступлеше воды въ почву; изъ нихъ следуетъ отметить;

- а) характеръ снежнаго покрова,
- б) промерзаше почвъ,
- в) физичесшя свойства почвъ,
- г) рельефъ поверхности.

Что касается этой группы причинъ, то все оне проявляются въ неблагопрѣятномъ направленш для накоплешя влаги въ почве. Снегъ подъ влѣяшемъ степныхъ ветровъ въ громадныхъ размерах\* сносится въ балки; вследствие чего почва на остальной площади лишается прихода воды изъ этого важнаго источника увлажнешя почвы. Вместе съ темъ почва, будучи слегка или вовсе непокрытой снегомъ, промерзаетъ за зиму на большую глубину и вследствие этого весною до оттаивашя трудно воспринимаетъ влагу. Затемъ, поступлеше воды въ почву на нашемъ юге во многихъ местахъ затрудняется малою проницаемостью местныхъ почвъ вследствие ихъ мелкозернистости.

Третья группа, разсматриваемыхъ нами причинъ, связана съ расходомъ воды изъ почвы. Здесь на первомъ плане стоятъ метеорологичесшя условія, изъ которыхъ высокая температура, относительная сухость воздуха и сильные сухіе ветры вызываютъ усиленное испареше воды изъ почвы. Насколько сильно влѣяетъ испареше воды изъ почвы на состояше ея влажности видно изъ нижеприводимой таблицы, составленной на основанш изследоващй Измаильскаго въ

Полтавской губ.; въ ней приводятся средняя влажность почвеннаго слоя (до глубины около 70 сантим.) по месяцамъ за 6 летъ (1887—1892) и параллельно за тотъ же першдъ количества атм. осадковъ и испа 1 е ,

рять, что этот вывод, относящийся къ Швеции, не можетъ имѣть рѣшающаго значенія для континентальной страны, какой является южная Россія.

*II. Мѣры, направленныя къ увеличенію воды, поступающей въ почву.* Сюда относятся:

1) Заботы о равномерномъ распредѣленіи снѣга на поверхности почвы, чему могутъ содѣйствовать: а) лѣсныя защитныя полосы, б) оставленіе вспаханной почвы безъ бороньбы, в) искусственныя защиты, какъ напр., устройство валовъ изъ снѣга и г) оставленіе въ полѣ жнивья и стеблей (какъ, напр., подсолнечника).

2) Разрыхленіе поверхностныхъ почвенныхъ слоевъ для облегченія поступленія воды въ почву. Чтобы показать вліяніе такового разрыхленія приведемъ для примѣра данныя влажности почвы весною на полѣ, вспаханномъ съ осени (I) и неспаханномъ (II)

	I	II
отъ 0—2-хъ вер. . . . .	30,0%	25,6%
„ 2—6 „ „ . . . . .	26,3 „	21,6 „
„ 6—8 „ „ . . . . .	25,3 „	14,7 „
„ 8—12 „ „ . . . . .	24,6 „	15,0 „
„ 12—16 „ „ . . . . .	23,3 „	15,5 „
Среднее . . . . .	26,0 „	18,4 „

3) Задержаніе сбѣгающей воды съ поверхности почвы, что достигается: а) оставленіемъ растительности, б) направленіемъ бороздъ при пахотѣ поперекъ ската, в) искусственными преградами, какъ, напр., устройствомъ на полѣ по горизонталямъ невысокихъ валиковъ.

4) Укрѣпленіе овраговъ, съ цѣлью ограниченія ихъ распространенія.

*III. Мѣры, направленныя къ уменьшенію испаренія воды изъ почвы.* Сюда относятся:

1) Уничтоженіе сорной растительности.

2) Поддержаніе верхняго почвеннаго слоя въ рыхломъ состояніи (черный и ранній пары и рядовая культура съ разрыхленіемъ между-рядій).

3) Мертвый покровъ; напр., покрытіе почвы соломой или навозомъ.

IV. Наиболѣе радикальнымъ способомъ борьбы съ засухой является, конечно, *искусственное орошеніе* что достигается или орошеніемъ полей текучей водой или временнымъ затопленіемъ; иногда пользуются и подтопленіемъ. Для орошенія вода можетъ быть взята или изъ близъ протекающихъ рѣкъ, или же изъ бассейновъ, въ которые собираются весеннія воды. Принимая во вниманіе обычную солонцеватость почвъ засушливыхъ мѣстностей, надо признать особенно цѣлесообразнымъ возможно полное использованіе всѣми имѣющимися въ нашемъ распоряженіи средствами мѣстныхъ атмосферныхъ (прѣсныхъ) водъ. Проточныя воды сухихъ мѣстностей, если онѣ не притекаютъ изъ другихъ областей, часто богаты солями и могутъ содѣйствовать засоленію орошаемыхъ ими почвъ при отсутствіи хорошаго дренажа.

