XVIII. 5752.9
1682

631.4
№45
47

Этюды о гумусѣ.

Петра Слезкина

и. о. экстраорд. проф. Кіевскаго Политехническаго Института

Императора Александра II.

КІЕВЪ.
Типографія Петра Барскаго, Крещатикъ, соб. домъ № 40.
1900.

Печатать разрѣшается. 26 Іюля 1900 года.

Директоръ Кіевскаго Политехническаго Института **В. Кирпичевъ.**

Quand un observateur croit avoir exercé envers lui-même la critique la plus sévère, il ne lui reste qu'à livrer ses documents à la critique étrangère, naturellement plus clairvoyante.

Boussingault

[Agr., Chimie agric. et physiol. I, 303].

АГРОНОМИЧЕСКІЙ КРУЖОКЪ

ОГЛАВЛЕНІЕ.

Глава 1.

Способъ полученія гумусовой вытяжки. Полнота извлеченія и характеръ остатка. Очищеніе вытяжки отъ примѣсей. Главная причина загрязненія вытяжки. Характеръ золы очищенной вытяжки. Пользованіе фильтрами изъ пористой глины. Данныя о содержаніи золы въ гумусѣ и о ея составѣ. Характеристика этихъ данныхъ. Дополнительныя данныя по анализамъ золы очищенной вытяжки. Мѣстный характеръ гумуса для каждаго пункта по содержанію сухаго вещества вытяжки, богатству золою и ея составу.

Глава 2.

Обзоръ мнѣній о связи минеральной и органической части гумуса. Необходимость принять во вниманіе—происхожденіе гумуса.

Глава 3.

Обзоръ мнѣній о происхожденіи гумуса. Связь взглядовъ Леваковскаго и Гоппе-Зейлера. Данныя по содержанію и составу золы водныхъ вытяжекъ растительныхъ веществъ. Особенность состава золы растительной вытяжки.

Глава 4.

Проникновеніе органическаго вещества въ почву. Значеніе работы Леваковскаго. Данныя о процессѣ выщелачиванія растительныхъ остатковъ. Опыты съ просачиваніемъ. Значеніе извести. Участіе въ процессѣ насѣкомыхъ и червей.

Глава 5.

Краткія данныя о взаимодѣйствіи гумуса и минеральной части почвы. Присоединеніе желѣза. Цвѣтъ гумуса. Обзоръ данныхъ по окисленію гумуса. Наблюденія надъ окисленіемъ. Освобожденіе минеральныхъ солей. Вліяніе извести на накопленіе гумуса. Косвенное ея вліяніе на окисленіе гумуса. Вліяніе почвенной влаги. Циклъ развитія черноземныхъ образованій.

Заключеніе.

ГЛАВА I.

Подъ гумусомъ мы понимаемъ входящія въ составъ почвы органическія вещества растительнаго и животнаго происхожденія, въ большей или меньшей степени разложившіяся подъ вліяніемъ химическихъ и біологическихъ факторовъ разложенія. Подъ такое опредѣленіе подходятъ какъ мало измѣненные растительные остатки, еще не потерявшіе своихъ морфологическихъ особенностей, такъ и окончательный безформенный продуктъ, который принимается обыкновенно за смѣсь сложныхъ органическихъ соединеній и считается позднѣйшей стадіей разложенія. За этимъ веществомъ признается большое значеніе въ почвенныхъ процессахъ физическаго и химическаго характера.

Изо всякой почвы, на которой растутъ или росли растенія, можно выдѣлить слабой щелочью (обыкновенно послѣ предварительной обработки кислотой) большую часть, а иногда почти все безформенное органическое вещество въ видѣ темнаго раствора; по осажденіи минеральной кислотой въ такомъ растворѣ получается осадокъ; простымъ выпариваніемъ всего раствора или высушиваніемъ только осадка можно получить черное роговидное хрупкое вещество съ блестящимъ изломомъ. Этому веществу дается названіе или болѣе широкое: гумуса, перегноя, или болѣе узкое: гуминовыхъ кислотъ, муллевыхъ кислотъ (по Эггертцу). Такое выдѣленное изъ почвы вещество при сожиганіи всегда оставляетъ нѣкоторое количество золы. Природа и прочность связи минеральной и органической части гумуса могутъ быть предметомъ различныхъ мнѣній, но постоянное присутствіе золы во всякомъ добытомъ изъ почвы гумусѣ—несомнѣнно.

Кромѣ того органическаго вещества, которое можетъ быть получено щелочной вытяжкой, въ почвѣ остается всегда нѣкоторая часть нерастворимаго въ щелочахъ органическаго вещества.

Сюда относятся всякіе неразложившіеся остатки, видимые простымъ глазомъ, и небольшія крупинки разной формы, непрозрачныя, темнобураго и чернаго цвѣта, остающіяся вкрапленными въ комочкахъ желтоватаго пла, послѣ того какъ изъ этихъ комочковъ уже выщелочена бурая жидкость растворимаго органическаго вещества. Количество этихъ микроскопическихъ остатковъ бываетъ различно, иногда очень невелико, а природа ихъ должна быть признана очень разнообразной. При нашихъ наблюденіяхъ приходилось видѣть почти всегда такія частицы, которыя по формѣ должны были быть отнесены къ животнымъ остаткамъ, преимущественно хитиновымъ частямъ насѣкомыхъ. (Рис. 1). Нельзя однако полагать, что всѣ эти темноцвѣтные остатки должны быть органическаго происхожденія, потому что послѣ прокаливанія выщелоченнаго вещества почвы остаются еще въ немъ черныя частицы разной формы, которые поэтому должны быть признаны принадлежащими уже не къ органической, а къ минеральной средѣ.

Рис. 1.

a. Выщелоченная крупинка почвы съ вкрапленными въ ней черными и бурыми частицами. *b.* Вкрапленныя частицы въ увеличенномъ видѣ ($^1/_{12}$ im.).

Германъ, изслѣдовавшій образцы русскаго чернозема еще въ 1837 году (Journ. f. prakt. Chemie B. 12—3) тогда обратилъ вниманіе на то обстоятельство, что послѣ выщелачиванія почвенной пробы соляной кислоты и углекислымъ натромъ почва остается еще слабо окрашенной. Въ ней можно было еще различить остатки корневыхъ волосковъ, „а также изомерную (нерастворимую) модификацію гуминовой кислоты, которую раньше называли гумусовымъ углемъ (Humuskohle), нерастворимую въ кислотахъ и щелочахъ“. По опредѣленіямъ Германа 100 гранъ выщелоченнаго остатка при прокаливаніи въ струѣ кислорода дали 4.4 куб. сантим. углекислоты. Эта углекислота получается, очевидно, изъ тѣхъ органическихъ частицъ, которыя остаются вкрапленными въ

мельчайшія порціи почвы. Если выщелачиваніе почвы щелочью послѣ предварительной обработки соляной кислотой производить на предметномъ стеклѣ подъ микроскопомъ, то легко можно видѣть, какъ буроватый растворъ гумуса выдѣляется изо всей массы почвенныхъ крупинокъ, и послѣднія постепенно блѣднѣютъ, дѣлаются изъ бурыхъ свѣтложелтыми; между тѣмъ вкрапленныя черныя частицы въ большинствѣ случаевъ сохраняютъ свой цвѣтъ и форму; только нѣкоторыя принимаютъ болѣе свѣтлую окраску, не измѣняя однако формы. При обработкѣ болѣе крѣпкими щелочами можно нѣсколько больше обезцвѣтить эти частицы, точно также можно усилить обезцвѣчиваніе нагрѣваніемъ со щелочнымъ растворомъ.

Частицы эти, независимо отъ ихъ происхожденія, приходится признать поэтому отчасти гумифицированными, отчасти совершенно прочными, неизмѣнными органическими остатками, вполнѣ подходящими подъ названіе: гумусоваго угля; при опредѣленіи же содержанія въ почвѣ безформеннаго, растворимаго гумуса ихъ приходится оставлять въ сторонѣ. Между тѣмъ въ послѣднее время г. Патюрель призналъ необходимымъ считаться какъ будто и съ этой величиной; разсматривая способъ Ролэна для опредѣленія гумуса (Annales agronom. 1890 p. 566), Патюрель обращаетъ вниманіе на то, что въ бѣдныхъ гумусомъ почвахъ Гриньонской школы нѣтъ возможности холоднымъ настаиваніемъ промытой кислотою почвы со щелочью получить растворъ большей части органическаго вещества: вмѣсто чернаго раствора получается слабо желтая жидкость. Если же нагрѣвать почву со щелочью до 100°, то гумусъ извлекается скорѣе, хотя и здѣсь требуется нѣсколько часовъ для полнаго растворенія. Авторъ объясняетъ это тѣмъ, что при нагрѣваніи *ульминовое* органическое вещество переходитъ постепенно въ растворимое въ щелочи соединеніе. На этомъ основаніи Патюрель вообще рекомендуетъ для извлеченія органическаго вещества, пользуясь 10% растворомъ соды, нагрѣвать смѣсь на водяной банѣ до шести часовъ времени. Такое нагрѣваніе представляетъ, несомнѣнно, очень энергичную мѣру при обработкѣ почвы, отчасти похожую на способъ полученія гуминовыхъ веществъ изъ углеводовъ; можно думать, что этимъ способомъ къ растворимому гумусу почвы прибавляется вновь растворенная доля изъ болѣе свѣжихъ органическихъ соединеній. Такой обработкой можно извлечь изъ совершенно свѣжаго растительнаго ве-

щества бурыя органическія соединенія, и поэтому она не можетъ считаться приложимой безъ оговорки для извлеченія готоваго гумуса изъ почвы.

О нерастворимыхъ въ щелочахъ органическихъ частицахъ почвы упоминаетъ и Постъ, касающійся въ своемъ сочиненіи—Kornogene Bodenbildungen — органическаго вещества пахатной земли (мулля) съ меньшими подробностями, чѣмъ органическаго вещества водныхъ осадковъ; но его мнѣнію, гумусъ полей нерастворимъ въ слабыхъ кислотахъ и щелочахъ; если Постъ пользовался кислотой и щелочью послѣдовательно, какъ принято для полученіе чернаго вещества, то очевидно—онъ, говоря о нерастворимомъ гумусѣ, имѣетъ въ виду тѣ же нерастворимыя частицы и за ними онъ признаетъ животное происхожденіе.

Относительное содержаніе этихъ нерастворимыхъ частицъ очень разнообразно, хотя вообще невелико; въ черноземныхъ почвахъ изслѣдованныхъ нами въ теченіи этой работы оно было вообще незначительно, такъ что гумусъ почти весь извлекался холоднымъ щелочнымъ растворомъ.

Для американскихъ почвъ пр. Гилгардъ широко пользуется растворенiемъ органическаго вещества въ щелочи какъ аналитическимъ методомъ для опредѣленія гумуса. Это обстоятельство указываетъ косвенно на то, что и въ этихъ почвахъ нерастворимыхъ частицъ, которыя можно бы по внѣшнему виду отнести къ гумусу, остается немного; иначе на нихъ было бы обращено вниманіе экспериментатора. Предпочитая для опредѣленія гумуса полученіе его вытяжкой, Гилгардъ считаетъ этотъ способъ единственнымъ, съ помощью которою можно отдѣлить гумусъ отъ негумифицированныхъ органическихъ остатковъ (Rel. of soil to climate 1892, p. 23). Подъ этимъ названіемъ надо скорѣе всего понимать тѣ растительные остатки, которые еще не потеряли своихъ морфологическихъ отличій и могутъ быть узнаны сравнительно легко. Тѣхъ же микроскопическихъ остатковъ, о которыхъ упоминалъ Германъ, Гилгардъ, повидимому, тоже не имѣлъ въ виду.

На основаніи этихъ наблюденій и ссылокъ можно сказать, что слабой щелочью извлекается изъ почвы почти весь безформенный гумусъ, что придаетъ больше значенія самому способу опредѣленія органическаго вещества почвы извлеченіемъ его щелочами. О растворимости гумуса въ щелочахъ и осажденіи изъ

раствора кислотами упоминаетъ Соссюръ. Самый способъ извлеченія, рекомендованный Шпренгелемъ для извлеченія гумусовой кислоты изъ торфа (Kastner's Arch. d. Naturlehre 1826), примѣнялся потомъ Шюблеромъ и остался почти безъ измѣненій до новѣйшаго времени. Сначала взятая проба почвы выщелачивается слабой соляной кислотой для удаленія основаній изъ гуминовокислыхъ солей, преимущественно извести, затѣмъ отмываютъ кислоту до послѣднихъ слѣдовъ водою и даютъ отмытому веществу настаиваться со слабой щелочью, обыкновенно съ амміакомъ. Отъ продолжительности настаиванія зависитъ полнота извлеченія темноокрашеннаго вещества. Повторяя настаиваніе нѣсколько разъ, можно отдѣлить все растворимое органическое вещество отъ минеральной части почвы. Этимъ пріемомъ, который указанъ Шлезингомъ (Encycl. Chim. Frémy X. Contribut. à l'étude de Chimie Agricole), мы считаемъ возможнымъ произвести выщелачиваніе меньшимъ количествомъ щелочной жидкости, чѣмъ по способу Грандо, который выщелачивалъ растворомъ амміака почву на фильтрѣ. Выщелачиваніе на фильтрѣ даетъ болѣе крупные объемы раствора, чѣмъ настаиваніе, и съ этими объемами приходится считаться при выпариваніи и другихъ послѣдующихъ операціяхъ.

Если этимъ способомъ вопросъ объ извлеченіи органическаго вещества изъ почвы можно считать разрѣшеннымъ удовлетворительно, то остается еще вопросъ о томъ, насколько полученный растворъ свободенъ отъ постороннихъ примѣсей, которыя могутъ происходить изъ почвы подъ вліяніемъ щелочи и воды и тоже находиться въ растворѣ. Эти примѣси могутъ входить въ ту минеральную часть, которая всегда бываетъ въ гумусовомъ растворѣ. Такимъ образомъ, происхожденіе золы, остающейся по сожиганіи гумуса полученнаго изъ раствора простымъ выпариваніемъ или первоначально осажденіемъ, а потомъ высушиваніемъ, можетъ быть a—пріори относимо къ разнымъ источникамъ: или элементы этой золы находились и находятся въ соединеніи съ самымъ органическимъ веществомъ гумуса, или они извлечены въ видѣ отдѣльныхъ солей отдѣльно изъ почвы, и только послѣ выпариванія и высушиванія примѣшались къ золѣ органическаго вещества. Несомнѣнно, что щелочная жидкость и вода, взятыя для промыванія почвы, способны сами по себѣ растворять минеральныя составныя части почвы, и вопросъ можетъ быть только о количествѣ примѣси. Для сравнительнаго сужденія о количествѣ

такихъ примѣсей мы не нашли цифровыхъ данныхъ, хотя существуетъ взглядъ, что оно должно считаться если не очень значительнымъ, то замѣтнымъ.

Такъ, ради очищенія органическаго вещества отъ этой примѣси, Г. Г. Густавсонъ предложилъ, и этимъ предложеніемъ пользуются, не прямо выпаривать первый щелочной растворъ, а сначала осадить его соляной кислотой и брать только получаемый осадокъ, который принято называть гуминовой кислотой. Тѣмъ обстоятельствомъ, что Грандо не пользовался этой мѣрой очищенія гуминовой кислоты, Г. Г. Густавсонъ объясняетъ высокое содержаніе золы въ его пробахъ гумуса, полученнаго изъ чернозема.

Относительно этого способа очищенія гумуса слѣдуетъ однако замѣтить, что онъ не ведетъ къ желаемому результату, потому что отъ дѣйствія соляной кислоты свертывается и осѣдаетъ не все органическое вещество раствора, а только часть его; другая же часть, иногда относительно очень значительная, остается въ растворѣ. Желтоватая жидкость разныхъ оттѣнковъ, получаемая послѣ уплотненія чернаго осадка, не представляетъ только предполагаемаго раствора солей примѣшанныхъ, а есть растворъ органическаго вещества, содержащаго и свою долю минеральныхъ элементовъ. Такимъ образомъ, если желательно получить все органическое вещество раствора, то вмѣсто очищенія или вмѣстѣ съ очищеніемъ мы раздѣляемъ его, причемъ пребывающая въ растворѣ доля гумуса остается по прежнему неотдѣлимой отъ предполагаемой примѣси солей. Приводимыя въ концѣ этой главы цифры показываютъ, что остающаяся въ растворѣ доля гумуса послѣ такого раздѣленія бываетъ въ нѣкоторыхъ почвахъ очень велика.

Если же этотъ способъ очищенія считать приложимымъ лишь для очищенія гуминовой кислоты, т. е. для получаемаго осадка, отъ всѣхъ растворимыхъ частей, то и въ этомъ случаѣ очищеніе нельзя признать полнымъ при обычномъ способѣ добыванія гуминоваго раствора. Щелочной растворъ органическаго вещества, полученный обычнымъ способомъ, заключаетъ всегда примѣсь мельчайшихъ иловатыхъ частицъ, которыя отъ соляной кислоты осѣдаютъ вмѣстѣ съ гуминовой кислотой и даютъ уже несомнѣнную постороннюю примѣсь золы послѣ высушиванія и сожиганія.

Способъ былъ рекомендованъ еще въ то время, когда на эти механическія примѣси вниманія не обращалось.

Въ виду невозможности прямаго опредѣленія количества примѣси растворимыхъ солей въ растворѣ органическаго вещества, мы сдѣлали нѣсколько приблизительныхъ опредѣленій такого рода.

Водная вытяжка изъ 100 граммовъ почвы въ количествѣ 1 литра дала сухаго вещества 0.1778 грамма, оставившаго золы 0.1286 грамма. При анализѣ этой золы обнаружены слѣды алюминія и фосфорной кислоты; наибольшее количество ея принадлежало извести, 0.0508 грамма.

Амміачная вытяжка по тому же разсчету дала сухаго вещества 0.1518 грамма, съ содержаніемъ золы 0.0746 грамма; зола содержала слѣды алюминія и желѣза, а больше всего кремневой кислоты, 0.0292 грамма. Не подлежитъ никакому сомнѣнію, что въ обоихъ случаяхъ часть извлеченнаго вещества принадлежала механически увлеченнымъ частицамъ почвы, такъ что растворенная вещества было въ дѣйствительности меньше, чѣмъ показываютъ приведенныя цифры. Эти величины получены при выщелачиваніи почвы въ ея естественномъ состояніи, и совершенно понятно, что величина искомой примѣси къ органическому веществу должна быть во много разъ меньше, потому что извлекается изъ почвы уже обѣдненной легкорастворимыми соединеніями, вслѣдствіе предварительнаго промыванія кислотой и водой до удаленія кислой реакціи. Если черную почвенную вытяжку осаждать осторожно известью, то можно все органическое вещество получить въ осадкѣ, и по уплотненіи его жидкость остается безцвѣтной. Въ этой жидкости, рядомъ съ остаткомъ извести, мы не могли открыть замѣтныхъ количествъ минеральнаго вещества. Все это заставляетъ думать, что загрязненіе вытяжки минеральными примѣсями, повышающими содержаніе въ ней золы, обусловливается иными причинами.

Кромѣ разобраннаго источника загрязненія гуминоваго раствора посторонними примѣсями существуетъ другой, имѣющій несомнѣнно большее значеніе: это—механическое загрязненіе тончайшими почвенными частицами, проходящими свободно сквозь бумажный фильтръ и совершенно не замѣтными въ черномъ растворѣ. Первое указаніе на одновременное присутствіе въ гуминовой вытяжкѣ и „коллоидальной глины“ сдѣлано Шлезингомъ (ibid), ко-

торый для раздѣленія перегноя отъ глины и рекомендовалъ пользоваться хлористымъ каліемъ, на томъ основаніи, что коллоидальная глина осѣдаетъ отъ дѣйствія 0.5% этой соли и послѣ 24 часоваго отстаиванія отдѣляется совершенно (стр. 72, ibid). Пользованіе этимъ рецептомъ однако не даетъ вполнѣ удовлетворительныхъ результатовъ, потому что вмѣстѣ съ глиной осаждается и часть перегноя.

Г. Ф. Нефедовъ (Труды Имп. В. Э. общ. 1894, № 4) предложилъ пользоваться для полученія чистыхъ отъ механической примѣси растворовъ фильтрованіемъ ихъ сквозь пористо-глиняные фильтры, которыми принято пользоваться въ бактеріологіи и гигіенѣ. Механическія примѣси проявляются въ особенно большомъ количествѣ при добываніи гумусоваго раствора путемъ выщелачиванія на фильтрѣ, тогда какъ при добываніи путемъ настаиванія опасность загрязненія значительно уменьшается, что отчасти видно изъ нагляднаго сравненія осадковъ, собирающихся на днѣ стакановъ съ вытяжкой, полученной по тому и по другому способу.

Когда получена вся черная вытяжка изъ данной пробы, то можно послѣдовательнымъ переливаніемъ и отстаиваніемъ очистить ее отъ значительной доли примѣси, хотя нѣкоторое количество мельчайшихъ частицъ можетъ оставаться въ подвѣшенномъ состояніи неопредѣленно долгое время, и эта неизбѣжная примѣсь всегда будетъ источникомъ ошибки. Различныя почвы проявляютъ крайне неодинаковую склонность загрязнять вытяжку, и по сравнительнымъ наблюденіямъ можно думать, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ аммiакъ дѣйствуетъ специфически, переводя мельчайшія частицы въ коллоидальное состояніе, что очень мѣшаетъ чистому отдѣленію вытяжки. Сравнительныя опредѣленія золы гумусоваго осадка для однѣхъ и тѣхъ же почвъ у Г. Ф. Нефедова дали очень большія разницы, смотря по количеству взятой почвы и по способу полученія вытяжки (10.47% и 24.03%). Количество механической примѣси онъ опредѣляетъ въ двухъ случаяхъ въ 3.48% и 4.65%.

Относительно внѣшнихъ признаковъ золы совершенно чистаго чернаго раствора, полученнаго изъ пористаго фильтра, сравнительно съ золой гумуса получаемаго обычнымъ способомъ, г. Нефедовъ дѣлаетъ слѣдующее замѣчаніе: чистая черная вытяжка даетъ золу или бѣлаго цвѣта или слегка розоватую отъ присутствія чешуекъ кирпичнаго цвѣта, и красная окраска золы являет-

ся указаніемъ на загрязненіе иломъ, механически примѣшаннымъ къ первоначальному раствору. Пр. В. Р. Вильямсъ въ статьѣ о механическомъ анализѣ почвъ (Wollny's Forschungen 18. стр. 240) тоже высказалъ мнѣніе, что гуминовый растворъ послѣ долгаго отстаиванія, а также профильтрованный сквозь глиняный фильтръ или фильтропрессную ткань, даетъ небольшое количество золы свѣжіе-бѣлаго цвѣта. Этихъ наблюденій пр. В. Р. Вильямся и г. Г. Ф. Нефедова мы не можемъ подтвердить. Во всѣхъ случаяхъ настоящей работы, когда намъ приходилось озолять чистую черную вытяжку, взятую сполна, или только осадокъ ея отъ соляной кислоты, мы получали золу ярко-розоваго цвѣта. Бѣлая зола получалась только при озоленіи той части органическаго вещества, которая оставалась растворенной послѣ осажденія гуминовой кислоты. Эта разница состава золы, выражающаяся и внѣшними признаками, осаждаемой и не осаждаемой доли гумуса была указана ранѣе и Эггертцомъ. Розовая окраска золы гумуса зависитъ несомнѣнно отъ содержанія желѣза и измѣняется сообразно съ онымъ. Зависѣть отъ механической примѣси она не можетъ, потому что тонкія пловатыя частицы при прокаливаніи совсѣмъ не принимаютъ краснаго цвѣта, оставаясь блѣдно желтыми, и вмѣстѣ съ тѣмъ остаются по виду зернистыми, тогда какъ зола гумуса является въ видѣ очень мелкихъ чешуекъ. Въ томъ же мѣстѣ статьи г. Нефедова есть положеніе, остающееся для насъ невыясненнымъ: „зола гуминовой кислоты—говоритъ онъ—„всегда окрашена въ темный кирпичный цвѣтъ". Отсюда слѣдуетъ, что вся зола профильтрованной вытяжки получается бѣлаго цвѣта или слегка розоватаго, а зола части этой вытяжки—осадка—получается красная. Намъ всегда приходилось отмѣчать тотъ фактъ, что зола всей вытяжки красная, а зола остающейся въ растворѣ доли была чаще всего бѣлая, иногда же слабо розовая. Можно предположить, что у г. Нефедова иногда черезъ свѣчу проходила только эта доля вытяжки, а другая почему либо оставалась снаружи.

Совершенно согласны съ нашими наблюденіями и результаты опытовъ надъ діализомъ щелочныхъ гумусовыхъ экстрактовъ J. Dumont'a (Comptes Rendus 97 p. 1051). Постановка его опытовъ отъ прежнихъ опытовъ Петермана, о которыхъ будетъ сказано далѣе, отличалась тѣмъ, что давленіе внутри діализатора было уменьшено ниже атмосфернаго, и въ результатѣ такого измѣненія условій диффузіи диффундировало значительное количество

чернаго экстракта; другими словами, коллоидальное гумусовое вещество, ранѣе признанное неспособнымъ диффундировать, проходимо подъ небольшой разницей давленія сквозь пергаментъ. Анализъ золы прошедшаго гуминоваго вещества показалъ, что она содержитъ желѣзо въ неменьшемъ количествѣ, какъ и внѣшній растворъ. Очевидно, тутъ не можетъ быть рѣчи о механической примѣси.

Во всякомъ случаѣ надо признать, что цвѣтъ золы гумуса не можетъ служить указателемъ степени загрязненія вытяжки механическими примѣсями, а зависитъ только отъ состава золы самой вытяжки.

Въ конечномъ выводѣ относительно обычнаго способа добыванія гумусоваго экстракта надо признать его мало совершеннымъ, причемъ для разныхъ почвъ его несовершенства отзываются неодинаково на получаемыхъ результатахъ. Обычнымъ отстаиваніемъ и фильтраціей нельзя быть гарантированнымъ въ томъ, что механическія примѣси удаляются вполнѣ. Фильтрація сквозь пористые фильтры, предложенная г. Нефедовымъ, одна можетъ считаться до сихъ поръ надежной манипуляціей для полученія чистаго раствора. Принимая во вниманіе медленность этой операціи съ переработкою даннаго экстракта до послѣднихъ остатковъ, понятно, что полученіе самаго перваго матеріала для относящихся къ гумусу изслѣдованій требуетъ очень много времени.

Приведенные въ дальнѣйшемъ изложеніи результаты анализовъ золы гумуса относятся къ вытяжкамъ, полученнымъ съ помощью фильтраціи сквозь пористые фильтры. Въ нѣкоторыхъ параллельныхъ, заранѣе оговоренныхъ, случаяхъ мы пользовались и простымъ долговременнымъ отстаиваніемъ и фильтрованіемъ.

Для фильтрованія относительно небольшихъ количествъ вытяжки мы пользовались одиночными свѣчами системы Шамберленъ—Пастера; когда же приходилось вести болѣе продолжительную операцію, то въ дѣло употреблялась ребристая свѣча съ большой поверхностью и два грибообразныхъ пористыхъ фильтра.

Для успѣшнаго хода процесса свѣча должна быть сполна погружена въ жидкость своей фильтрующей поверхностью, и съ этой цѣлью удобнѣе всего помѣщать ее въ высокій узкій цилиндръ, вмѣщающій лишь небольшой объемъ фильтруемой жидкости заразъ; этимъ способомъ можно довести вытяжку до послѣднихъ порцій безъ разбавленія водой, и только самую послѣднюю порцію при-

ходится разбавить для пополненія объема. Мы разбавляли водой съ небольшимъ содержаніемъ амміака, что позволяетъ отнять растворимое черное вещество дочиста отъ остающагося пловатаго осадка. Этотъ осадокъ получался не чернаго цвѣта, какъ упоминаетъ г. Нефедовъ, а свѣтлобураго.

Полученный черный растворъ или сгущался выпариваніемъ, высушивался для полученія всего извлеченнаго гумуса вмѣстѣ, или предварительно раздѣлялся на осадокъ отъ соляной кислоты и растворъ; осадокъ и растворъ тогда раздѣлялись на пористомъ воронкообразномъ фильтрѣ и доводились до сухаго состоянія отдѣльно.

Въ полученномъ по этому способу матеріалѣ насъ интересовала только минеральная его часть, зола гумуса; въ виду этого, въ дальнѣйшемъ изложеніи мы будемъ касаться органической части гумуса лишь настолько, насколько окажется необходимо для посильнаго выясненія взаимной связи органической и минеральной части. Значеніе органической части гумуса въ питаніи растеній продолжаетъ оставаться мало-выясненнымъ, хотя уже и не такъ рѣшительно отрицается, какъ раньше; значеніе же его минеральной части надо признавать по крайней мѣрѣ не менѣе существеннымъ, какъ и значеніе прочихъ минеральныхъ частей почвы, не связанныхъ съ органическимъ веществомъ. Это значеніе еще нѣсколько возрастаетъ, если имѣть въ виду, что гумусъ содержитъ большую часть всей фосфорной кислоты почвы, весь запасной азотъ почвы и запасъ сѣро-содержащихъ соединеній. Такимъ образомъ, гумусъ важенъ не только какъ факторъ физическихъ и біологическихъ процессовъ, въ почвѣ происходящихъ, но и какъ носитель нѣкоторой, иногда значительной доли минеральныхъ элементовъ, въ число которыхъ входятъ всѣ существенно важные для жизни растеній.

Какъ извѣстно, весь вопросъ о минеральной части гумуса остановился пока на попыткѣ Грандо дать теоретическія основанія тому несомнѣнному хозяйственному значенію гумуса въ почвѣ, которое признавалось съ покономъ вѣковъ. Позволительно думать, что эта попытка должна быть началомъ болѣе обширнымъ аналитическихъ изслѣдованій по указанному ею пути, изслѣдованій, которыя поведутъ къ пересмотру всего вопроса о гумусѣ.

Въ настоящее время даже имѣющіяся данныя о составѣ минеральной части гумуса не отличаются обиліемъ. Чаще можно

найти указанія относительно общаго содержанія золы въ гумусѣ, но очень малочисленны ближайшія свѣдѣнія о составѣ этой золы. По самому своему происхожденію эти свѣдѣнія должны къ тому же быть признаны въ большинствѣ случаевъ сомнительными, въ зависимости отъ несовершеннаго способа полученія черной вытяжки.

Съ одной стороны механическая примѣсь ила могла вліять на повышеніе содержанія золы, а съ другой обыкновенно изслѣдовалась только часть извлеченнаго вещества, принадлежащая осадку, тогда какъ растворъ оставлялся безъ вниманія.

Извѣстныя данныя о содержаніи золы въ гумусовомъ растворѣ и ея составѣ сводятся къ слѣдующимъ показаніямъ.

Соссюръ считалъ содержаніе золы въ гумусѣ не болѣе 10%; Симонъ (Bied. C. Bl. 8, стр. 74) приводитъ въ одномъ случаѣ 5.16% золы въ осадкѣ чернаго раствора, нерастворимомъ въ алкоолѣ. Всѣ позднѣйшіе нѣмецкіе ученые, смотрѣвшіе на минеральную часть гумуса, какъ на случайную примѣсь, не имѣли надобности заниматься количественными ея опредѣленіями. Грандо нашелъ въ уладовскихъ почвахъ (им. гр. Потоцкаго) отъ 4.2 до 3.5%—чернаго вещества (matière noire) съ содержаніемъ золы отъ 51.40 до 39.86%. Г. Нефедовъ нашелъ въ уладовскихъ почвахъ чернаго вещества: 2.20—3.59—3.18%, а золы въ немъ по способу извлеченія въ воронкѣ: 10.80—20.09%; 10.47—24.03%; 9.37—17.26%; по способу же пастеровскаго фильтрованія только 7.32% и 5.82%.

Питчъ по произведеннымъ опытамъ для провѣрки выводовъ Грандо нашелъ, что черное вещество изъ безплодной песчаной почвы содержано 14.83% золы, а изъ тяжелыхъ глинистыхъ почвъ отъ 66.37% до 80.87% золы (Landw. Vers. St. 1880, B. 26). Туксенъ, производившій опыты съ тою же цѣлью, даетъ для разныхъ почвъ слѣдующія цифры (Landw Vers. St. 1881, B. 27).

Почва I	18.5—25 —24.7—16.2%
„ II	32.6—34.3—40.5—27.8%
Листовая земля	17%
Нильскій илъ	53%

Сюда надо присоединить показаніе Гаврилова, нашедшаго въ изслѣдованномъ имъ образцѣ осадка вытяжки изъ тульскаго чернозема 12% золы, и г-жи Родзянко, которая въ подобномъ

же матеріалѣ изъ полтавской губерніи опредѣлила 9.85% золы. Если перечислить цифры анализовъ Эггертца (Bied. C. Bl. 1889) на гумусъ, то получимъ для анализованныхъ имъ почвъ: для глинистоперегнойной 11.31% золы въ гумусѣ, а для болотной—3.43%.

Бертело (Chimie végét. IV, p 115) приводитъ анализъ золы гумусоваго осадка, содержавшаго 3.47% ея. Наконецъ г. Леснёвскій (Зап. Ново—Алекс. Инст. X, 2) послѣ тройнаго очищенія чернаго вещества раствореніемъ и осажденіемъ нашелъ въ одномъ образцѣ 2.083%. Изъ сопоставленія этихъ цифръ видны широкія колебанія содержанія золы въ разныхъ случаяхъ Очевидно, раньше чѣмъ сводить эти колебанія на различія въ составѣ почвъ, надо признать ихъ хотя отчасти слѣдствіемъ несовершенства обычнаго способа извлеченія чернаго вещества. Для цифръ Грандо это довольно наглядно изъ сопоставленія съ цифрами Нефедова, если предположить, что образцы почвъ, которыми располагали оба экспериментатора, будучи изъ одного имѣнія, имѣли сходный составъ; кромѣ того, послѣдній на однихъ и тѣхъ образцахъ показалъ разницу, обусловливаемую методомъ. Цифры Питча тоже рельефно показываютъ, что глинистыя почвы, богатыя мельчайшими частицами, дали ему вслѣдствіе обильнаго загрязненія до 80.87% золы въ осадкѣ чернаго вещества, тогда какъ песчаная почва совсѣмъ иного физическаго состава дала только 14.83%.

Изъ данныхъ Туксена, которыя характерны для показанія амплитуды колебаній содержанія золы въ гумусѣ одного и того же образца, тоже зависящихъ отъ произвольнаго элемента обычныхъ манипуляцій, надо отмѣтить наиболѣе высокое полученное имъ показаніе, относящееся къ анализу нильскаго ила (53%). Въ высшей степени вѣроятно, что крупная доля этой величины должна быть отнесена на механическую примѣсь тонкой мути.

Такъ какъ степень загрязненія зависитъ отъ физическаго состава почвы и немало отъ медленности хода выщелачиванія, то въ отдѣльныхъ случаяхъ вполнѣ возможно полученія и очень невысокихъ показаній; это мы видимъ на цифрахъ, полученныхъ русскими изслѣдователями и наименѣе отличающихся отъ результатовъ получаемыхъ при помощи пористыхъ фильтровъ.

При указанномъ характерѣ большинства цифръ для содержанія золы въ осадкѣ чернаго вещества данныя о составѣ этой

золы теряютъ часть своего значенія для какихъ либо выводовъ; такихъ полныхъ данныхъ и немного.

Грандо*), нашедшій въ золѣ гумуса много окиси желѣза и кремневой кислоты, даетъ количественное опредѣленіе только для фосфорной кислоты—17.39%.

Питчъ (l. c.) нашелъ фосфорной кислоты въ разныхъ случаяхъ очень различное содержаніе: въ шести образцахъ отъ 0.44% до 5.30% и въ девяти отъ 10,54% до 25.88%. Нефедовъ даетъ для изслѣдованныхъ имъ уладовскихъ почвъ 13.8% и 6.9%.

Составъ золы образцовъ, изслѣдованныхъ Гавриловымъ и г-жей Родзянко—слѣдующій:

Тульскій черн. (Гавриловъ)		Полтавскій черн. (г-жа Родзянко)
Кремневой к.	42.12%	43.21
Окиси желѣза	9.8	25.14
Окиси алюминія	26.77	13.61
Фосфорн. к.	15.5	15.56
Окиси калія	2.4	0.88
Окиси кальція	„	1.87

Въ золѣ двухъ образцовъ Эггертца находимъ:

	Глинистая п.	Болотная п.
Кремневой к.	38.8%	13.7%
Полуторныхъ окисей	32.9	45.2
Фосфорной к.	14.9	4.6
Сѣры	8.0	32.7
Окиси кальція	0.8	0.9
„ магнія	0 5	„
„ натрія	1.0	1.4
„ калія	2.8	1.2

Бертло въ цитированномъ выше мѣстѣ приводитъ слѣдующій составъ золы гуминоваго осадка, перечисленный нами на процентное содержаніе въ золѣ:

кремневой кислоты	14.1%	окиси калія	30.2
фосфорной к.	8.3	окиси желѣза	15.5
окиси кальція	1.4	окиси алюминія	30.2

*) За невозможностью достать Annales de la Station agronomique de l'Est 1878, ст оригинальнымъ трудомъ Грандо, мы пользовались рефератами изъ періодическихъ изданій: Biederm. C. Bl. I—IV, Jahresber. d. Agricult. Chemie и т. п.

H. Snyder (Bullet 53, Univ. of Minnesota) приводитъ составъ золы отъ среднихъ почвенныхъ образцовъ:

	Средній образ. изъ 20 почвъ	Средній образ. изъ 8 почвъ
Кремневой к.	51.75%	61.97%
Окиси калія	12.02	7.50
„ натрія	2.48	8.13
„ кальція	„	0.9
„ магнія	3.26	0.36
„ желѣза	5.12	3.12
Окиси алюминія	3.72	3.48
Фосфорной к.	21.55	12.37
Сѣрной к.	1.25	0.98

Наконецъ Лесневскій (l. c.) даетъ слѣдующій составъ своего трижды обработаннаго образца:

Кремневой к.	85.219%	окиси кальція	2.480%
Фосфорная к.	7.442%	„ магнія	0.935
Окись желѣза		неопред. остатокъ	3.93
„ алюминія			
Окись желѣза (отдѣльно)	4.667		

Всѣ эти данные показываютъ главнымъ образомъ то, что весь вопросъ о химическомъ составѣ золы черной вытяжки до сихъ поръ затрогивался изслѣдователями лишь въ рѣдкихъ случаяхъ, частью ради другихъ цѣлей, частью лишь случайно. При своей малочисленности, и случайномъ происхожденіи эти цифры не допускаютъ обобщеній и выводовъ даже въ самой ограниченной степени. Въ большинствѣ образцовъ мы видимъ, напримѣръ, рѣшительное преобладаніе содержанія кремневой кислоты надъ щелочами, между тѣмъ въ цифрахъ Бертло видимъ обратное. Въ Полтавскомъ и Тульскомъ черноземѣ содержаніе желѣза относится какъ 2. 5: 1, а алюминія какъ 1: 2. Такъ какъ во всѣхъ взятыхъ случаяхъ не былъ устраненъ первоначальный источникъ возможныхъ ошибокъ, вліяніе на составъ механической примѣси, то вполнѣ естественно желаніе пополнить эти данныя такими, которыя относились бы къ чистымъ отъ механической примѣси черпымъ растворамъ. Съ этой цѣлью были произведены нами въ теченіи 1899 года слѣдующія аналогичныя указаннымъ изслѣдованія.

Матеріаломъ для нихъ послужили образцы черноземныхъ почвъ, собранныхъ весною 1899 года во время экскурсій. Ради выполненія заранѣе составленнаго плана работы образцы были взяты въ каждомъ избранномъ мѣстѣ отдѣльными слоями, въ совокупности на всю глубину окрашенной перегноемъ почвы. Толщина каждаго послѣдовательнаго слоя, составлявшаго отдѣльную пробу, была около 10 сантиметровъ. Смотря по мѣстности, съ каждаго пункта было взято отъ 5 до 10 такихъ послойныхъ образцовъ.

Самое удобное было бы, разумѣется, всегда брать образцы со стѣнки просторной ямы, гдѣ можно видѣть, на сколько распредѣленіе перегноя нормально уменьшается съ глубиною; но намъ не удалось по всюду брать образцы этимъ путемъ, а пришлось въ нѣсколькихъ случаяхъ пользоваться буровыми инструментами, выбирая пункты на угадъ.

Взятыя пробы послужили какъ для опредѣленія содержанія и состава золы въ черномъ растворѣ изъ средней пробы почвы для даннаго пункта, такъ и для опредѣленія ея въ каждомъ отдѣльномъ слоѣ. Первое было сдѣлано для пополненія данныхъ вообще о содержаніи и составѣ золы въ черномъ растворѣ, а второе для выясненія колебаній этихъ величинъ въ зависимости отъ глубины.

Для изслѣдованія состава золы гумуса въ данномъ пунктѣ бралось 100 гр воздушносухой почвы, и при тѣхъ средствахъ работы, которыя были въ нашемъ распоряженіи, это—надо признать максимальнымъ количествомъ для успѣшнаго и не особенно медленнаго выполненія всѣхъ связанныхъ съ работой манипуляцій. При 100 гр. почвы фильтрованіе чернаго раствора сквозь свѣчу длилось около 2-хъ недѣль, отдѣленіе въ профильтрованномъ растворѣ осадка (отъ соляной кислоты)—приблизительно столько же времени. Такъ какъ въ чистомъ растворѣ гумуса содержаніе золы бывало чаще всего довольно незначительнымъ по вѣсу, то намъ не всегда удавалось опредѣлить всѣ составныя части золы, а приходилось ограничиваться лишь нѣкоторыми.

Каждый черный растворъ былъ съ помощью соляной кислоты раздѣленъ на осадокъ и жидкую часть, и анализированы отдѣльно и то, и другое.

Для сравненія съ цифрами извѣстныхъ анализовъ надо брать изъ нашей таблицы только анализы осадковъ.

По опредѣленіи сухаго вещества и золы осадка и остающагося въ растворѣ органическаго вещества оказалось, что и то, и другое распредѣляется въ разныхъ почвахъ неодинаково, а именно (въ грамм. на 100 гр.):

Почвы.	Сухое вещество.		Зола.	
	Осадокъ.	Растворъ.	Осадокъ.	Растворъ.
1. Максимовск. хут. Курской губ.	1.6970	2.6650	0.1670	0.1104
2. С. Троицкаго Рязанской губ.	3.4748	2.8320	0.3156	0.1322
3. Полтавск. оп. поля Залежь.	0.4445	2.5865	0.0514	0 0575
4. Полтавск. оп. поля 15-ти лѣтн. культ.	0.4624	1.3050	0.0168	0.1250
5. Шатиловск. оп. ст. Тульск. губ.	1.5120	3.5101	0.0687	0.1250

Изъ таблицы видно, что органическое вещество чернаго раствора и связанная съ нимъ зола бываютъ въ разной степени доступны осажденію минеральной кислотой: въ одномъ случаѣ растворимая часть была меньше осажденной, а въ другихъ превосходила ее даже въ шесть разъ. Зола распредѣляется тоже своеобразно, даже не параллельно распредѣленію сухаго вещества. Сравнительно большое количество остающагося въ растворѣ органическаго вещества, которое врядъ ли непремѣнно должно быть отнесено къ извѣстнымъ растворимымъ гумусовымъ кислотамъ, указываетъ на специфическое дѣйствіе минеральной кислоты: она не раздѣляетъ готовыя уже соединенія разнаго характера, а сама расщепляетъ черное вещество на нерастворимую и растворимую часть. Это вліяніе ея повторяется при повторныхъ растворенiяхъ и осажденіяхъ такъ называемой гуминовой кислоты, а поэтому нельзя считать, что соляная кислота только очищаетъ осадокъ отъ минеральной примѣси солей; она отщепляетъ новыя и новыя порціи органическаго вещества вмѣстѣ съ относящейся къ нимъ золою.

Германъ (l. c.) обращалъ вниманіе на эту растворимую часть и принимая ее за апокреновую кислоту, вычислилъ на основаніи цифръ органическаго анализа, что образецъ сибирскаго чернозема содержалъ напр., 4 части апокреновой и 1 часть креновой кислоты, рязанскій черноземъ поровну гуминовую и креновую кислоту, рязанская старопашка 1 часть гуминовой и 3 части апокреновой

кислоты; онъ же высказалъ предположеніе, что съ истощеніемъ почвы уменьшается въ ней содержаніе главнымъ образомъ гуминовой кислоты, а содержаніе креновой и апокреновой возрастаетъ. Послѣдующіе изслѣдователи имѣли въ виду или общую массу или только осадокъ отъ кислоты.

Въ растворѣ остается и значительное количество зольныхъ элементовъ, которые принято считать простой минеральной примѣсью къ черному раствору. Нефедовъ указываетъ, что черный растворъ изъ уладовской почвы № 2 содержитъ золы 5.82% на сухое вещество, а осадокъ его—только 1.5%; въ противоположность этому образецъ тульскаго чернозема имѣлъ золы въ черномъ растворѣ 6.47%, а въ осадкѣ 5.60%. Въ первомъ случаѣ, по мнѣнію автора, почти всѣ зольные части переходили въ растворъ, а въ послѣднемъ оставались связанными съ органическимъ веществомъ. На основаніи своихъ приблизительныхъ опытовъ и размышленія о томъ, какая часть минеральныхъ элементовъ почвы можетъ быть извлечена амміакомъ въ видѣ примѣси къ органической вытяжкѣ, мы держимся другаго мнѣнія. Органическое вещество присутствуетъ въ немаломъ количествѣ и въ растворѣ, какъ и въ осадкѣ, и зольныя части могутъ быть такъ же связаны съ нимъ въ растворѣ, какъ связаны въ осадкѣ.

Если „гуминовая" кислота можетъ имѣть свои минеральные элементы, то почему же не имѣть ихъ и хотя бы „апокреновой", тѣмъ болѣе что пропорція остающейся въ растворѣ минеральной части и составъ ея совсѣмъ не соотвѣтствуютъ тому, что можно считать простой минеральной примѣсью.

Составъ золы полученныхъ нами осадковъ и остающагося въ растворѣ органическаго вещества представленъ нѣкоторыми цифрами въ нижеслѣдующей таблицѣ:

	Зола осадка чернаго вещества.					
	% золы	SiO_2	осад отъ амміака	P_2O_5	CaO	хлорист. щелочи.
Максимовск. хуторъ	9 8	45.3	39.8	8.6	—	3.8
Червонское имѣніе	9.07	33.3	44.1	13.3	—	—
Полт. оп. поле 15 лѣтн.	3.6	32.1	14.3	35.1	—	—
Пола. оп. поле залежь	11.5	54.8	31.1	7.5	—	—
Шатил. оп. станц.	4.5	29.8	47.2	9.7	—	—

		Зола остающагося въ растворѣ орган. вещ.				
	% золы	SiO_2	осад. отъ амміака	P_2O_5	CaO	хлорист. щелочи.
Максимовск. хуторъ	4.1	24.6	21.7	25.3	9	53.2
Червонское имѣніе	4 7	15.7	33.2	18.6	—	неопред.
Полт. оп. п. 15-ти лѣтн.	9.6	15.2	44.8	14.7	—	неопред.
Полт. оп. и залежь.	2.2	17.	27.8	35.6	—	45.6
Шатиловск оп. станц.	3.3	2.1	17.2	24.6	—	26.2

Малочисленность произведенныхъ нами пока анализовъ однохарактернаго по способу полученія матеріала не позволяетъ входить въ обсужденіе различій между отдѣльными почвами. Относительно разницы осадковъ и растворовъ можно лишь указать отдѣльные пункты, могущіе заставить ближе вглядѣться въ ихъ характеръ. Въ среднемъ, если только позволительно пока ссылаться на среднее, вещество раствора бѣднѣе общимъ содержаніемъ золы, зола бѣднѣе кремневой кислотой, въ осадкѣ отъ амміака совершенно отсутствуетъ желѣзо, среднее содержаніе фосфорной кислоты выше, и что мы считаемъ наиболѣе существенной особенностью, зола растворенаго вещества содержитъ много щелочей, которыя почти всегда отсутствовали въ осадкахъ. Между отдѣльными почвами мы находимъ очень рѣзкія разницы, которыя вполнѣ подходятъ къ отмѣченнымъ раньше въ цитированныхъ примѣрахъ изъ работъ другихъ авторовъ. Такимъ образомъ, можно признать, что эти разницы вызываются не способомъ полученія матеріала изслѣдованія, а должны быть приписаны особенностямъ взятыхъ почвъ.

Всѣ приведенныя пока разницы относятся къ почвамъ разнообразнымъ взятымъ изъ далеко взаимно отстоящихъ и разныхъ по характеру мѣстъ. Это разнообразіе еще можетъ быть признано возможнымъ въ силу крупныхъ мѣстныхъ причинъ и условій. Не менѣе интересно продолжить подобное сравненіе для тѣсныхъ предѣловъ одного и того же пункта, одной и той же почвы. Съ этой цѣлью мы опредѣлили содержаніе чернаго вещества вытяжки и содержаніе въ немъ золы для всѣхъ послѣдовательно взятыхъ пробъ одного пункта. Черная вытяжка отфильтрована сквозь свѣчу и выпарена вся вмѣстѣ. Для каждаго слоя было взято 20 гр. почвы.

Почва Троицк. им. Рязанск. г.

Слои.	Сухое в-во раствора.	Зола.	% золы.
1.	0.5211	0.0894	17.16
2.	0.5976	0.0612	10.24
3.	0.5064	0.0494	9.75
4.	0.2790	0.0260	9.32
5.	0.2404	0.0590	24.54
6.	0.0470	0.0110	23.40
	Шатиловская оп. станція (залежь).		
1.	0.5870	0.0850	14.5
2.	0.3524	0.0533	15.1
3.	0.2816	0.0370	13.1
4.	0.1670	0.0336	20.1
5.	0.0248	0.0032	12.9
6.	0.0122	0 0022	18.0

Рядомъ съ этимъ сдѣланы были еще параллельные опредѣленія не только для разной глубины въ одномъ и томъ же пунктѣ, но и для двухъ рядомъ лежащихъ пунктовъ. Для этой цѣли мы пользовались столбообразными образцами почвы очень плотнаго сложенія, присланными для анализа въ очень хорошей упаковкѣ въ полной цѣлости. Съ одной свѣже очищенной поверхности такого образца были выпуты на протяженіи 50 сантиметровъ три пробы по одной вертикальной линіи, и рядомъ тоже три пробы по другой вертикали, приходящіяся по парно съ первыми на одинаковыхъ глубинахъ. Для опредѣленія чернаго вещества и золы въ немъ было взято по 10 граммовъ почвы, вытяжка фильтровалась сквозь свѣчу и выпаривалась вся вмѣстѣ.

Почва I.

	Сухое вещество.	Зола.	% золы.
образцы:	a_1 0.2694 b_1 0.2434	a_1 0.0428 b_1 0.0268	a_2 15.9 b_1 11.0
	a_2 0.1752 b_2 0.2102	a_2 0.0324 b_2 0.0266	a_2 18.5 b_2 12.6
	a_3 0.1518 b_3 0.1750	a_3 0.0214 b_3 0.0390	a_3 14.1 b_3 22.3

Почва II.

образцы:	a_1 0.3990 b_1 0.4747	a_1 0.0430 b_1 0.0507	a_1 10.8 b_1 10.7
	a_2 0.3850 b_2 0.3032	a_2 0.0726 b_2 0.0366	a_2 18.8 b_2 12.0
	a_3 0.2732 b_3 0.3607	a_3 0.0602 b_3 0.0961	a_3 22.0 b_3 26.6

Добавимъ къ этимъ цифрамъ еще аналогичные результаты для почвы Полтавскаго опытнаго поля, находящейся въ 15-ти лѣтней непрерывной культурѣ; черные растворы получены только простымъ фильтрованіемъ и долгимъ отстаиваніемъ, пока совершенно пересталъ получаться осадокъ. Почвы было взято по 50 граммъ для каждаго слоя.

	Сухое в-во.	Зола.	% золы.
1	0.8296	0.0860	10.6
2	0.7548	0.0714	9.5
3	0.7900	0.0776	9.8
4	0.6606	0.0700	10.6
5	0.8276	0.0950	11.5
6	0.8680	0.0860	9.9
7	0.7490	0.0664	8.8
8	0.6106	0.0626	10.25
9	0.7525	0 0980	13.0
10	0.2830	0.0386	13.6

Изъ приведенныхъ цифръ видно, что гумусъ (т. е гумусовый экстрактъ) распредѣляется въ почвѣ неравномѣрно; вообще содержаніе его уменьшается съ углубленіемъ въ почву, но не такъ равномѣрно, какъ это принято думать по имѣющимся даннымъ для *всего* органическаго вещества почвы. Въ настоящее время мы не имѣемъ возможности высказаться, зависитъ ли это различіе нашихъ наблюденій отъ установившагося мнѣнія только отъ того, что мы брали только растворимый гумусъ, а не все сгораемое органическое вещество, или только отъ того, что при анализахъ на перегной отдѣльныхъ горизонтовъ берутся обыкновенно двѣ—три пробы, а не больше (см. Богословск. Матеріалы, вып. 6). При томъ въ отдѣльныхъ случаяхъ содержаніе гумусоваго экстракта даже на значительной глубинѣ сразу возрастаетъ или также неожиданно падаетъ. Измѣняясь иногда очень рѣзко отъ одного слоя къ другому, въ другихъ случаяхъ оно держится въ нѣсколькихъ сосѣднихъ слояхъ одинаковымъ Такъ какъ приведенные здѣсь примѣры, за исключеніемъ послѣдняго, относятся къ тѣмъ случаямъ вниманія пробъ, когда ихъ брали изъ открытой стѣнки ямы, то нельзя предположить, что здѣсь играли роль кротовины;

послѣднее можно еще сказать относительно послѣдняго примѣра, въ которомъ образцы взяты буровымъ инструментомъ.

Не болѣе сходства видимъ мы и для двухъ непосредственно сосѣднихъ пунктовъ (почвы I и II). Всѣ эти показанія относятся къ вышелачиваемому гумусу, т. е. къ тому, который сообщаетъ черный цвѣтъ почвѣ, и могутъ не относиться къ содержанію всего органическаго вещества въ почвѣ, имѣя значеніе лишь для части его. До сихъ поръ всѣ мнѣнія и цифры отъ пр. Борисяка до пр. Костычева сходятся въ одномъ, что все содержаніе органическаго вещества въ почвѣ постепенно уменьшается съ глубиною; растворимый гумусъ однако отступаетъ отъ этого порядка, повидимому въ зависимости отъ совокупности мѣстныхъ условій для каждаго отдѣльнаго пункта. Ближе всего это противорѣчіе можно объяснить тѣмъ, что при опредѣленіи *всего* органическаго вещества сожигается крупное количество негумифицированныхъ остатковъ корней и т. п., которые дѣйствительно распредѣляются въ уменьшающемся постепенно количествѣ сверху внизъ. Своимъ присутствіемъ они и затемняютъ совсѣмъ иное распредѣленіе растворимаго гумуса, гораздо болѣе неправильное, какъ это видно изъ приведенныхъ цифръ.

Примѣры колебаній въ горизонтальномъ распредѣленіи *всего* органическаго вещества приведены Костычевымъ—(С. Х. и Л. 1884, дек.); указанныя имъ разницы зависятъ, повидимому, отъ топографіи мѣстности, измѣняясь отъ 2,6 до 8.5% и отъ 5.4 до 10.8% для разныхъ относительныхъ положеній.

Содержаніе золы въ гумусѣ, взятомъ на разной глубинѣ, оказывается еще болѣе разнообразнымъ, хотя можно замѣтить въ относящихся сюда цифрахъ нѣкоторый общій характеръ, повышеніе содержанія золы въ болѣе глубокихъ слояхъ. Это предположеніе мы высказываемъ пока лишь въ видѣ догадки, требующей новыхъ многочисленныхъ фактовъ для своего обоснованія. Во всякомъ случаѣ несомнѣнно, что содержаніе золы въ черномъ веществѣ крайне колеблется для разной глубины съ одного и того же пункта, и для близко сосѣднихъ пунктовъ, опять таки скорѣе всего въ зависимости отъ тѣсно мѣстныхъ условій Въ составѣ золы чернаго вещества, взятаго съ разной глубины по одному вертикальному направленію, мы находимъ тѣ же рѣзкія колебанія, какъ и для очень разнородныхъ образцовъ:

Троицкое им.

	Золы	SiO_2		P_2O_5		Fe_2O_3		Al_2O_3	
I (слои 1, 2, 3)	0.2 гр.	0.03	15%	0.037	18.5%	0.0209	10.5%	0.0943	47.2%
II (слои 4, 5)	0.096 гр.	0.022	22.9%	0.029	28%	0.0239	24.9%	0.0037	3.8 %

Шатиловская станція.

						осадокъ отъ амміака.	
I (слой 1)	0.085 гр.	0.022	25.9%	0.0276	32.5%	0.0340	40%
II (слой 2)	0.0533—	0.0114	21.4%	0.0059	11.0%	0.0124	23.2
III (слои 3, 4)	0.0706—	0.016	22.4%	0.0133	18.8%	0.0236	33.4

Всѣ приведенные нами примѣры, относящіеся какъ къ почвамъ изъ разныхъ мѣстъ, такъ и ко взятымъ изъ одного и того же пункта даютъ намъ право высказать, оставляя детальную разработку вопроса о составѣ золы, что эта зола чернаго вещества для каждаго пункта должна считаться специфически мѣстнымъ явленіемъ, не повторяемымъ ни въ другомъ сосѣднемъ пунктѣ ни на другой глубинѣ. То же можно сказать о содержаніи чернаго вещества въ почвѣ и о его богатствѣ золой. А-пріори это явленіе не представляетъ ничего страннаго, въ силу отсутствія въ мірѣ явленій обсолютнаго тождества, но мы думаемъ, что замѣчаемыя въ данномъ вопросѣ различія гораздо шире, чѣмъ обыкновенно допускается нашимъ суммарнымъ представленіемъ и руководящими средними выводами. Эти болѣе широкія различія, когда будутъ демонстрированы на гораздо болѣе многочисленныхъ образцахъ, могутъ повести къ измѣненію нашихъ суммарныхъ представленій объ органическомъ веществѣ почвы. Господствующій въ настоящее время взглядъ о сухопутномъ образованіи гумуса русскаго чернозема находитъ въ этомъ выводѣ новое подтвержденіе; дѣйствительно, только при сухопутномъ многовѣковомъ накопленіи гумуса и могли накопиться проявленія участія всѣхъ разнообразныхъ факторовъ каждаго пункта почвы, мѣстной влажности, мѣстной растительности, мѣстной топографіи въ мельчайшихъ ея колебаніяхъ и т. п., и только при этомъ предположеніи мыслимо все разнообразіе распредѣленія органическаго вещества и его состава.

...ГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКАГО ИНСТИТУТА
АГРОНОМИЧЕСКІЙ КРУЖОКЪ
ИМПЕР. АЛЕК. II

АГРОНОМИЧЕСКІЙ КРУЖОКЪ

ГЛАВА II.

Черное органическое вещество почвы, содержащее въ себѣ всегда зольные элементы, носитъ въ силу этого обстоятельства также названіе минералоорганическаго соединенія. О характерѣ этого минералоорганическаго соединенія были въ разное время высказаны различныя мнѣнія, остающіяся непримиренными до настоящаго времени Соссюръ признаетъ существованіе золы въ гумусѣ въ количествѣ не болѣе $^1/_{10}$ части его вѣса; только такой гумусъ онъ считаетъ натуральнымъ и, слѣдовательно, указанное количество золы составляетъ натуральную часть гумуса, происходящую вмѣстѣ съ нимъ изъ первоначальнаго растительнаго матеріала. Къ характеристикѣ этой золы Соссюръ прибавляетъ, что простымъ прилитіемъ реактивовъ къ настою естественнаго гумуса (водному) не получается замѣтныхъ количествъ калія, ни соляно или сѣрнокислыхъ щелочей, если только эти соли не взяты имъ самимъ изъ почвы, въ которой онъ находился. Большая часть заключенныхъ въ растеніяхъ щелочей можетъ быть найдена лишь послѣ сожиганія, точно также относятся и тѣ соли, которыя заключены въ гумусѣ. (Rech. Chim. p. 9). Такимъ образомъ минералоорганическое соединеніе гумуса, сродное подобнымъ же въ живомъ растеніи, отличается по Соссюру существенными особенностями отъ простой примѣси и химическаго соединенія, доступнаго реактивамъ. Высказанное въ ясныхъ выраженіяхъ мнѣніе Соссюра не принималось, очевидно, во вниманіе въ послѣдующемъ развитіи воззрѣній на гумусъ. Можетъ быть, это объяснимо разницей въ матеріалѣ изслѣдованія. Соссюръ имѣлъ дѣло съ остатками растенія, происхожденіе этихъ остатковъ и связь по составу съ первоначальнымъ матеріаломъ были очевидны. Когда же стали получать органическіе щелочные растворы изъ торфа и почвы, и сравнивали ихъ съ искусственными гуминовыми продуктами, то

стали смотрѣть на зольную часть соединенія, какъ на простую примѣсь, простое загрязненіе органическаго вещества. Поэтому у Шюблера вопросъ о характерѣ минеральной части гумуса допускаетъ другое рѣшеніе (Grunds. d. Agriculturchemie 28). Согласно изложенію Шюблера, подъ вліяніемъ кислорода, влаги и тепла остатки растеній и животныхъ переходятъ въ разложеніе съ развитіемъ углекислоты, углеводородовъ, сѣроводорода и фосфористыхъ водородовъ; остается порошковатый коричневый, нѣсколько растворимый въ водѣ остатокъ, содержащій гуминовую кислоту, свободную или соединенную съ основаніями, землями или щелочами. Главнымъ образомъ получается это вещество изъ отмершихъ растеній, изъ любой древесины, если ее выщелачивать водянымъ растворомъ калія на воздухѣ; много его находится въ торфѣ и нѣкоторыхъ бурыхъ углякъ; извлекается щелочами, а когда щелочное соединеніе разлагается соляной кислотой, то осѣдаетъ хлопьями гуминовая кислота. Шюблеръ приводитъ анализъ добытой изъ торфа Шпренгелемъ гуминовой кислоты, которая заключала органогеновъ 100%; другими словами, о минеральной части гумуса не упоминается, и на долю ея не приходится ни какой доли процента.

Шюблеръ указывалъ, что гуминовая кислота можетъ содержать, кромѣ щелочей удаляемыхъ кислотой по способу Шпренгеля, окись желѣза и алюминія, а для очищенія отъ этихъ примѣсей надлежитъ растворить ея осадокъ еще разъ въ углекисломъ натрѣ; тогда оба вещества останутся въ осадкѣ, а растворившуюся гуминовую кислоту можно осадить особо. Теперь трудно выяснить, съ какимъ веществомъ имѣлъ дѣло Шюблеръ и какой осадокъ получалъ, но повторить этотъ опытъ уже невозможно. Вѣроятнѣе всего то, что Шюблеръ былъ введенъ въ заблужденіе тѣмъ же иловатымъ осадкомъ, загрязнившимъ вытяжку и оставшимся на днѣ послѣ вторичнаго растворенія органическаго вещества. Признавая способность этой части гумуса входить въ солеобразныя соединенія съ основаніями и перечисляя соли ея со многими металлами, даже съ золотомъ, Шюблеръ вовсе не упоминаетъ о присутствіи въ ней фосфора, а съ кремневой кислотой гуминовая кислота ни въ какія соединенія, по его мнѣнію, не входитъ (стр. 30). Это послѣднее замѣчаніе однако не мѣшаетъ автору указать на фактъ, что „углеобразный" гумусъ „состоящій главнымъ образомъ изъ гуминовой кислоты", оставляетъ послѣ сожиганія преимущественно *кремне-*

земъ съ малой примѣсью иныхъ земель и щелочей (также иногда гипсъ, фосфорнокислую известь и поваренную соль) (стр. 38). Шюблеръ не входитъ въ объясненія упомянутой особенности минеральнаго состава. Этотъ одиночный фактъ позволяетъ думать, что въ тѣ времена, въ виду общаго характера воззрѣній на гумусъ, приглядываться ближе къ минеральной части его не приходилось, и было вполнѣ удобно остановиться, не обращая вниманія на исключенія, на извѣстныхъ, понятныхъ и простыхъ химическихъ воззрѣніяхъ на взаимную связь обѣихъ частей минерало-органическаго вещества. Что не подходило подъ господствующее воззрѣніе въ этомъ вопросѣ, признавалось примѣсью: „чтобы убѣдиться, не содержитъ-ли она (гуминовая осажденная кислота изъ почвы) еще небольшой примѣси земель, можно ее прокалить и примѣси останутся въ остаткѣ". (ibid. стр. 106).

Отсюда видно, что *натуральная* минеральная часть гумуса по Соссюру стала случайною примѣсью по Шюблеру, а изъ первоначальнаго органическаго матеріала должно получаться (согласно воззрѣніямъ послѣдняго) только органическое соединеніе, а не минералоорганическое.

Мульдеръ, сосредоточивший свое вниманіе на органической части гумуса, только вкратцѣ отдѣльными замѣчаніями упоминаетъ о минеральной, придерживаясь въ общихъ чертахъ того же пониманія, какъ и Шюблеръ, т. е. принимая минерало органическія соединенія за простыя и двойныя соли гуминовой кислоты. На стр. 333 (Chemie d. Ackerkrume) онъ заявляетъ, что съ алюминіемъ гуминовая кислота образуетъ трудно растворимую въ водѣ соль, но растворимую въ углекислыхъ и ѣдкихъ щелочахъ, подобно кальціевой и магніевой. Можно ли было доказать это подобіе опытнымъ путемъ, остается неизвѣстнымъ. По мнѣнію Мульдера, органическое вещество при разложеніи теряетъ свои минеральныя части путемъ выщелачиванія и въ нормальномъ видѣ свободно отъ золы. Вообще онъ считаетъ связь зольныхъ частей съ органическими подобной связи основаній съ кислотой, причемъ основанія поступаютъ изъ почвы; кстати онъ приводитъ мнѣніе Рислера относительно растворяющаго дѣйствія органическихъ соединеній на минеральные соединенія почвы, говоритъ объ образованіи многоосновныхъ солей гуминовой кислотой (стр. 68). Изъ этихъ свойствъ онъ выводитъ ту функцію органическаго вещества въ почвѣ, на которой настаиваетъ въ противоположность оспариваемому имъ

мнѣнію Либиховой школы, именно функцію гуминовой и апокреновой кислотъ (нерастворимыхъ въ водѣ) входить въ нерастворимыя соединенія съ минеральными элементами почвы и тѣмъ сохранять эти послѣдніе отъ вымыванія и сберегать на пользу растеній.

Считая минеральную часть гумуса связанною съ органической лишь по законамъ простыхъ химическихъ реакцій и имѣющею притомъ внѣшнее по отношенію къ гумусу происхожденіе, Мульдеръ признавалъ однако, что заключенный въ гумусѣ азотъ долженъ имѣть иное происхожденіе, особенно когда оказалось невозможно отдѣлить его сполна—(с. 328). Это явленіе Мульдеръ относитъ къ загрязненію гумуса бѣлковыми веществами изъ почвы, хотя не рѣшается высказаться, составляютъ ли эти примѣси къ гумусу измѣненные бѣлки или совершенно иныя соединенія.

О функціи гумуса въ почвѣ по отношенію къ минеральнымъ элементамъ совершенно обратное мнѣніе было высказано Тенаромъ въ запискѣ о закрѣпленіи органической части навоза въ почвѣ (Comptes rendus 1857.) Производя опыты осажденія черной навозной вытяжки солями глинозема, окиси желѣза и углекислой известью, онъ пришелъ къ заключенію, что образующіеся нерастворимые осадки (которые онъ называетъ *лаками*) служатъ для сохраненія полезныхъ частей навоза въ почвѣ. „Эти осадки-лаки разрушаются медленно въ теченіи долгаго времени, подобно почти всѣмъ другимъ лакамъ, и несомнѣнно по мѣрѣ потребности и растворяющаго дѣйствія растеній.“ Тенаръ высказалъ свое заключеніе ранѣе Мульдера и имѣлъ въ виду только питательное значеніе для растеній органической части черной вытяжки навоза; минеральные элементы почвы служатъ лишь для сохраненія этой части въ нерастворимомъ, прочномъ противъ выщелачиванія состояніи. Мульдеръ писавшій на два года позже (1859), когда совершился переломъ воззрѣній въ пользу минеральной теоріи питанія, смотритъ на тѣ же нерастворимыя гумусовыя соединенія съ другой точки зрѣнія, именно съ точки зрѣнія сохраненія минеральныхъ элементовъ посредствомъ органическаго соединенія.

Одинъ и тотъ же фактъ былъ оцѣненъ обоими учеными съ разныхъ точекъ зрѣнія, но съ одинаковой цѣлью. При томъ оба, очевидно, принимаютъ, что минеральные элементы для этихъ соединеній доставляются почвой.

Детмеръ, внесшій поправки въ заключенія Мульдера, еще рѣшительнѣе держится мнѣнія объ исключительно органическомъ составѣ гуминовой кислоты и старается доказать, что азотъ, хотя и не удалимый изъ гумуса совершенно, все таки не входитъ въ составъ молекулы гуминовой кислоты, а принадлежитъ другому органическому соединенію, примѣшанному и неотдѣлимому отъ нея сполна. (Bodenkunde с. 429.) Что касается минеральной части гумуса, то Детмеръ считаетъ ея присутствіе случайнымъ, такъ какъ съ помощью щавелевой и фосфорной кислоты и сѣрнистаго аммонія, а также соляной кислотой можно гумусъ освободить отъ золы.

Такое установившееся мнѣніе о существованіи только самой простой связи органической части съ минеральной, мнѣніе обусловливаемое очевиднымъ стремленіемъ подвести явленіе къ заранѣе сложившимся взглядамъ на основаніи лабораторныхъ изслѣдованій искусственныхъ матеріаловъ, однако прямо противорѣчитъ фактамъ, подмѣченнымъ еще Соссюромъ, и вмѣстѣ съ тѣмъ не подтверждается достаточными доказательствами. Постепенное извлеченіе почти всѣхъ минеральныхъ элементовъ путемъ долгаго многократнаго промыванія, растворенія и осажденія не можетъ быть принимаемо за простое выщелачиваніе минеральныхъ солей изъ органическаго вещества; такая обработка гораздо глубже отзывается на составѣ чернаго вещества, что видно изъ его постепеннаго разщепленія: одна часть осаждается отъ кислоты, а другая остается въ растворѣ, и обѣ содержатъ минеральную часть. Гуминовая кислота настолько слаба, что отнять всѣ ея основанія можно бы и безъ повторныхъ обработокъ.

Г-жѣ Родзянко (Тр. VIII. съѣзда естествоисп.) послѣ долгаго повторнаго осажденія гумуса не удалось удалить изъ него 1.5—1.8% золы. Послѣ дѣйствія 30% соляной кислоты оставалось еще 1,52% золы.

Къ характеристикѣ разбираемаго мнѣнія надо еще прибавить, что многое въ подобныхъ рѣшительныхъ выводахъ зависитъ и отъ природы тѣхъ образцовъ, съ которыми работали изслѣдователи.

Предвзятость мнѣнія о составѣ гумуса, господствующая среди нѣмецкихъ изслѣдователей, признается Робертомъ Саксе (Lehrb. d Agrikulturchemie, 123) какъ слѣдствіе историческаго хода изученія гумуса, начатаго съ изученія искуственныхъ про-

дуктовъ, состоящихъ изъ трехъ органогеновъ. „Желаніе считать эти продукты за прочное основаніе для дальнѣйшаго изученія естественныхъ образованій заставило Мульдера признать неустранимый азотъ принадлежащимъ амміаку.“ Не смотря однако на эту поправку по отношенію къ воззрѣніямъ Мульдера, самъ Р. Саксе находится вполнѣ подъ вліяніемъ имъ же установленныхъ историческихъ причинъ и относительно минеральной части гумуса выражается такъ: „никто не сомнѣвается, что гумусовыя вещества могутъ *поглощать и удерживать* нѣкоторыя питательныя вещества, а корни, при встрѣчѣ съ таковыми, оныя выбирать и ассимилировать“. (ibid. 125.) Это не вполнѣ опредѣленное мнѣніе отчасти примыкаетъ къ воззрѣніямъ Ванъ-Беммелена и вполнѣ доказываетъ, что Р. Саксе, сдѣлавши одну уступку, остается все таки вѣренъ традиціямъ школы.

По отношенію къ работѣ и выводамъ Грандо онъ считаетъ, что „единственно вѣрное ядро всего затронутаго предмета“ заключается въ способности гуминовыхъ веществъ растворять и разлагать различныя соединенія и удерживать ихъ въ растворѣ, аналогично нѣкоторымъ другимъ органическимъ веществамъ. (ibid. 126.) Это рѣшительное заявленіе, опирающееся на многочисленные, но очень разнохарактерные опыты (см гл. V), подобіе которыхъ съ почвенными процессами еще никто и не пробовалъ установить, не устраняетъ однако тѣхъ возраженій, которыя остаются непреодолимыми для исключительнаго взгляда ученыхъ нѣмецкой школы.

Самое послѣднее по времени мнѣніе о характерѣ гумуса высказано Э. Вольни, который руководился больше логическими соображеніями, чѣмъ установившимися взглядами, и поэтому высказалъ приблизительно то же, что мы видѣли въ словахъ сочиненія Соссюра. Вольни прямо признаетъ, что „гумусъ содержитъ минеральныя вещества, происходящія изъ растеній давшихъ начало гумусу“. (Die Zersetzung, s. 220) Вымыванію этихъ веществъ онъ ставитъ тоже на основаніи простаго размышленія извѣстныя границы, такъ какъ минеральныя соли „растворимы и доступны выщелачиванію лишь по мѣрѣ разложенія заключающаго ихъ органическаго вещества“ (ibid. 222). Ближе въ разсмотрѣніе предмета онъ не входитъ, обращая большее вниманіе на причины и ходъ процессовъ разложенія, чѣмъ на характеръ продуктовъ.

Французскіе ученые съ самаго начала вопроса въ своихъ замѣткахъ и работахъ о гумусѣ держатся менѣе исключительныхъ взглядовъ. Мы знаемъ мнѣніе Соссюра о присутствіи золы въ гумусѣ и ея происхожденіи. Шеврейль въ 1857 году, по поводу вышеупомянутаго сообщенія Тенара, возстаетъ противъ обобщеній въ вопросѣ о гумусѣ и упоминаетъ, что съ 1824 года настаивалъ на сложной природѣ органическаго вещества гумуса, на присутствіи въ его составѣ глинозема и окиси желѣза; точно также, по его мнѣнію, и сѣра является составной частью чернаго вещества навоза.

Тенаръ во второмъ своемъ сообщеніи о черной навозной вытяжкѣ, которую и онъ самъ, и всѣ считаютъ тождественной съ гуминовой кислотой (l. c.) приводитъ ея анализъ, согласно которому осадокъ чернаго вещества послѣ промыванія начисто содержитъ 5.5% азота и 1—2‰ золы.

Грандо въ 1872 г. (Comptes rendus 74, p. 988.) выступилъ со своей извѣстной теоріей о значеніи золы гумуса для бонитировки почвъ. Касаясь здѣсь лишь той части его работъ, которая относится къ самому гумусу, приведемъ его положенія въ сжатой формѣ. Относительно связи минеральной и органической части Грандо признаетъ между ними *особенное соединеніе* (une combinaison particulière), настолько прочное, что только послѣ прокаливанія вещества чернаго раствора (matière noire) можно доказать присутствіе золы и ея отдѣльныхъ элементовъ реакціями. Кромѣ прочности, взаимное соединеніе отличается еще, по мнѣнію Грандо, особой пригодностью для питанія растеній. Здѣсь видно, что Грандо сходится съ Мульдеромъ во взглядѣ на роль гуминовыхъ соединеній и отличается отъ него признаніемъ особаго рода взаимнаго соединенія минеральной и органической части. Позднѣе подобно высказался и ванъ-Беммеленъ, который вмѣсто своеобразнаго соединенія призналъ присутствіе золы въ гумусѣ поглотительнымъ соединеніемъ со стороны коллоидальнаго гумуса.

Основному взгляду Грандо на прочность минералоорганическаго соединенія отчасти противорѣчитъ его же собственное наблюденіе надъ діализомъ чернаго вещества; какъ показывали его опыты, такое прочное соединеніе отдавало тѣмъ не менѣе чистой водѣ до 90% своей минеральной части. Это явленіе было бы крайне странно, зная, что кислота не въ состояніи отнять гораздо меньшей доли, а перепонка діализатора не обладаетъ особен-

ными свойствами. Указанное противорѣчіе разъясняется однако опытами Петермана (Bull. de l' ac. royale de Belg. 1882, T. III.) повторенными потомъ и Грандо; эти опыты показали, что діализомъ отдѣляются отъ почвы и гумуса не чистыя минеральныя соли, а часть золы и часть органическаго вещества, вѣроятно находящіяся во взаимной связи. Тоже показываютъ и вышеупомянутые опыты Дюмона. Эти опыты, исправляя наблюденіе Грандо относительно діализа, тѣмъ самъ поддерживаютъ положеніе объ охраняющей роли гуминовыхъ соединеній по отношенію къ минеральнымъ элементамъ ихъ золы. Если бы гуминовыя вещества такъ легко отдавали свою золу водѣ, то, понятно, давно лишились бы ея въ почвѣ, и не пришлось бы даже составить понятіе о гумусѣ, какъ минерало-органическомъ соединеніи.

Работа Грандо подверглась вскорѣ послѣ появленія провѣркѣ со стороны Питча (l. c.) который обратилъ главное вниманіе на практическіе выводы и, соглашаясь съ Грандо относительно примѣнимости его положеній къ песчанымъ, болотистымъ и легкимъ суглинистымъ почвамъ, отрицалъ таковую по отношенію къ тяжелымъ глинистымъ, на основаніи своихъ сравнительныхъ опредѣленій фосфорной кислоты въ ея разныхъ состояніяхъ въ 15 образцахъ. Держась общаго мнѣнія нѣмецкой литературы, Питчъ считаетъ недоказаннымъ, что входящіе въ составъ чернаго вещества минеральные элементы находились и ранѣе въ почвѣ въ соединеніи съ органическимъ веществомъ. По его мнѣнію, основанному на нѣкоторой растворимости фосфорно-кислыхъ солей въ гуминовокисломъ амміакѣ, черное вещество беретъ фосфорную кислоту изъ почвы во время растворенія своего. Такое объясненіе однако мало убѣдительно, прежде всего потому, что относительное содержаніе фосфора въ черномъ веществѣ и почвѣ далеко не соотвѣтствуютъ одно другому, а также и по той нерѣдко упоминаемой причинѣ, что фосфоръ въ черномъ веществѣ не является въ видѣ фосфорной кислоты, а находится въ иномъ состояніи.

Годомъ позднѣе работу Грандо провѣрялъ Туксенъ, не касаясь природы гумуса, а только приложимости практическихъ выводовъ.

Въ томъ же году (1881) пр. Костычевъ напечаталъ результаты своей провѣрки работы Грандо (Физико-химич. изслѣдов. Вып. II). Собравши вмѣстѣ разныя представленныя до тѣхъ поръ Грандо возраженія относительно случайности выбора растворите-

ля, относительно предварительной обработки и т. п., возраженія указывающія преимущественно на довольно глубокое впечатлѣніе, произведенное работою французскаго ученаго, пр. Костычевъ самъ предлагаетъ нѣкоторыя измѣненія способа выщелачиванія, нашатырь вмѣсто соляной кислоты, одинаковые количества растворителей и лимоннокислый амміакъ вмѣсто амміака. Послѣднее предложеніе имѣетъ цѣлью устранить перегной при опредѣленіи извлекаемыхъ минеральныхъ веществъ, такъ какъ по представленію Костычева перегной не есть тѣсное минерало-органическое соединеніе, а только растворитель разныхъ минеральныхъ соединеній почвы. Въ этомъ отношеніи Костычевъ примкнулъ къ Саксе и прочимъ представителямъ нѣмецкой школы. Въ дополненіяхъ къ изслѣдованію Костычева (Табл. III) мы находимъ интересныя данныя о составѣ раствора извлекаемаго подкисленной водою при предварительной обработкѣ, показывающія, что получаемый растворъ, по содержанію въ немъ всѣхъ питательныхъ веществъ, дѣйствительно обѣдняетъ почву, независимо отъ послѣдующаго извлеченія растворимаго гумуса съ его запасными питательными веществами.

Въ 1889 году стали извѣстны изслѣдованія Эггертца (Bied. C. Blatt. 1889 и въ русскомъ изложеніи пр. Костычева, Сельск. хоз. и Лѣсов.—1889 X). Его изслѣдованія располагаютъ новыми фактами и новизною высказанныхъ взглядовъ. Прежде всего надо отмѣтить, что Эггертцъ считаетъ минералоорганическія соединенія не естественной составной частью почвы, а нѣкоторымъ вторичнымъ продуктомъ, получаемымъ лишь въ силу обработки почвы слабой кислотой и затѣмъ щелочью. Естественными видами гумуса онъ считаетъ только креновую и апокреновую кислоты. Въ черномъ щелочномъ экстрактѣ, содержащемъ по его терминологіи муллевыя соединенія, по мнѣнію Эггертца, минеральная часть не есть посторонняя примѣсь. Доказательства болѣе тѣсной связи онъ приводитъ тѣ же, что и приведенныя выше, т. е. трудность удаленія минеральныхъ элементовъ, недѣйствительность обычныхъ реакцій на открытіе. Между прочимъ, кремній, несмотря на высушиваніе при 110° всего вещества, сохраняетъ способность опять переходить въ растворъ при раствореніи вещества въ щелочи, и слѣдовательно, не является въ формѣ кремневой кислоты. Мы думаемъ, тоже можно сказать и по поводу сомнѣній г. Лесневскаго, высказанныхъ въ указанной выше статьѣ относительно того же

кремнія. Здѣсь же Эггертцъ указываетъ впервые на фактъ, что при діализѣ диффундируетъ органическое вещество особаго состава, не имѣющее въ составѣ своей золы желѣза. Сѣра и фосфоръ становятся доступны опредѣленію только послѣ предварительнаго окисленія. При повторномъ растореніи чернаго осадка происходитъ частное разложеніе вещества, часть его становится растворимою, и нерастворимый остатокъ обѣдняется золой.

Сопоставленіе наблюденія Эггертца на счетъ отсутствія желѣза въ диффундирующей части раствора при діализѣ съ нашими анализами осадка и раствора послѣ дѣйствія соляной кислоты наводитъ на мысль, что диффундировала только та часть гумуса, которая не осаждается отъ соляной кислоты. Тогда можно предположить, что въ вытяжкѣ и помимо дѣйствія соляной кислоты производящей разщепленіе чернаго вещества, обѣ части, осаждаемая и неосаждаемая, существуютъ съ самаго начала. Этотъ вопросъ однако остается темнымъ и требующимъ провѣрки, тѣмъ болѣе, что по послѣднимъ опытамъ Дюмона при уменьшенномъ давленіи внутри діализатора диффундируетъ и такой растворъ, который содержитъ въ составѣ своей золы и желѣзо.

Признавая значеніе минеральной части чернаго вещества какъ пищи для растеній, Эггертцъ считаетъ, что они становятся доступны растеніямъ лишь по мѣрѣ окисленія органическаго вещества, которое этимъ путемъ постепенно ихъ освобождаетъ. Это мнѣніе, вполнѣ согласное со взглядомъ на прочность связи минеральной и органической части гумуса, существенно отличается отъ мнѣнія Мульдера и Грандо, что гумусъ только сберегаетъ минеральную пищу растеній и держитъ ее въ доступномъ для нихъ состояніи. Послѣднее свое положеніе Эггертцъ выводитъ изъ опытовъ культуры растеній въ почвѣ, промытой 4% соляной кислотой. Въ такой почвѣ растенія не развивались очень долгое время, а потомъ начинали жить нормально. Авторъ дѣлаетъ заключеніе, что сначала имъ не хватало питательныхъ веществъ, но потомъ таковыя накопились, освобождаясь постепенно изъ окисляющихся муллевыхъ соединеній. Эггертцъ доказываетъ этими опытами ошибочность выводовъ Грандо относительно непосредственно питательнаго значенія чернаго вещества для растеній, но это было уже раньше указано при разборѣ работы Грандо—Дитрихомъ (Jahr. d. Agr. Chemie 1—3, s. 79.) Эти опыты Эггертца были повторены Нефедовымъ (С. Х. и Л. 97, янв.), который пришелъ къ дру-

гому выводу, объясняя неуспѣхъ культуръ не недостаткомъ пищи а особой ядовитостью для растеній промытой кислотою почвы.

Ближайшее обсужденіе этихъ опытовъ не входитъ въ рамки нашей работы, а въ виду большаго практическаго значенія они нуждаются въ разносторонней провѣркѣ.

Относительно основнаго взгляда Эггертца на вещество черной вытяжки, какъ на искусственный продуктъ, позволительно думать, что вопросъ весь заключается въ степени этой искуственности. Если искусственна обработка почвы кислотой и щелочью, то простое извлеченіе щелочью и при томъ слабой было бы болѣе естественно. На обыкновенной почвѣ прямое выщелачиваніе слабой щелочью не даетъ чернаго экстракта, но если взять почву, промытую предварительно и долго дестиллированной водой, то получается тотъ же черный экстрактъ, только болѣе слабаго оттѣнка, потому что вода не такъ скоро выбираетъ известь изъ гуминово-известковой соли. Такой экстрактъ даетъ и свертокъ минерало органическаго вещества совершенно одинаковыхъ качествъ, какъ и получаемый послѣ обработки кислотою. Разница только количественная. Признавая подобное извлеченія экстракта уже совсѣмъ естественнымъ, надо считать и обычное съ помощью кислоты только болѣе энергичнымъ, а вовсе не искусственнымъ, и получаемый экстрактъ, тождественный по своимъ качествамъ, естественной составной частью почвы. Если такую простѣйшую по способу и выполненію обработку считать искусственной, способной дать вторичные продукты, то врядъ ли найдутся другіе способы, выдерживающіе критику съ точки зрѣнія Эггертца.

Какъ упомянуто выше, мнѣніе ванъ-Беммелена по этому вопросу можно помѣстить между разобранными крайними (Landw. Vers. St. 35.) Какъ онъ полагаетъ, растворимыя гуминовыя соединенія образуютъ *поглотительныя* соединенія съ кислотами и солями, но легче съ основаніями, почему и назывались прежде гумусовыми кислотами. Но даже у послѣднихъ нельзя предполагать существованія настоящихъ химическихъ соединеній, а только поглотительныя, образующіяся въ измѣнчивыхъ отношеніяхъ въ зависимости отъ условій. Изъ этого основнаго положенія автора слѣдуетъ, что по составу такихъ неопредѣленныхъ соединеній коллоидальнаго вещества нельзя вычислять его молекулярный вѣсъ, нельзя считать и количество минеральныхъ элементовъ въ гумусѣ доступнымъ опредѣленію, нельзя признавать за ними и спеціальнаго значенія для

растеній. Изъ нѣкоторыхъ указаній автора видно, что онъ работалъ съ гумусомъ полученнымъ изъ торфа, изъ котораго могъ удалять минеральныя вещества промываніемъ разведенной кислотой. Это заставляетъ думать, что ванъ-Беммеленъ говоритъ только объ одномъ видѣ гумусоваго вещества, которое всегда отличалось иными и очень измѣнчивыми свойствами, чѣмъ обыкновенный почвенный гумусъ.

Между тѣмъ, признавая фактъ нераздѣлимости минералоорганическихъ соединеній, авторъ старается объяснить ее особыми соображеніями, независимо отъ предполагаемой Эггертцомъ прочной органической связи. По мнѣнію ванъ-Беммелена, кальцій связанъ съ гумусомъ *слабо* и легко выбирается соляной кислотой, но другіе элементы, какъ кремній, желѣзо и алюминій, растворяются только съ раствореніемъ гумуса и остаются всѣ вмѣстѣ въ растворѣ Это явленіе обусловливается не образованіемъ двойныхъ солей, какъ объясняли, а тѣмъ, что названныя вещества всѣ вмѣстѣ растворяются, какъ *коллоидальный комплексъ*, подобно тому какъ бѣлокъ, глицеринъ и сахаръ могутъ держать въ растворѣ соли и основанія. Можетъ показаться, что ванъ-Беммеленъ называетъ лишь другимъ именемъ то, что полагаетъ и Эггертцъ, т. е. существованіе сложной минералоорганической молекулы въ этихъ соединеніяхъ, но этого нѣтъ. Ванъ-Беммеленъ проводитъ разграничительную черту, говоря, что Эггертцъ сдѣлалъ ошибку, принявъ основанія за часть органическаго комплекса, тогда какъ онѣ только имъ поглощены. Такимъ образомъ выходитъ, что поглотительныя соединенія, всегда считавшіяся, если признавалось вообще ихъ существованіе, слабѣйшими, по своей внутренней связи, чѣмъ химическія соединенія, въ частномъ случаѣ гумуса оказываются исключительной прочности, недоступной обычнымъ химическимъ реакціямъ. Это и заставило насъ думать, что ванъ-Беммеленъ имѣлъ для работы такой видъ гумуса, изъ котораго могъ отмыть всѣ минеральныя части, и пришелъ къ заключенію о поглотительной способности гумуса, подобной такому же свойству минеральныхъ коллоидовъ. Въ видѣ характерной уступки со стороны автора надо прибавить, что относительно фосфора онъ принужденъ согласиться, что этотъ элементъ можетъ присутствовать въ гумусѣ и въ особомъ состояніи, а не въ формѣ поглотительнаго соединенія.

Послѣднее по времени мнѣніе г. Снайдера (l. c.) склоняется тоже на сторону признанія положеній Эггертца Оканчивая этотъ обзоръ, необходимо упомянуть еще объ одномъ газообразномъ элементѣ, азотѣ, на который уже въ раннихъ изслѣдованіяхъ есть указанія, какъ на находящійся въ тѣсной связи съ прочими органогенами. Кромѣ того, есть и прямыя доказательства возможности поступленія его извнѣ въ молекулу сложнаго органическаго соединенія гумуса. По опытамъ Тархова (извѣстія Петровск. Ак. 1881). и Эггертца надъ поглощеніемъ амміака торфомъ и гуминовой кислотой, амміакъ переходилъ изъ простаго солеобразнаго соединенія въ болѣе тѣсное, неразложимое обычными реакціями. Гипотетическое объясненіе тѣсной связи минералоорганическихъ соединеній почвы далъ пр. Густавсонъ по поводу работы г. Гаврилова (Тр. Ф. Х. Общ—ва XV, I 59.), кладя въ основаніе химическій характеръ гумусоваго вещества, способнаго пополнять свою молекулу металлами со слабымъ кислотнымъ характеромъ, какъ желѣзо и алюминій, а эти въ свою очередь являются связью между органическимъ веществомъ и прочими минеральными элементами, кремніемъ и фосфоромъ. Свойства такого соединенія, по мнѣнію пр. Густавсона, должны бы быть подобными тому, что наблюдается въ натурѣ на гумусѣ.

Это предположеніе Густавсона какъ бы миритъ между собою оба взгляда на минералоорганическое соединеніе гумуса, удовлетворяя отчасти и тѣхъ, кто хочетъ непремѣнно видѣть въ немъ химическое соединеніе сложнаго характера неопредѣленныхъ двойныхъ солей, какъ равно и тѣхъ, кто считаетъ минеральные элементы присутствующими въ молекулѣ органическаго соединенія. Возможность происхожденія такого минералоорганическаго соединенія однако гораздо понятнѣе и естественнѣе, если его выводить прямо отъ органическаго вещества гумусообразователя, и нѣтъ настоятельной необходимости полагать, что первоначально беззольное гуминовое вещество, подобное получаемому въ лабораторіи изъ сахара, потомъ обогащается золою въ почвѣ, присоединяя и переработывая минеральные элементы послѣдней. Если это гуминовое вещество при своемъ образованіи не могло удержать зольныхъ частей гумусообразователя, и онѣ вымыты водою, то трудно предположить, что оно могло бы потомъ проявить обратное къ нимъ отношеніе, и хотя поздно, но прочно удерживать ихъ изъ почвы. Гораздо проще предположить, что часть зольныхъ частей

гумусъ получаетъ какъ бы въ наслѣдство отъ гумусообразователя, а нѣкоторую часть можетъ присоединить и изъ почвы. Весь вопросъ въ относительной прочности связи. Въ этомъ отношеніи интересны изслѣдованія Бертло по сравнительному анализу почвы, перегноя и растенія. Изъ сравненія состава по отношенію къ нѣкоторымъ элементамъ, Бертло выводитъ взаимное сходство перегноя и растенія, только въ чистомъ свѣжемъ перегноѣ минеральныхъ веществъ онъ нашелъ вдесятеро больше. чѣмъ въ почвенномъ (Ch. IV, p. 108.) Изъ анализовъ (т. IV, глава III—IV.) характеризующихъ разную прочность связи минеральныхъ элементовъ (S, P.) съ органическимъ веществомъ, видно, что оба они не могутъ быть сполна удалены изъ перегноя даже съ помощью окисленія азотной кислотой; при этомъ, что особенно наглядно для фосфора, въ перегноѣ указанная связь рыхлѣе, чѣмъ въ свѣжемъ растеніи.

Оцѣнивая обѣ точки зрѣнія и становясь на сторону Эггертца и Бертло, Оллехъ въ своей брошюрѣ о гумусѣ (1890 г.) считаетъ, что выставляемый ими взглядъ является наиболѣе крупнымъ вкладомъ въ теорію вопроса, какой когда либо былъ сдѣланъ. Его отношеніе къ вопросу очень удачно выражено слѣдующими словами: „Традиціонный взглядъ на эти вещества (минеральныя), какъ на sine dubio загрязняющія примѣси, теряетъ свое значеніе и долженъ быть ограниченъ лишь нѣкоторыми случаями. До сихъ поръ еще не ясно, какъ можно себѣ представить составъ такихъ фосфоръ, сѣру и желѣзо содержащихъ гумусовыхъ молекулъ, но уже несомнѣнно то, что эти молекулы сложнѣе, чѣмъ ихъ до сихъ поръ себѣ представляли“ (с. 11).

Такимъ образомъ, изъ приведенныхъ мнѣній кажутся наиболѣе убѣдительными и наиболѣе обоснованными тѣ, которыя признаютъ болѣе прочную, внутреннюю связь минеральной и органической части гумуса; эта связь такого же характера, какого надо считать связь этихъ категорій вещества въ живомъ растеніи, хотя вѣроятно, она разрыхляется постепенно по мѣрѣ разложенія органическихъ остатковъ. Параллельныя опредѣленія нѣкоторыхъ минеральныхъ элементовъ на разныхъ стадіяхъ разложенія могли-бы дать нѣкоторое представленіе о постепенномъ освобожденіи минеральныхъ элементовъ и переходѣ ихъ отъ вполнѣ „замаскированнаго“ состоянія до состоянія легко вымываемыхъ, независимыхъ минеральныхъ солей. Къ сожалѣнію, такихъ цифръ

пока нѣтъ. Главное вниманіе все еще обращается на общія причины разложенія и ходъ процессовъ его, а не на природу матеріала и получаемыхъ продуктовъ (напр. послѣднее сочиненіе пр. Э. Вольни о разложеніи). Заканчивая эту главу выводомъ, что тѣсная связь обѣихъ частей минералоорганическаго соединенія гумуса есть остатокъ подобной же связи въ гумусообразователяхъ, мы естественно должны перейти къ вопросу о томъ, какая ближайшая составная часть растеній служитъ гумусообразователемъ по преимуществу. Вмѣстѣ съ тѣмъ, въ связи съ выводомъ первой главы мы видимъ, что если зола гуминовыхъ веществъ зависитъ въ своемъ количествѣ и составѣ отъ золы гумусообразователей, то этимъ вносится лишній факторъ, обусловливающій еще большее разнообразіе золы гумуса въ разныхъ пунктахъ его нахожденія.

Особнякомъ отъ высказанныхъ мнѣній стоитъ позднѣе всѣхъ высказанное мнѣніе Костычева (С. Х. и Л. CLXV, II и см. Тр. С. Пет. Общ. Ест. XX) о природѣ прочной связи минеральной и органической части гумуса и представляющее дальнѣйшее развитіе біологической точки зрѣнія на органическое вещество и происходящіе въ немъ процессы. Касаясь главнымъ образомъ азота гумуса, его толкованіе, имѣющее значеніе одинаковое и для минеральныхъ элементовъ, сводится къ тому, что полезныя для растеній составныя части гумуса остаются прочно связанными и малодоступными для послѣднихъ въ силу того, что они *не свободны*, а входятъ въ составъ живыхъ бактерій и грибковъ, живущихъ въ гумусѣ.

Это толкованіе составляетъ необходимую часть всего систематическаго воззрѣнія Костычева на гумусъ, такъ какъ онъ, не признавая распространенія органическаго вещества въ почвѣ путемъ просачиванія, принужденъ и эту роль—разнесеніе гумуса—возложить на тѣ же низшіе организмы, на плѣсневые грибки. Освобожденіе азота и минеральныхъ веществъ онъ поясняетъ тѣмъ, что при смѣнѣ поколѣній микробовъ получается остатокъ азотистыхъ соединеній, непотребляемый болѣе, вслѣдствіе параллельнаго недостатка безазотистыхъ веществъ (см. 132—133 ibid.). Доказательствомъ справедливости своего предположенія, которое можетъ быть резюмируемо въ томъ, что гумусъ не есть мертвое вещество, а только аггрегатъ живыхъ микробовъ, Костычевъ считаетъ данныя о содержаніи азота: въ гумусѣ по 51 анализу онъ

нашелъ въ среднемъ 5.26% азота, и въ грибахъ изъ 47 опредѣленій 5.48%. Такимъ образомъ, если гумусъ есть аггрегатъ грибовъ, то и содержаніе азота въ немъ не можетъ быть больше содержанія этого элемента въ грибахъ. Остатокъ при постепенномъ разложеніи остается доступнымъ другимъ выше организованнымъ растеніямъ.

О минеральныхъ веществахъ на этомъ основаніи надо предположить то-же нѣчто подобное, потому что и ихъ доступность дѣлается только постепенной.

Хотя, кромѣ главнаго основанія новаго воззрѣнія, подробности опущены авторомъ, какъ напр., въ какой же формѣ переходитъ питательное вещество изъ свѣжаго растительнаго остатка въ грибы, послѣ предварительнаго разложенія или только работой послѣднихъ, но можетъ ли удаляться азотъ въ промежуточныхъ стадіяхъ перехода и т. п., но можно объ нихъ и не говорить. Главное доказательство само по себѣ оказывается неустойчивымъ. Собрать образцы перегноя съ бо́льшимъ содержаніемъ азота изъ русскихъ почвъ еще не было предпринято, но извѣстные въ этомъ направленіи примѣры американскихъ черноземовъ подрываютъ все построеніе. По изслѣдованіямъ Джаффа надъ американскими почвами гумусъ, полученный выщелачиваніемъ, содержалъ очень разнообразныя количества азота, отъ 5 до 14 и 18% (Univ. of Cal. report 1893).

По указаніямъ Хилгарда (ibid. 1894) гумусъ изъ влажныхъ районовъ содержитъ меньше азота, 4—5%, но гумусъ сухихъ пустынныхъ мѣстностей Америки содержитъ втрое и больше азота, хотя содержаніе всего гумуса въ нихъ меньше. Въ этомъ видѣ гумусъ содержитъ азота больше, чѣмъ бѣлковыя вещества (ibid. 69). Очевидно, этомъ азотъ не можетъ уже принадлежать и грибамъ, а между тѣмъ находится въ органическомъ соединеніи, такъ какъ заключается въ осадкѣ гуминоваго экстракта.

Но если азотъ и въ такомъ громадномъ количествѣ все-таки есть часть самого гумуса, и прочность связи его прямо слѣдуетъ изъ прочности связи въ живомъ растеніи, то нѣтъ никакой надобности вводить для объясненія еще вліянія микробовъ, вліяніе настолько ультра-біологическое, что приходится гумусъ считать не за гумусъ, а за массу исключительно живыхъ существъ, быстро смѣняющихся поколѣніе за поколѣніемъ, но тѣмъ не менѣе невидимыхъ и подъ микроскопомъ.

Прочность связи азота и минеральныхъ элементовъ съ остальнымъ веществомъ гумуса понятна изъ самаго происхожденія и имѣетъ за собою нѣкоторыя аналитическія доказательства (Бертло); гипотетическіе грибы и микробы ничего новаго въ эту связь не вносятъ, и роль ихъ поэтому можетъ быть оставлена въ очень небольшихъ предѣлахъ, которые ближе пока и неопредѣлены.

О противорѣчіи этого новаго воззрѣнія пр. Костычева съ тѣмъ, которое было высказано имъ въ 1881 году (см. стр. 38), имъ упомянуто не было, но самый переходъ отъ одной точки зрѣнія къ другой, совершившійся подъ вліяніемъ накопившихся наблюденій и новыхъ исходныхъ пунктовъ, можетъ служить характернымъ примѣромъ общаго развитія вопроса о гумусѣ.

АГРОНОМИЧЕСКІЙ КРУЖОКЪ

ГЛАВА III

Матеріаломъ для образованія минералоорганическихъ соединеній почвы признаются всякіе органическіе остатки, попадающіе на поверхность почвы и въ самую почву; растительные остатки настолько преобладаютъ въ этой массѣ, что могутъ быть признаны почти исключительнымъ матеріаломъ, изъ котораго получается гумусъ. Это общее положеніе, можно считать, пользуется достаточнымъ признаніемъ, но оно ведетъ за собою другой вопросъ, участвуютъ ли въ образованіи гумуса всѣ органическіе остатки безразлично, или только нѣкоторые, или только нѣкоторыя составныя части извѣстнаго характера, а другія не участвуютъ вовсе, или въ меньшей степени.

Растительные остатки разнаго происхожденія, какъ предполагалось еще Тэеромъ, Шумахеромъ и Шюблеромъ, даютъ начало гумусу различныхъ свойствъ. Такъ Шюблеръ отличалъ гумусъ—углеобразный, кислый, нѣжный или сладкій, смолевидный, воскообразный и ѣдкій; эти различія остаются очень поверхностными и суммарными до сихъ поръ, и зависятъ отъ примѣсей характерныхъ для каждаго отмѣченнаго вида. Каждый имѣетъ свое вѣроятное происхожденіе или отъ остатковъ хвои, или отъ вереска, торфа и т. п. Мульдеръ (l. c. 13) старается уже ближе показать, изъ какихъ именно составныхъ частей растенія образуется гумусъ, понимая въ данномъ случаѣ органическое вещество извлекаемое щелочью. Нѣкоторыя растительныя вещества, говоритъ онъ, сразу почти распадаются на углекислоту и воду, такъ повидимому—жиры, растительныя кислоты; эфирныя масла обращаются въ смолы, а смолы медленно окисляются до углекислоты и воды. Объ алкалоидахъ ничего опредѣленнаго неизвѣстно. Такъ называемыя индифферентныя вещества, составляющія главную массу, распадаются чаще всего, до перехода въ углекислоту и

воду, на бурныя и черныя составныя части и способны долго оставаться въ этомъ состояніи. Такимъ образомъ Мульдеръ ограничилъ матеріалъ для гумуса одними такъ называемыми индифферентными веществами, въ число которыхъ входитъ клѣтчатка, инкрустирующія вещества, гумми, крахмалъ и сахаръ. Тоже относится и къ бѣлковымъ веществамъ, которыя въ лабораторіи могутъ дать бурое вещество, а въ почвѣ при медленномъ ихъ окисленіи тоже не можетъ быть иначе.

Подобнымъ же образомъ смотрѣлъ на происхожденіе гумуса и Либихъ, хотя въ одномъ мѣстѣ своей Agriculturchemie считаетъ гумусъ образующимся вообще изъ древесины, а въ другомъ только изъ клѣтчатки.

В. Кнопъ (Lehrbuch) признавалъ происхожденіе гумуса главнымъ образомъ изъ углеводовъ, оболочекъ клѣтокъ, тогда какъ бѣлковыя вещества не участвуютъ, разлагаясь гораздо скорѣе. Изъ древесины въ широкомъ смыслѣ слова выводилъ гумусъ и Зенфтъ, объясняя весь процессъ гумификаціи лишь дѣйствіемъ химическихъ факторовъ въ очень сложной, хотя съ настоящей точки зрѣнія и мало вѣроятной картинѣ разложенія растительныхъ остатковъ.

Такое рѣшеніе вопроса оставалось общепризнаннымъ надолго, будучи поддерживаемо мало изслѣдованными примѣрами образованія гумуса изъ растительности торфяниковъ и примѣрами разложенія растительнаго вещества на воздухѣ съ образованіемъ темноцвѣтныхъ продуктовъ.

Теперь, съ накопленіемъ свѣдѣній нѣсколько болѣе опредѣленныхъ о процессѣ окисленія органическаго вещества, общее представленіе о гумификаціи стало недостаточнымъ, и потребовалось разсмотрѣть весь процессъ разложенія болѣе детально. Когда были найдены живые дѣятели разложенія, то явилась задача узнать, какъ распредѣляется между ними общая работа медленнаго окисленія гумусообразователей. Хотя трудами бактеріологіи этотъ процессъ все еще не освѣщенъ въ достаточной степени, но есть уже такіе факты, которые заставляютъ внести измѣненія въ прежнюю общую формулировку представленія о гумификаціи.

Многое сдѣлано въ этомъ отношеніи изслѣдованіемъ Гоппе-Зейлера (Zeitschr. f. physiol. Chemie 1889). Первый признакъ гумификаціи состоитъ въ потемнѣніи вещества, хотя бы оно и не было связано непремѣнно съ разложеніемъ его, а только съ окисле-

ніемъ. Такъ какъ только растенія и притомъ всѣ растенія быстро темнѣютъ при отмираніи, то въ ихъ составѣ одинаково должно быть вещество, способное темнѣть на воздухѣ подъ вліяніемъ прямаго окисленія. Такими веществами могутъ быть только клѣтчатка и инкрустирующія части. Клѣтчатка, какъ показали опыты самаго Гоппе-Зейлера, Попова и за послѣднее время Омельянскаго (C. R. 121, p. 653), способна бродить и даетъ при этомъ только газообразные продукты. Отсюда слѣдуетъ, что въ качествѣ гумусообразователя остаются лишь инкрустирующія вещества. Эти вещества, извлекаемыя изъ растеній спиртомъ, водой и осѣдающія при кипяченіи и при прилитіи въ настои небольшихъ количествъ кислоты, оказались по анализамъ автора аналогичными по составу съ гуминовымъ веществомъ. На основаніи своихъ опытовъ и соображеній, Гоппе Зейлеръ такъ описываетъ процессъ гумификаціи: „Въ то время какъ главная составная часть скелета растенія, клѣтчатка, вещество твердое и малоизмѣняемое на воздухѣ, совершенно разлагается на газообразные продукты и исчезаетъ во влажной почвѣ и въ водѣ, образуется при отмираніи растеній рядъ веществъ изъ разныхъ составныхъ частей клѣтокъ, сосудовъ и постѣнныхъ утолщеній; эти вещества, измѣняясь и давая соединенія разнаго характера, обладаютъ однако такой чрезвычайной прочностью, что ихъ можно признать неразрушимыми при условіяхъ ихъ существованія на земной поверхности, въ почвѣ и въ илу. Ихъ можно поставить въ рядъ съ самыми прочными минералами“ (s. 117—118).

Свое утвержденіе Гоппе Зейлеръ подчеркиваетъ еще нѣсколько разъ и дальше, напр.,—„ни одно растеніе, ни одно животное не въ состояніи питаться ими, и ни одинъ микробъ не можетъ вызвать ихъ разложенія“ (s. 118) и еще далѣе: „стеариновая и пальмитиновая кислоты неспособны разлагаться путемъ броженія, такъ же какъ и гуминовыя соединенія“. Этимъ качествомъ авторъ объясняетъ и извѣстные факты дезинфектирующаго дѣйствія торфа, и сохраненіе въ торфѣ нѣжныхъ формъ водорослей, замѣченное Фрю (119) и т. п. Это свойство онъ приписываетъ выщелачиваемымъ флобафенамъ, которые и при жизни растенія исполняютъ защитную роль, а по отмираніи растенія постепенно переходятъ въ гуминовыя соединенія безъ опредѣленныхъ границъ (121).

Дегеренъ, на основаніи тождества черной почвенной вытяжки съ экстрактомъ навоза, происхожденіе котораго достаточно извѣстно, дѣлаетъ заключеніе, что гумусовыя вещества почвы происходятъ изъ васкулозъ, открытыхъ и изученныхъ Фреми; „дегидратизованная васкулоза, соединенная съ бѣлковыми веществами соломы и другихъ тканей, составляетъ смѣсь, носящую названіе гумуса“. (Ch. agr. 242).

По описанію, данному Фреми, (Encycl. chim. IX, 2 S., 1 fasc. p. 7) васкулоза, растворимая въ щелочахъ, подверженная дѣйствію различныхъ окислителей и обращающаяся отъ дѣйствія ѣдкаго кали въ гуминовую кислоту, въ связи съ ея близкимъ къ послѣдней составомъ, аналогична тѣмъ красподубильнымъ веществамъ и флобафенамъ, которые принимаетъ за гумусообразователей Гоппе Зейлеръ.

Такимъ образомъ, на основаніи согласныхъ показаній обоихъ независимыхъ авторовъ, можно считать ближайшее происхожденіе гумуса въ общихъ чертахъ установленнымъ. Неопредѣленность состава гумуса вполнѣ объясняется его происхожденіемъ и должна быть признана, вопреки утвержденіемъ Мульдера и Детмера объ однородности отдѣльныхъ типовъ гуминовыхъ соединеній; Мульдеръ даже высказалъ предположеніе, что за терминомъ: „неопредѣленный составъ гумуса“ скрывается только невѣжество. Послѣ Гоппе Зейлера мы не знаемъ пока другихъ работъ, которыя повели бы дальнѣйшую разработку вопроса о процессахъ происхожденія гумуса, и всѣ относящіяся сюда детали остаются невыясненными.

Въ 1896 году Стефанъ Бенни (Z. f. Naturw. B. 69) хотѣлъ причислить къ гумусообразователямъ и прочіе углеводы (кромѣ клѣтчатки), на основаніи предложеннаго имъ метода окисленія ихъ лабораторнымъ путемъ съ помощью хамелеона; бурый осадокъ, образующійся въ растворѣ сахара отъ дѣйствія хамелеона, онъ принялъ за гумусовое соединеніе и даже привелъ примѣръ его состава, но тщательная провѣрка способа Толленсомъ и Фейлитценомъ (B. d. d. chem. Ges. 1897, 3) показали совсѣмъ противоположное; бурый осадокъ былъ вполнѣ минеральнаго состава, содержа только калій и окислы марганца. По внѣшнему виду этотъ бурый осадокъ, который получается легко, очень похожъ на гуминовое соединеніе, но простымъ прокаливаніемъ можно убѣдиться въ его природѣ.

Оставляя въ сторонѣ эту часть работы Бенни, нельзя допустить участія углеводовъ въ гумусообразованіи на основаніи всего извѣстнаго до сихъ поръ по бактеріологіи почвы; углеводы и сахаристыя вещества легко подвергаются броженію и будутъ уничтожены бактеріями и грибами, какъ только попадутъ въ почву.

Г. Снайдеръ, упомянутый нами ранѣе, въ свои изслѣдованія ввелъ то новое, что сталъ работать не съ тѣми неопредѣленными и не извѣстнаго происхожденія образцами гумуса, какіе получаются изъ почвы, а съ образцами вполнѣ опредѣленнаго происхожденія. Ради полученія таковыхъ, онъ заставлялъ разныя вещества (сахаръ, коровій пометъ, зеленый клеверъ, мясную муку, пшеничную муку, опилки и овсяную солому) разлагаться въ почвѣ впродолженіи достаточно долгаго времени. Гуминовыя соединенія извлекались изъ смѣсей обыкновеннымъ способомъ. Органическій анализъ осадковъ изъ полученныхъ вытяжекъ далъ цифры различныя, смотря по взятому матеріалу; азотъ содержался въ количествѣ, смотря по взятому матеріалу, отъ 0 до 9%. Анализъ золы гумуса тоже показалъ присутствіе всѣхъ обыкновенно находимыхъ въ ней элементовъ. Содержаніе углерода и азота въ разныхъ образцахъ разнилось взаимно, но въ такихъ предѣлахъ, какіе встрѣчаются и для образцовъ почвеннаго гумуса. Степень гумификаціи разныхъ смѣсей оказалась неодинаковою, такъ что и выводы автора относительно вліянія разныхъ примѣсей на почву остаются сомнительными.

По предмету настоящей главы необходимо только замѣтить относительно метода Снайдера, что примѣненіе долговременной искуственной гумификаціи опредѣленныхъ матеріаловъ, взятыхъ не въ такихъ большихъ массахъ по отношенію къ почвѣ, какъ бралъ ихъ авторъ, должно дать несравненно болѣе детальныхъ свѣдѣній о составѣ гумуса въ связи съ составомъ гумусообразователя, чѣмъ мы имѣемъ по настоящее время. Теоретическія основанія, указанныя Гопне Зейлеромъ, должны найти на этомъ пути свои подтвержденія и дальнѣйшее развитіе.

Русскіе изслѣдователи, имѣвшіе всегда передъ собою такой богатый матеріалъ для изслѣдованія, какъ черноземныя почвы, тоже интересовались вопросами о происхожденіи, свойствахъ и значеніи гумуса. Интересъ этотъ замѣтно растетъ, послѣ того какъ отдана была долговременная дань минеральной теоріи. Этотъ

интересъ однако касался болѣе общихъ вопросовъ, рѣдко спускаясь до болѣе детальныхъ наблюденій и явленій. У насъ происхожденіе черноземнаго перегноя приписывалось и древесной растительности, и болотной, осажденной вмѣстѣ съ перемѣшаннымъ иломъ, и наконецъ сухопутной травяной. По мѣрѣ выясненія преимущественной, если не исключительной роли послѣдней, вопросъ нѣсколько съузился, появился извѣстный болѣе детальный вопросъ о значеніи надземныхъ и подземныхъ частей растенія въ процессѣ гумусообразованія, но ближайшее химическое изученіе происхожденія гумуса оставалось неначатымъ, скорѣе всего по той причинѣ, что о первоначальномъ матеріалѣ—гумусообразователѣ споръ оставался нерѣшеннымъ.

Съ морфологическаго направленія на химическое вопросъ о происхожденіи черноземнаго перегноя былъ переведенъ наблюденіями и элементарными опытами съ водными вытяжками растительныхъ веществъ пр. Леваковскаго. (Труды Общ-ва Испыт. прир. при Харьк. Унив. XXII). Его примѣромъ указана необходимость ближайшаго изученія того процесса, которому растительное вещество подвергается и ранѣе гумификаціи, и за все время ея, именно—*процесса выщелачиванія.*

Въ водныхъ вытяжкахъ растеній, подобныхъ тѣмъ, которыми позднѣе занялся Гоппе—Зейлеръ, Леваковскій видѣлъ настоящихъ гумусообразователей, что и доказывалъ своими наблюденіями надъ взаимодѣйствіемъ этихъ вытяжекъ и минеральныхъ солей, какъ отдѣльно, такъ и въ почвѣ. Ближайшему изслѣдованію эти вытяжки онъ не подвергалъ, и главная цѣль его работъ заключалась въ выясненіи процесса проникновенія гумуса въ почву. Намъ придется подробнѣе излагать его мнѣнія въ слѣдующей главѣ, а здѣсь важно отмѣтить, что его мнѣнія вполнѣ дополняются мнѣніемъ Гоппе—Зейлера. Леваковскій имѣлъ въ виду участь продуктовъ выщелачиванія, не касаясь ближе ихъ состава, а Гоппе—Зейлеръ далъ важныя данныя объ ихъ составѣ, не касаясь ихъ поступленія въ почву. Оба пришли къ одному выводу, что эти продукты выщелачиванія и являются по преимуществу гумусообразователями, и по органическому составу (Гоппе Зейлеръ), и по отношенію къ почвѣ (Леваковскій).

Въ связи съ этимъ выводомъ, для насъ представляетъ интересъ вопросъ о томъ, какое соотношеніе существуетъ между зо-

лой продуктовъ выщелачиванія и золой черной гумусовой вытяжки. Съ этой цѣлью, въ поискахъ за возможнымъ сходствомъ состава золы, были сдѣланы нѣсколько анализовъ, матеріаломъ для которыхъ послужили водныя вытяжки сѣна и соломы на разныхъ стадіяхъ разложенія.

Для свѣжихъ вытяжекъ вещество наливалось водою на опредѣленное время, а для вытяжекъ изъ разлагающагося матеріала сначала послѣдній помѣщался во влажную камеру въ сыромъ видѣ на продолжительный срокъ; когда масса значительно потемнѣетъ и прорастетъ плѣсневыми, а иногда и другаго вида, грибами, то ее размѣшивали съ водой и отжимали; полученная жидкость фильтровалась сквозь стеклянную вату. Если жидкость подлежала анализу вся цѣликомъ, то ее сгущали выпариваніемъ и высушивали; если-же анализу подлежали отдѣльно — осадокъ, получаемый отъ прибавленія соляной кислоты, и остающееся въ растворѣ вещество, то послѣ осажденія раздѣляли обѣ части на пористомъ фильтрѣ.

Не входя здѣсь въ ближайшее разсмотрѣніе условій выщелачиванія, о чемъ будетъ рѣчь въ слѣдующей главѣ, можно сказать, что на одинъ литръ вытяжки со ста граммовъ воздушно сухаго матеріала получалось около 2—4 граммовъ сухаго вещества. При подкисленіи раствора часть выпадала клочковатымъ осадкомъ.

Сравнительное распредѣленіе вещества вытяжекъ между осадкомъ и растворомъ видно изъ слѣдующихъ цифръ:

	Въ 1 литрѣ вытяжки сухаго вещества		въ осадкѣ	въ растворѣ	
	въ гр.	въ гр.	въ % %	въ гр.	въ % %
150 гр. сѣна	3.9402	0.4830	12.3	3.4572	87.7
150 гр. соломы	2.0276	0.2324	11.4	1.7952	88.6
50 гр. долго разлагавш. сѣна	3.4486	0.8134	23.6	2.6352	76.4
50 гр. долго разлаг. корней	5.0133	1.3906	27.7	3.6227	72.3
50 гр. еще дольше разлаг. сѣна	2.2976	1.2286	53.5	1.0690	46.5

Для сравненія съ полученными здѣсь цифрами содержанія сухаго вещества (во всей вытяжкѣ) намъ извѣстно лишь показаніе Ис. Пьера (Comptes rendus 1857) о такъ называемомъ сѣнномъ чаѣ. Онъ получалъ горячей вытяжкой, соединенной съ прессованіемъ послѣ каждаго наливанія, до 16%, а холодной водой 16.6% су-

хаго вещества отъ взятаго матеріала. Количество полученной вытяжки однако не указано. Сестини (Bied. C. Blatt, 10) приводитъ составъ воды, получаемой при мацераціи конопли, при чемъ на 1 литръ приходится сухаго вещества 3,855 грамма.

Какъ можно судить по нашимъ цифрамъ, вещество вытяжки остается преимущественно въ растворѣ. Изъ сравненія цифръ для свѣжаго и разлагающагося матеріала, по приведеніи къ одному количеству матеріала, какъ показано въ слѣдующей таблицѣ видимъ:

50 гр. сѣна дали всего	1.3134,	въ осадкѣ	0.1610
50 гр. соломы „ „	0.6759	„	0.0775
50 гр. долго разлаг. сѣна	3.4486	„	0.8134
50 гр. долго разлаг. корней	5.0133	„	1.3906
50 гр. еще дольше р. сѣна	2.2976	„	1.2286

Находимъ, что по мѣрѣ разложенія густота вытяжки возрастаетъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ обсолютно и относительно возрастаетъ количество осаждаемое соляной кислотой. Нѣкоторое отступленіе въ послѣдней цифрѣ, относящейся къ долго разлагавшемуся сѣну, можно объяснить свободно тѣмъ, что разлагалась часть вещества вытяжки, и при томъ—повидимому—та, которая остается обыкновенно въ растворѣ, потому что вещество осадка оказывается возрастающимъ обсолютно въ значительной степени. Корневая вытяжка оказывается обсолютно богаче всѣхъ, равно какъ и осадокъ ея. Этотъ фактъ наводитъ на мысль о большемъ богатствѣ корневыхъ тканей выщелачиваемымъ веществомъ (флобафенами по Гоппе-Зейлеру), въ связи съ большой потребностью корней въ защитѣ отъ разложенія и при жизни изъ (см. выше указанную ссылку Гоппе Зейлера на Глазиветца).

Сожиганіемъ полученныхъ продуктовъ опредѣлялась ихъ зола. При небольшихъ количествахъ можно было примѣнить только сожиганіе, а не другіе болѣе совершенные методы окисленія, тѣмъ болѣе что по той же причинѣ могли имѣть въ виду опредѣленіе лишь нѣкоторыхъ составныхъ частей золы, которыя не пропадаютъ при выжиганіи.

Какъ видно изъ таблички, зольныя части распредѣляются между осадкомъ и растворомъ тоже неравномѣрно.

	Все вещ-во вытяжки.		Осадокъ.		Растворъ.	
	въ гр.	%%	въ гр.	%%	въ гр.	%%
Сѣно	0.4490	19.6	0.0900	7.3	0.3580	33.5 (продол. разл.).
	0.4670	13.5	0.0715	8.8	0.3950	15.0 (продол. разл.).
Корни	0.4405	8.8	0.0840	6.0	0.3560	9.8 (продол. разл.).
Сѣно	1.3944	35.4	0.0088	1.8	1.3856	40.0 (свѣжее).
Солома	0.6570	32.4	слѣды		0.6570	36.6 (свѣжая).
Сѣно	—	—	0.0370	3.7	—	—
Сѣно	—	—	0.0450	4.3	—	—

Изъ этихъ показаній видно, что вытяжки изъ свѣжаго матеріала даютъ большее относительное содержаніе золы для всей вытяжки и для растворимой части, а осадокъ отличается бѣдностью золой. Вытяжка разлагающагося сѣна даетъ осадки съ большимъ % золы. При далеко подвинувшемся разложеніи, когда вытяжка принимаетъ темно бурую окраску, осадокъ становится еще богаче золой. Относительно вытяжки корней интересно отмѣтить общую бѣдность золой и болѣе ровное распредѣленіе послѣдней между осадкомъ и растворомъ. Для нѣкотораго представленія о составѣ золы мы имѣемъ нѣсколько цифръ, причемъ для свѣжихъ вытяжекъ мы не могли анализировать золы осадка отдѣльно, вслѣдствіе его незначительнаго количества.

	Кремн. к.		Осадокъ отъ амм.		Фосф. к.		Известь.		Магнезія.		Хлорист. щелочи.	
	Раств.	Осад.	Раств.	Осад.	Раств.	Осад.	Раств.	Осад.	Раств.	Осад.	Раств.	Осад.
Свѣжее сѣно	3.5	—	12.7	—	17.5	—	8.5	—	7.3	—	50.3	—
Свѣж. солома	0.6	—	28.3	—	2.1	—	1.2	—	2.1	—	60.0	—
Разлаг. сѣно	16.9	40.7	10.9	28.0	13.0	27.0	13.8	—	5.6	6.4	33.8	—0—
Долго разл. сѣно . .	14.4	19.0	19.4	8.4	16.5	30.6	—	—	—	—	—	—
Долго разл. корни . .	22.8	88.5	28.3	10.8	15.5	слѣды	—	—	—	—	34.3	—0—

Къ этимъ показаніямъ надо добавить, что въ составъ осадка отъ амміака входили лишь алюминій и фосфорная кислота. *Жемчуга въ составѣ веществъ вытяжекъ совсѣмъ не было.* Изъ данныхъ нашей нешироко таблички видно, что щелочи присутствуютъ только въ золѣ растворимаго вещества, кремневая и фос-

форная кислоты оказались больше въ осадкахъ, известь въ растворѣ

Признавая вмѣстѣ съ Гоппе-Зейлеромъ и Леваковскимъ указанныя вещества за настоящихъ гумусообразователей въ тѣсномъ смыслѣ слова, естественно сопоставить эти цифры съ цифрами состава золы черныхъ вытяжекъ почвы. Качественная разница въ составѣ осадковъ заключается только въ желѣзѣ чернаго вещества, которое упорно остается въ осадкѣ при послѣдовательныхъ отщепленіяхъ растворимаго вещества. Въ количественномъ отношеніи есть сходство золы осадковъ въ видѣ преобладанія кремневой кислоты.

Въ виду того, что при окончательномъ превращеніи гумусообразователей въ гумусъ путемъ дальнѣйшаго окисленія на воздухѣ мыслимы нѣкоторыя измѣненія въ содержаніи и въ составѣ его золы, то большаго сходства въ этихъ отношеніяхъ, между гумусомъ и гумусообразователемъ, мы врядъ ли вправѣ и ожидать. Во всякомъ случаѣ болѣе чѣмъ вѣроятно, что зола гумуса (кромѣ желѣза) является дѣйствительно остаткомъ золы растенія и гумусообразователя; не менѣе вѣроятно и то (съ подставленіемъ между растеніемъ и гумусомъ бураго осадка вытяжки, какъ новаго missing link'a), что элементы золы находятся и въ гумусѣ въ подобной же органической связи съ органогенами, какая существуетъ въ живомъ растеніи и въ гумусообразователѣ. Неустойчивыя количественныя соотношенія состава золы не затемняютъ этого общаго вывода, въ виду общей измѣнчивости ея состава какъ въ гумусѣ, такъ и въ гумусообразователяхъ.

Разница состава, заключающаяся въ присутствіи желѣза въ въ гумусѣ, можетъ быть объяснена только присоединеніемъ его извнѣ, изъ почвы, что не противорѣчитъ существующимъ взглядамъ и даже прямо подходитъ къ предположенію Густавсона.

Признавая, что болѣе многочисленныя цифры, относящіяся къ болѣе разнообразному матеріалу, были-бы болѣе убѣдительны, мы считаемъ, что относительно происхожденія гумуса наши цифры подтверждаютъ съ точки зрѣнія минеральнаго состава золы вытяжки тѣ положенія, которыя высказаны Гоппе-Зейлеромъ на основаніи органическаго состава подобныхъ вытяжекъ.

КІЕВСКАГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКАГО ИНСТ. ИМПЕР. АЛЕК. II
АГРОНОМИЧЕСКІЙ КРУЖОКЪ

ГЛАВА IV.

Вопросъ о способѣ проникновенія органическихъ веществъ въ почву возникъ у русскихъ изслѣдователей, въ зависимости отъ того объекта изслѣдованія, надъ которымъ они большею частію работали по изученію гумуса, именно чернозема. Мощность черноземныхъ почвъ прежде всего возбуждаетъ вопросъ о томъ, какимъ образомъ органическое вещество примѣшалось къ материнской породѣ. Западно европейскіе авторы проходили мимо этого вопроса, потому что въ томъ небольшомъ слоѣ, который отличается темнымъ оттѣнкомъ въ обыкновенныхъ почвахъ, и при небольшомъ вообще содержаніи въ нихъ гумуса, (за исключеніемъ отдѣльныхъ острововъ) вездѣ можно было признать, что такое небольшое количество органическаго вещества можетъ примѣшаться къ почвѣ въ результатѣ совокупнаго дѣйствія очень разнообразныхъ причинъ: и прямымъ смѣшеніемъ размельченныхъ частицъ, и работой насѣкомыхъ, и работой червей, просачиваніемъ, намываніемъ, обработкой и т. п. Всѣ живые и неживые факторы, дѣйствующіе на поверхности почвы и до небольшой глубины, помогаютъ проникновенію и распредѣленію органическаго вещества среди минеральнаго.

Въ частномъ случаѣ, по отношенію къ черноземнымъ образованіямъ значительной мощности, вопросъ о проникновеніи органическаго вещества вглубь выросъ до размѣровъ вопроса спеціальнаго, стоящаго въ связи съ происхожденіемъ самого чернозема. Признавая, что матеріаломъ послужили органическіе остатки растительнаго происхожденія, потребовалось ближайшее выясненіе роли надземныхъ и подземныхъ частей растеній, путей проникновенія на большую глубину и т. п. Что эти детальные вопросы вызываются именно созерцаніемъ черноземныхъ образованій значительной мощности, видно изъ того, что Германъ (l. c.), заняв-

шись русскимъ черноземомъ, тоже обратилъ вниманіе на его особенности. „Надо замѣтить,—говоритъ онъ—„особенное отношеніе перегноя къ основной породѣ, трудность лежитъ въ уясненіи тѣснѣйшей смѣси органическихъ остатковъ и происшедшихъ изъ нихъ продуктовъ съ пескомъ, глиной, мергелемъ". Образовался черноземъ—по его мнѣнію—и отъ надземныхъ частей растеній, и отъ корней.

Проф. Борисякъ указывалъ, что „общенародное, издавна существующее у насъ мнѣніе о происхожденіи этого вещества (перегноя), производитъ его отъ сгниванія растеній при содѣйствіи атмосферныхъ вліяній и отъ *замышиванія* образовавшагося перегноя съ рыхлыми суглинками почвы". (О черноземѣ, Отч. о сост. Имп. Х. Ун. 1851—52 г. стр. 42—43). Самъ пр. Борисякъ, считая черноземъ болотнымъ образованіемъ, полагаетъ, что „равномѣрное замѣшиваніе частицъ его составляющихъ, отдѣленіе его отъ грубыхъ галекъ, могло произойти только при помощи воды" (48). Вода, такимъ образомъ, должна была играть большую механическую роль, помогая отложенію ровнаго чернаго ила, подобнаго болотному.

Если перемѣшиваніе могло быть, по этому предположенію, только механическое, то Борисякъ, повидимому, считалъ гумусъ состоящимъ изъ мелкихъ нерастворимыхъ частицъ, которыя другимъ путемъ тѣсно перемѣшаться съ почвою не могли, напр. хотя бы просачиваніемъ.

Рупрехтъ въ своемъ извѣстномъ сочиненіи о черноземѣ считалъ, что перегной просачивается въ почву съ дождемъ и тающимъ снѣгомъ (с. 7) и, смотря по количеству, обусловливаетъ болѣе или менѣе темный цвѣтъ ея. Онъ не останавливается на дальнѣйшемъ разборѣ вопроса, въ какомъ именно видѣ просачивается перегной, въ видѣ-ли взмученныхъ твердыхъ частицъ или въ видѣ раствора, или подъ обоими видами. Объ участіи въ образованіи чернозема надземныхъ и подземныхъ частей отдѣльно Рупрехтъ не упоминаетъ. Нельзя предположить, что бы онъ совсѣмъ отрицалъ значеніе растительнаго вещества, уже *находящагося въ почвѣ*, и приписывалъ все значеніе только такому, которое просачивается съ поверхности. Скорѣе всего то, что онъ считалъ участіе корней понятнымъ какъ само по себѣ, но недостигающимъ значительныхъ размѣровъ. Только для случая образованія чернозема на мало проницаемой породѣ онъ признаетъ роль расти-

тельныхъ корней исключительной. Относительно такого различія пр. Докучаевъ замѣчаетъ, что въ немъ нѣтъ никакой необходимости: оба процесса должны идти параллельно, на любой породѣ—и проникновеніе гумуса съ поверхности, и образованіе на счетъ гніющихъ корней (Черноземъ, с. 307). Далѣе пр. Докучаевъ расчленяетъ и самый способъ проникновенія гумуса на три случая, какъ возможные: 1. проникновеніе несгнившихъ растительныхъ частей черезъ разныя трещины и поры; 2. просачиваніе очень мелкихъ *уже обуглившихся* частицъ черезъ поры почвы, и 3. просачиваніе растворовъ *двойныхъ гуминово кислыхъ соединеній* (ibid. 307). Первый случай—явленіе болѣе обычное, а относительно двухъ послѣднихъ существуетъ спеціальная работа г. Баракова, которую пр. Докучаевъ считалъ вполнѣ доказательной.

Хотя работу г. Баракова хронологически слѣдовало бы разсматривать послѣ другихъ, но ради непосредственной связи съ предыдущимъ изложеніемъ мѣсто ея непосредственно послѣ ссылки на нее пр. Докучаева. Опыты относятся къ просачиванію сквозь искуственныя смѣси песка съ каолиномъ черной вытяжки изъ почвы и отмученныхъ почвенныхъ частицъ изъ чернозема (Мат. по изученію русск. почвъ, вып. 2). Смѣси песка съ каолиномъ были взяты въ разной пропорціи, такъ что составилось нѣсколько рядовъ опытовъ. Въ каждомъ рядѣ была еще взята смѣсь съ прибавленіемъ углекислой извести. Результаты показали, что какъ черная вытяжка, такъ и взмученныя частицы проникаютъ въ смѣси взятыхъ сыпучихъ веществъ до разной глубины, зависящей отъ относительной пропорціи каолина и песку. Прониканіе идетъ сначала быстрое, а потомъ медленнѣе, въ верхнихъ слояхъ задерживается вещества больше, чѣмъ въ нижележащихъ. Случайно образовавшіяся трещины отъ набуханія неравномѣрнаго смѣсей не производили замѣтнаго затемняющаго вліянія на полученные результаты. Всѣ эти явленія понятны изъ состава смѣсей и объясняются какъ набуханіемъ частицъ каолина и уменьшеніемъ діаметра капиллярныхъ ходовъ, такъ и постепеннымъ заплываніемъ послѣднихъ отъ внѣдренія мельчайшихъ иловатыхъ примѣсей черной вытяжки. Тоже относится и ко второй серіи опытовъ надъ просачиваніемъ мутной жидкости. Въ частномъ случаѣ задерживающаго вліянія примѣси углекислой извести послѣднее объясняется образованіемъ нерастворимой соли съ гуминовой кислотой вытяжки и выпаденіемъ образующагося осадка. Всѣ эти наблюденія физическаго

явленія вполнѣ понятны и приложимы къ условіямъ просачиванія въ почву, какъ въ порошкообразное вещество, *любой жидкости*, но нельзя считать, что весь вопросъ о распредѣленіи гумуса въ почвѣ путемъ просачиванія затрогивается наблюденіями г. Баракова.

Для полнаго представленія о распредѣленіи гумуса въ почвѣ недостаточно знать, какъ просачивается та или другая жидкость, это—явленіе болѣе чѣмъ обыкновенное, но важно знать, *что именно* просачивается, въ результатѣ какого процесса получается проникновеніе почвы органическимъ веществомъ на большую глубину? Для этого рядомъ съ наблюденіемъ физической стороны явленіе надо выяснить и химическую его сторону, выяснить ее притомъ не на искуственномъ растворѣ, а на такомъ, какой дѣйствительно просачивается въ почву при естественныхъ условіяхъ разложенія растительныхъ остатковъ.

Г. Бараковъ пропускалъ черную почвенную вытяжку, несомнѣнно съ примѣсью иловатыхъ частицъ, для демонстраціи опредѣленнаго положенія. Признавать этотъ демонстративный опытъ близкимъ къ дѣйствительности нѣтъ однако основаній, потому что черная почвенная вытяжка можетъ быть получена изъ почвы, но что бы она поступала въ почву—нельзя считать заурядным явленіемъ. Для демонстраціи физическаго явленія не менѣе доказательно было бы наблюденіе надъ просачиваніемъ чернаго кофейнаго настоя въ порошкообразную смѣсь. Такимъ образомъ, вопросъ о просачиваніи органическаго вещества въ почву остается въ своей наиболѣе существенной части неразрѣшеннымъ, и главной причиной сего надо считать то распространенное, a-priori принятое мнѣніе, что будто бы продуктъ разложенія растительныхъ остатковъ, подлежащій просачиванію въ почву, есть *именно растворъ чернаго вещества Грандо*, получаемый обычнымъ способомъ.

Раньше указано, что углекислая известь въ опытахъ Баракова связывала гуминовую кислоту раствора; ранѣе, въ 1879 г., г. Заломановъ (Труды Имп. В. Эк. Общ-ва 1879, Т. I, вып. I) отмѣтилъ еще возможность образованія нерастворимыхъ соединеній изъ гуминоваго раствора и солей глинозема въ почвѣ, причемъ долженъ образоваться особаго рода нерастворимый, блестящій „лакъ“, съ сильной красящей способностью. Значеніе же извести въ образованіи нерастворимыхъ гуминовыхъ соединеній и закрѣп-

ленiи этимъ путемъ гумуса въ почвѣ Заломановъ отрицаетъ, указывая на то, что эти соединенiя должны быстро разрушаться, и известъ такимъ образомъ оказываетъ совсѣмъ противоположное вліяніе.

Наблюденіе г. Заломанова о значенiи глинозема и образованiи „лака“ очень близко напоминаютъ мнѣнiя Шеврейля, признававшаго существованіе въ почвѣ естественнаго лака (Comptes rendus 1857 p. 887).

Наблюденіями Баракова и Заломанова исчерпываются указанiя на химическую сторону распредѣленiя гумуса въ почвѣ.

Пр. Костычевъ, посвятившій много вниманiя вопросу о проникновенiи гумуса въ почву, первый ввелъ въ разсмотрѣніе его и біологическую точку зрѣнiя, которая навела его на рядъ новыхъ положенiй. Къ положеніямъ пр. Докучаева и Баракова онъ отнесся отрицательно, не признавая возможности значительнаго просачиванiя органическаго вещества съ поверхности почвы вглубь. Ради ближайшаго выясненiя вопроса онъ—первый подробнѣе останавливается на разсмотрѣнiи первоначальнаго матеріала, гумусообразователей, и тѣхъ продуктовъ, которые могутъ подлежать просачиванію. „Органическiя вещества, образующіяся при гніеніи и составляющія гумусъ или перегной, состоятъ изъ трехъ разрядовъ веществъ: 1-изъ веществъ растворимыхъ въ водѣ, 2-изъ веществъ растворимыхъ въ щелочахъ и 3-изъ веществъ нерастворимыхъ“ (Почвы черноз. обл. Россіи с. 133). *Первыхъ въ каждомъ перегнойномъ веществѣ слишкомъ мало* по мнѣнію автора, и притомъ они пройдутъ до неопредѣленной глубины безъ задержки. Растворимыя въ щелочахъ могли бы просачиваться, но для этого они должны прежде перейти въ растворъ, для чего не хватаетъ амміака; просачиваніе нерастворимыхъ частицъ въ видѣ мути совсѣмъ невозможно, потому что муть свертывается въ присутствіи слабаго раствора солей и закупориваетъ пути проникновенiя. Микроскопическiя трещины и отверстія почвы, по мнѣнію автора, существуютъ только въ сухой почвѣ, а при соприкосновеніи съ проникающимъ растворомъ сходятся отъ разбуханія частицъ. Эти положенiя, относящіяся въ частности къ вопросу объ образованіи чернозема подъ лѣсами, высказаны пр. Костычевымъ въ 1884 г. (С. Х. и Л. 12), а въ 1886 въ своемъ большомъ сочиненіи (Почвы и т. д.) авторъ посвятилъ цѣлую главу (VIII) тезису о невозможности просачиванія органическихъ веществъ въ почву и объ ис-

ключительномъ происхожденіи перегноя отъ сгниванія корней. Изъ приведенной цитаты совершенно ясно, что пр. Костычевъ держится общаго мнѣнія о непосредственномъ происхожденіи чернаго гуминоваго вещества на поверхности почвы, и что только недостатокъ амміака мѣшаетъ перейти этому веществу въ растворъ и просачиваться въ почву.

Въ томъ же сочиненіи пр. Костычевъ привелъ очень подробныя соображенія о томъ, что растворимыя органическія вещества, которыя могутъ быть выщелочены изъ растительныхъ остатковъ, если только не разлагаются при фильтраціи сквозь почву, то остаются въ растворѣ и передвигаются вмѣстѣ съ водою; на этомъ основаніи—растворимыя вещества не могутъ быть задержаны въ почвѣ. Что же касается невозможности проникновенія въ почву взмученныхъ частицъ, то пр. Костычевъ приводитъ относящіеся къ этому случаю опыты Николаева. Эти опыты, описанные кратко, были поставлены по тому же способу, какъ и у г. Баракова, т. е. въ смѣсь каолина и песка пропускалась черная вытяжка почвы. Вытяжка взята была *нарочно* обильная взмученными частицами почвы (стр. 163) Какъ надо было и ожидать, жидкость отчасти просочилась, и смѣси окрасились въ темный цвѣтъ, но авторъ доказательнымъ этого опыта не призналъ, хотя бы и для искусственныхъ условій взятаго случая. Причины такого отрицательнаго отношенія не совсѣмъ однако выяснены, такъ какъ авторъ ссылается на такія, которыхъ нельзя признать существенными; первая, что приливалось слишкомъ много вытяжки, сколько не можетъ пройти въ почву „въ теченіи цѣлыхъ тысячелѣтій,“ и вторая, что окрашиваніе смѣси обусловливалось „исключительно только влагоемкостью смѣси.“ При всей искусственной обстановкѣ опыта количество жидкости мало измѣняетъ общій планъ его, и нельзя считать, что просачиваніе *черной вытяжки* самой по себѣ естественно, а только количество ея вноситъ въ опытъ искусственность. И влагоемкость тоже ничего не измѣняетъ въ ходѣ процесса и совершенно неустранима: всякая жидкость просачивается въ силу или собственной тяжести и влагоемкости среды, въ которую направлена, или только въ силу послѣдней. Иначе, какъ влагоемкостью, она и не можетъ удерживаться въ сыпучей средѣ, если цѣтъ химическихъ причинъ, которыя могли бы перевести черное вещество изъ раствора въ нерастворимое состояніе. Въ одной серіи опытовъ Баракова эту роль выполняла углекислая известь. Такимъ

образомъ, ссылка на влагоемкость вовсе не помогаетъ отрицанію возможности просачиванія. Вообще опыты Николаева, какъ и опыты Баракова, одинаково демонстративны для показанія физическаго явленія; къ тому же сложному процессу, который представляетъ проникновеніе органическаго вещества въ почву, всѣ эти опыты имѣютъ только очень отдаленное отношеніе.

Значеніе трещинъ для проникновенія органическаго вещества вглубь пр. Костычевъ отрицаетъ въ своемъ большомъ сочиненіи менѣе рѣшительно, а лишь по сравненію со своимъ собственнымъ объясненіемъ накопленія органическаго вещества въ почвѣ (стр. 167) Пр. Докучаевъ въ своихъ возраженіяхъ на докладъ пр. Костычева (1884 г. Труды В. Э. О.) и г. Бараковъ въ гл. III своей статьи о просачиваніи, не отрицая вовсе участія корней въ образованіи почвеннаго перегноя, оба отказывались считать ихъ единственнымъ матеріаломъ для перегноя, и признавали большое значеніе за просачиваніемъ какъ чернаго вещества, такъ и взмученныхъ частицъ; послѣднему много помогаютъ трещины, поры и ходы въ почвѣ, присутствіе которыхъ въ большомъ числѣ не можетъ быть отрицаемо.

Въ обмѣнѣ мнѣній по этому вопросу важно отмѣтить общій взглядъ всѣхъ высказавшихся лицъ на то, *что* именно могло бы просачиваться въ почву съ поверхности. Какъ формулировано пр. Докучаевымъ, проникать вглубь могутъ растворы двойныхъ перегнойнокислыхъ солей (по нѣмецкой терминологіи) и взмученныя частицы.

Главныя возраженія пр. Костычева, стоявшаго на той же точкѣ зрѣнія относительно природы просачивающагося вещества, были направлены лишь на то, что просачиванія такихъ растворовъ и жидкостей въ значительномъ размѣрѣ ожидать нельзя: муть будетъ задерживаться въ поверхностномъ слоѣ, а для растворенія перегноя (чернаго вещества) нѣтъ достаточнаго количества щелочи, т. е. амміака. Въ декабрѣ 1884 г. (С. Х. и Л.) онъ писалъ: „просачиваніе растворенныхъ органическихъ веществъ невозможно по тому, что нѣтъ достаточнаго количества щелочей, способныхъ переводить перегнойныя вещества въ растворъ“ (271). Это можно считать основнымъ возраженіемъ, которое подрываетъ положеніе Докучаева о просачиваніи. Дальнѣйшія соображенія и наблюденія о плотности почвы, неравномѣрности распредѣленія перегноя и т. п. доступны объясненію съ обѣихъ точекъ зрѣнія.

Задача защитниковъ просачиваемости перегноя и мути сходилась къ тому, чтобы найти требуемый амміакъ въ почвѣ и въ атмосферѣ, и доказать достаточную проницаемость почвы. Послѣднее можно считать признаннымъ, хотя съ небольшими оговорками, и противной стороной, но первая задача должна быть признана невыполнимой, Гуминовое вещество, если только оно образуется на поверхности почвы и должно просочиться, не имѣетъ возможности перейти въ растворъ и въ этомъ видѣ попасть въ почву, по недостатку щелочи. Въ тѣхъ исключительныхъ случаяхъ, гдѣ черный растворъ можетъ образоваться, какъ напр., на скотныхъ дворахъ, въ ямахъ для навозной жижи, всегда есть достаточное количество амміака отъ разложенія обильнаго азотистаго матеріала, и такой растворъ проникаетъ въ почву до значительной глубины. Эммерлингъ и Венертъ нашли, что такой растворъ проникаетъ на 1—2 метра глубже мощенаго дна навозохранилища (Bied. C. 1900, Ш). Въ почвѣ подобныхъ условій нѣтъ и тѣмъ болѣе на поверхности ея.

Просматривая всѣ относящіяся къ этому вопросу мнѣнія, возраженія и доказательства, можно видѣть, что только неопредѣленное представленіе о томъ, какого рода растворъ могъ бы просочиться въ почву, повело къ спору, дало довольно прочную позицію противникамъ просачиванія и мѣшало защитникамъ выяснить съ должной ясностью процессъ, дѣйствительно существующій и всѣми болѣе или менѣе признаваемый. Съ этой точки зрѣнія вопросъ сошелъ, благодаря вышеупомянутой работѣ пр. Леваковскаго.

Въ своемъ первомъ сочиненіи полемическаго оттѣнка (Мат. для изуч. чернозема. Тр. Общ-ва Исп. прир. Имп. Харьк. Ун. 1871, Т. IV) Леваковскій коснулся лишь существующихъ воззрѣній на происхожденіе чернозема, оспаривая главнымъ образомъ положенія Рупрехта о степени рѣзкости сѣверной границы чернозема. Во второй работѣ 1888 года (ibid Т. XXII) авторъ выказалъ новые взгляды, представляющіе дальнѣйшую разработку вопроса. Леваковскій высказалъ, что проникновеніе въ почву нерастворимыхъ частицъ перегноя надо признать незначительнымъ, участіе корней—тоже лишь вспомогательнаго характера. Сдѣланные ранѣе опыты просачиванія не соотвѣтствуютъ условіямъ дѣйствительности. Нерастворимый перегной почвы могъ образоваться только изъ растворимыхъ соединеній, и надо искать эти послѣднія.

По Леваковскому, *свѣжія растворимыя* органическія вещества постоянно образуются изъ отмершихъ надземныхъ частей и корней и выщелачиваются водой. „Вотъ эти то соединенія и могутъ непосредственно просачиваться въ почву и *тамъ уже подвергаться длинному ряду превращеній для перехода въ состояніе настоящаго перегноя*“.

Вытяжки изъ ржаной соломы и трухлявой древесины, которыми пользовался Леваковскій, давали нерастворимые осадки съ глиноземомъ и солями желѣза, и это навело автора на мысль, что „если растворенныя органическія вещества, извлеченныя водою изъ растительныхъ остатковъ, встрѣчаютъ при просачиваніи своемъ достаточное количество глинозема и окиси желѣза въ видѣ такихъ соединеній, изъ которыхъ они могутъ ихъ выдѣлить, то вслѣдствіе образованія съ ними нерастворимыхъ соединеній должны выдѣляться въ верхнемъ горизонтѣ почвы“ (124). Такое фиксированіе органическаго осадка изъ раствора—почти по той же схемѣ, какъ Теперь говорилъ о фиксированіи matière riche du fumier тѣми же минеральными соединеніями почвы, можетъ происходить лишь въ слоѣ извѣстной мощности, съ постепеннымъ убываніемъ вглубь, въ зависимости отъ того, насколько верхніе слои успѣли насытиться органическимъ веществомъ и позволяютъ ему идти глубже.

Это схематическое представленіе о просачиваніи раствора органическихъ веществъ обусловлено однако, какъ видно изъ приведенной цитаты, тѣмъ условіемъ, что въ почвѣ встрѣчаются глиноземъ и окись желѣза въ такихъ соединеніяхъ, изъ которыхъ органическое вещество можетъ ихъ выдѣлить, чтобы образовать минерало-органическій осадокъ. По ближайшему разсмотрѣнію трудно предположить, что бы такое условіе было часто на-лицо; можно лишь видѣть, что органическій растворъ пропитываетъ порошковатую глинисто-песчаную смѣсь почвы, удерживается ею, но образуетъ ли именно съ почвеннымъ глиноземомъ и окисью желѣза такіе несомнѣнные осадки, какъ это можно показать въ лабораторіи съ чистыми, нарочно выбранными солями, сказать въ высшей степени трудно. Полученіе осадковъ въ лабораторіи еще не обязываетъ искать такихъ-же въ дѣйствительности. Не смотря однако на сомнительную постановку детальныхъ толкованій, основное воззрѣніе Леваковскаго о роли вытяжки, растворимаго въ водѣ органическаго вещества, отмѣняетъ необходимость искать спеціальнаго щелочнаго растворителя для перегноя, разъ устанавливается

возможность выщелачиванія *не-перегнойныхъ* веществъ и ихъ послѣдующее превращеніе въ перегной (стр. 125, Левак. ibid).

Предметомъ возраженія со стороны пр. Костычева была количественная сторона явленія выщелачиванія.

Пр. Костычевъ указывалъ (С. Х. и Л. 1890), что выщелачиваніе подобное тому, какое произведено въ опытахъ пр. Леваковскаго, т. е. выщелачиваніе настаиваніемъ, возможно только въ болотѣ, „а не въ почвѣ пронизанной воздухоносными скважинами"; „дождевая вода дѣйствуетъ совсѣмъ не такъ, какъ вода, употребляемая при анализѣ для опредѣленія количества растворимыхъ веществъ. Дождевая вода дѣйствуетъ на неизмельченныя растенія и быстро скатывается съ нихъ, не успѣвая оказать значительнаго дѣйствія", Вспомогательныя цифры пр. Костычевъ взялъ изъ одной работы Эммерлинга о растворяющемъ дѣйствіи дождевой воды. Цифры эти таковы: дождь въ 10.87 мм. растворилъ 0.33% сухаго вещества изъ нѣкотораго ближе неуказаннаго количества свѣжаго сѣна; въ этомъ числѣ было 0.15% золы; второй дождь на нѣсколько разложившееся сѣно растворилъ 0.61% и въ томъ числѣ 0.34% золы. Въ первомъ случаѣ вода содержала въ литрѣ 1.04 гр. сухаго вещества, а во второмъ 1.5 гр. Ради вящаго показанія незначительности этого настоя, пр. Костычевъ приравниваетъ его по содержанію азота къ такимъ органическимъ растворамъ, которые фильтруются сквозь почву безъ измѣненія (162), хотя нѣсколько раньше говоритъ, что настои эти содержатъ „наиболѣе легко разлагающіяся составныя части растеній".

Возражая Докучаеву, Баракову и Леваковскому относительно возможности просачиванія, Костычевъ однако и самъ признаетъ, что возраженія его не особенно убѣдительны, онъ поступаетъ такъ лишь по тому, что его собственное воззрѣніе о происхожденіи перегноя изъ *однихъ почти корней* кажется ему болѣе удобопріемлемымъ (Почвы, стр. 167). Впрочемъ, нѣсколько далѣе онъ считаетъ тѣ же доводы уже настолько убѣдительными, что ими вызывается необходимость признать исключительное происхожденіе перегноя изъ разложившихся корней (ibid. стр. 171).

Въ 1890 г. (С. Х. и Л.) Костычевъ привелъ нѣсколько наблюденій, которыя повели его къ подтвержденію высказанныхъ ранѣе положеній. Прежде всего надо замѣтить, что онъ и здѣсь высказываетъ мнѣніе о непосредственномъ образованіи перегноя

изъ отмершихъ растеній („образующіяся изъ умершихъ растеній перегнойныя вещества большею частію суть вещества коллоидальныя, слѣдовательно трудно передвигающіяся съ одного мѣста на другое“ (156); это обстоятельство оставляло для него непонятнымъ нѣкоторыя подробности его собственной гипотезы, именно распространеніе перегноя въ почвѣ вокругъ корней отмершихъ растеній; это сомнѣніе вполнѣ логично и естественно, потому что *просачиванія* органическаго вещества отъ корней въ окружающую среду авторъ допустить не могъ: тогда ему пришлось бы признать и просачиваніе сверху вглубь, т. е. отказаться отъ исключительной роли корней.

На основаніи своихъ наблюденій надъ болѣзнью стебля подсолнечника и разложеніемъ корней въ стаканѣ съ почвой, авторъ высказалъ положеніе, что органическое вещество разносится по окружающей разлагающееся вещество средѣ не просачиваніемъ, а плѣсневыми грибами. Разнесеніе его констатируется потемнѣніемъ окружающей корни почвы, а присутствіе плѣсневой грибницы видно прямо. Такъ какъ, по разсужденію пр. Костычева, по малому относительному содержанію влажности въ почвѣ и ея равномѣрному распредѣленію, передвиженія ея во время опыта быть не могло, то распространеніе органическаго вещества отъ корней вокругъ надо приписать грибницѣ;—„не можетъ быть сомнѣній въ томъ, что низшія растенія не только *образуютъ* *) перегной, но и способствуютъ распространенію въ почвѣ органическихъ веществъ, а слѣдовательно и болѣе равномѣрному распредѣленію ихъ“ (157, ibid).

Такимъ образомъ, къ общему своему положенію о роли корней авторъ прибавляетъ еще одно, стоящее съ первымъ въ тѣсной связи и логической зависимости, а именно: „я представляю себѣ, что органическія вещества въ почвѣ находятся тамъ, гдѣ оставляютъ ихъ разростающіяся въ почвѣ растенія и животныя, и что передвиженіе органическихъ веществъ не можетъ происходить въ значительныхъ размѣрахъ“ (стр. 158). При такомъ ха-

*) Упоминаемое въ этой цитатѣ образованіе перегноя низшими растеніями стоитъ въ связи съ наблюденіями пр. Костычева, по которымъ образованіе темноцвѣтныхъ продуктовъ разложенія обусловливается жизнедѣятельностью грибовъ, въ противоположность жизнедѣятельности бактерій. Къ этому вопросу мы вернемся въ слѣдующей главѣ.

рактерѣ распространенія органическаго вещества соединеніе перегноя съ известью, которое всегда имѣется на лицо, и съ другими элементами получается *вслѣдствіе приближенія извести* къ перегною, причемъ хотя минимальныя доли перегнойной кислоты и растворяются, но тутъ же и выпадаютъ въ видѣ известковой соли, безъ передвиженія въ растворенномъ состояніи.

Приведенныя цитаты и изложеніе взглядовъ пр. Костычева характеризуютъ тѣ категорическія, но не совсѣмъ доказанныя заявленія, къ которымъ пришлось придти, исходя изъ первоначальго положенія, что перегнойныя нерастворимыя вещества образуются непосредственно при разложеніи остатковъ въ своемъ окончательномъ видѣ. Положенія пр. Леваковскаго, подрывавшія все это построеніе въ его основаніи, автору пришлось опровергать безъ достаточнаго фактическаго матеріала, и вопросъ поэтому остался открытымъ.

Въ этомъ опроверженіи главную роль играетъ количественная сторона процесса выщелачиванія растительныхъ остатковъ водою. Приводимыя Костычевымъ цифры Эммерлинга сводятся къ тому, что изъ неопредѣленнаго количества свѣжаго сѣна дождевая вода извлекаетъ отъ 1.04 до 1.5% сухаго вещества, считая на растворъ, и въ этомъ веществѣ золы содержалось 45.5% и 55.7%. Другихъ болѣе подробныхъ данныхъ авторъ не приводитъ, да ихъ и крайне мало извѣстно. Для сравненія мы знаемъ лишь замѣтку Ейглинга (B. C. Bl. 1885) по вопросу о выщелачиваніи сѣна. Авторъ бралъ навѣски по 4 кило сѣна и смачивалъ ихъ дождемъ по 25 миллиметровъ зъ день; потомъ сѣно анализировалось, и такъ какъ опытъ продолжался лишь 4 дня, то сѣно не обнаруживало признаковъ разложенія. Согласно анализамъ, сѣно за первый день потеряло 2.4% сухаго в—ва, послѣ двухъ 6.7%, послѣ трехъ 12.5% и послѣ четырехъ 16.7%. Потеря приходилась на протеинъ и экстрактивныя вещества, потому что содержаніе амидовъ колебалось, а клѣтчатки относительно возрастало.

Нѣкоторыя данныя могутъ быть прибавлены сюда изъ изслѣдованія Ис. Пьера относительно сѣннаго чая (Comptes rendus 1857 p. 693). Послѣдовательными вытяжками было извлечено 16.57% вещества, и сѣно значительно посвѣтлѣло, подобно тому какъ свѣтлѣетъ послѣ продолжительнаго выщелачиванія дождями въ неукрытыхъ стогахъ. По мнѣнію Ис. Пьера, эти данныя указываютъ, какую громадную потерю претерпѣваетъ сѣно по составу подъ

вліяніемъ *только дождей*, сохраняя еще свой нормальный вкусъ и запахъ. Для насъ же важно замѣтить на основаніи этого показанія, что значительная доля вещества изъ сѣна, остающагося по внѣшнему виду нормальнымъ, извлекается дождями.

При такой скудости цифръ по мало-разработанному вопросу, умозаключенія были сдѣланы разнообразныя. По Эммерлингу можно думать, что теряется отъ выщелачиванія мало, а цифры Ейглинга скорѣе указываютъ на противоположное, тогда какъ Ис. Пьеръ указывалъ уже гораздо раньше на громадность происходящей потери.

Останавливаясь ближе на процессѣ выщелачиванія, необходимо принять во вниманіе главные моменты, играющіе въ немъ роль; сюда относится количество взятаго вещества, количество воды, продолжительность выщелачиванія и участіе разложенія. По этому масштабу, цифры Эммерлинга страдаютъ существеннымъ недостаткомъ, не указывая на количество взятаго вещества.

Одно содержаніе растворимаго в—ва въ литрѣ воды ничего не указываетъ вслѣдствіе своей относительности. Въ цифрахъ Ейглинга наоборотъ—извѣстно, сколько было взято сѣна, но остается неопредѣленнымъ количество воды. Изъ результатовъ опыта видно, что соотношенія потерь для разныхъ пробъ не идутъ пропорціонально времени, какъ 1: 2: 3: 4, а имѣютъ другой видъ, именно: 1: 2.8: 5.2 : 7. Можно по этому думать, что по мѣрѣ продолжительности процесса выщелачиваніе усиливается.

Авторъ однако не выясняетъ, насколько это зависитъ отъ времени и на сколько отъ взятыхъ порцій воды.

Мы считаемъ возможнымъ пополнить эти данныя такимъ простымъ путемъ. Было взято сѣно въ 4 порціяхъ по 20 граммъ и налито въ четырехъ стаканахъ разными количествами воды: 200—300—400 и 500 куб. сантим. По истеченіи 48 часовъ пробы были слиты, отжаты подъ прессомъ, профильтрованы сквозь полотно, фильтратъ выпаренъ, взвѣшенъ, и опредѣлена зола.

Результаты слѣдующіе:

	Сух. вещ-ва.	Золы.	% сух. вещ-ва	% золы.
I	1.6000 гр.	0.3850 гр.	8%	24%
II	1.6200 „	0.3967 „	8.1%	24.5%
III	1.6940 „	0.3986 „	8.47%	23.6%
IV	1.7530 „	0.3536 „	8.77%	20.1%

Таблица показываетъ, что количество взятой воды играетъ очень малую роль, и при пятерномъ количествѣ потеря возрасла лишь на очень малую величину сравнительно съ одиночнымъ.

Отсюда можно думать, что при выщелачиваніи первому моменту, количеству воды, принадлежитъ во всякомъ случаѣ не главная роль, и первое возраженіе противъ положенія Леваковскаго падаетъ: вовсе не надо ни уподобленія болоту, ни тропическихъ ливней для успѣшнаго выщелачиванія. Что можетъ быть взято изъ свѣжаго вещества водою, то берется небольшимъ количествомъ воды при естественныхъ условіяхъ.

Что касается остальныхъ трехъ моментовъ: количества матеріала, продолжительности процесса и степени разложенія матеріала, то несомнѣнно, что въ естественныхъ условіяхъ пребыванія растительныхъ остатковъ всѣ эти моменты участвуютъ въ своей высшей степени, до какой не всегда можно дойти и въ лабораторіи. Отмершія части растеній, оставаясь въ сухомъ состояніи нетронутыми или подвергаясь лишь механическому измельченію отъ разныхъ причинъ, преимущественно отъ разнаго рода представителей фауны, въ сырую погоду набухаютъ, остаются въ этомъ состояніи всю осень, зиму и раннюю весну, все время подвергаясь разложенію и выщелачиванію дождями. Мнѣніе Костычева, что „дождевая вода дѣйствуетъ на неизмельченныя растенія (т. е. на сѣно) и быстро скатывается съ нихъ, не успѣвая оказать значительное дѣйствіе“ (162) не относится къ дѣйствительной картинѣ процесса. Облить водою можно многія несомнѣнно растворимыя вещества и убѣдиться, что послѣднія не успѣваютъ раствориться. На самомъ же дѣлѣ растительные остатки лежатъ на напитанной водою почвѣ, отчасти въ ней самой, и постепенное ихъ выщелачиваніе, независимо отъ экстраординарныхъ дождей, идетъ очень успѣшно, и постепенно усиливается, по мѣрѣ того, какъ разложеніе тканей грибами и бактеріями освобождаетъ растворимыя въ водѣ и слабыхъ щелочахъ вещества. Въ щелочахъ, какъ мы видѣли изъ анализовъ гл. II, недостатка нѣтъ въ образующихся растворахъ, независимо и помимо амміака.

Убѣдившись вышеприведеннымъ опытомъ въ томъ, что почти полное выщелачиваніе, возможное для извѣстнаго промежутка времени, выполняется наименьшимъ количествомъ воды (10 куб. с. на 1 граммъ), когда вся вода поглащается матеріаломъ, мы при добываніи растворовъ для опытовъ заставляли сѣно и корни раз-

лагаться долгое время въ набухшемъ состояніи, но не погруженными въ воду; другими словами, вода была въ матеріалѣ, а не матеріалъ въ водѣ. Потомъ разлагающаяся масса выщелачивалась и отжималась. Въ этомъ видѣ и разлагающійся матеріалъ, и условія выщелачиванія были близкимъ подобіемъ того, что происходитъ въ дѣйствительности.

Предполагая прослѣдить ходъ просачиванія выщелачиваемаго изъ растительныхъ остатковъ раствора, мы поставили два ряда слѣдующихъ простыхъ опытовъ. Одинъ рядъ долженъ былъ служить для разъясненія вопроса: просачиваются ли вообще эти растворы въ порошкообразную среду, а второй для ближайшаго наблюденія надъ тѣмъ, что происходитъ съ просочившимися растворами.

Для перваго ряда были взяты широкія толстостѣнныя пробирки и заполнены порознь плотно: мелкимъ пескомъ, крупнымъ пескомъ, суглинистою почвой и каолиномъ. Плотное наполненіе производится довольно легко, только каолинъ надо подсыпать по немногу и убивать палочкой при небольшомъ смачиваніи. Въ наполненныя пробирки поверхъ взятаго вещества было положено мелко изрѣзанное набухшее сѣно, и отверстіе заткнуто ватой. Частью пробирки были помѣщены въ простаго устройства термостатъ, а другія остались въ штативѣ на столѣ. Послѣдовательными наблюденіями можно было убѣдиться, что сѣно постепенно темнѣло, проростало густой грибницей, которая покрывала петлями и стѣнки. Верхніе слои песка и суглинка тоже постепенно темнѣли, на днѣ пробирокъ съ пескомъ тоже образовалось темное пятно. Верхній слой каолина въ пробиркахъ пріобрѣлъ сѣрую окраску на глубину въ сантиметръ.

Послѣ трехмѣсячнаго сохраненія безъ подливанія воды, а только во влажной атмосферѣ, можно было видѣть, что верхняя часть наполняющихъ пробирки матеріаловъ потемнѣла. Для изслѣдованія причины пробирки были освобождены отъ сѣна, и наполнявшій ихъ матеріалъ изслѣдованъ подъ микроскопомъ.

Во всѣхъ потемнѣвшихъ пробахъ оказалось присутствіе очень обильной и спутанной грибницы; отдѣлить ее отъ пронизаннаго матеріала можно было продолжительнымъ отмываніемъ; каолинъ отмывается легко, но песокъ отмыть вполнѣ невозможно, до того переплетены отдѣльныя зернышки нитями. Такъ какъ воды пришлось брать хотя и небольшими порціями, но много, то нель-

зя было замѣтить, увлекала ли она какое либо красящее вещество Цвѣтъ самой грибницы—сѣрый, а измѣненіе оттѣнка занятаго ею слоя зависѣло, вѣроятно, не только отъ дѣйствительнаго измѣненія цвѣта, но и отъ косвенной причины—уплотненія вещества вслѣдствіе заполненія мелкихъ промежутковъ растворомъ и нитями грибницы По гипотезѣ пр. Костычева, надо бы принять это наблюденіе за прямое доказательство его мнѣнія, что органическое вещество проникаетъ въ субстратъ въ видѣ грибницы, и грибница сама придаетъ послѣднему темный оттѣнокъ. Между тѣмъ такой взглядъ противорѣчитъ всему, что намъ извѣстно по біологіи низшихъ организмовъ. Всѣ они, и въ частности плѣсневые грибки, растутъ въ самомъ субстратѣ и склонны скорѣе стремиться къ питательному веществу, а не удаляться отъ него. Нельзя себѣ представить, чтобы грибница, имѣя возможность распространяться въ рыхломъ веществѣ сѣна, стала безъ всякой причины проникать въ плотную массу каолина, притомъ до извѣстной лишь глубины, а въ пескѣ гораздо глубже и до самаго дна пробирки. Явленіе это болѣе понятно съ той точки зрѣнія, что изъ сѣнной покрышки сначала проникало въ каолинъ растворимое органическое вещество, а за нимъ проникали и разростались нити грибковъ, какъ въ питательномъ субстратѣ. А само по себѣ осмотическое распространеніе растворимаго вещества въ любой средѣ совершенно несомнѣнно, и для этого нѣтъ никакой надобности въ передвиженіи самой влаги въ этой средѣ. Отрицать осмотическій путь распространенія растворимаго вещества во влажной средѣ—значитъ отрицать распространеніе капли чернилъ въ неподвижномъ стаканѣ съ водой. Вмѣстѣ же съ тѣмъ и прямое передвиженіе влаги, даже при очень незначительномъ ея содержаніи въ средѣ, несомнѣнно существуетъ, несмотря на тѣ свидѣтельства Езера и Шумахера, на которыя ссылается пр. Костычевъ (157). Возможность передвиженія при 2% влажности доказана опытами Измаильскаго. (Влажн. почвы с. 72 и далѣе) и вполнѣ необходима по соображеніямъ теоретическаго характера (см. работы М. Уитнея и его сотрудниковъ). Въ пробиркахъ съ пескомъ органическое вещество просочилось до дна, и въ немъ тоже оказались нити грибницы.

Для втораго ряда опытовъ были взяты пластинки чистаго тонкаго стекла, размѣромъ 8 и 10 сантиметровъ, между пластинками проложены съ трехъ сторонъ квадратнаго сѣченія полоски гутаперчи, и пластинки плотно сжаты гутаперчевыми кольцами. (Рис. 2).

Такимъ образомъ получается узкій плоскій сосудъ съ прозоромъ около $^3/_4$ сантиметра. Такой сосудъ свободно укладывается на предметномъ столикѣ—и даетъ возможность наблюдать при достаточномъ увеличеніи, что происходитъ въ средѣ между пластинками.

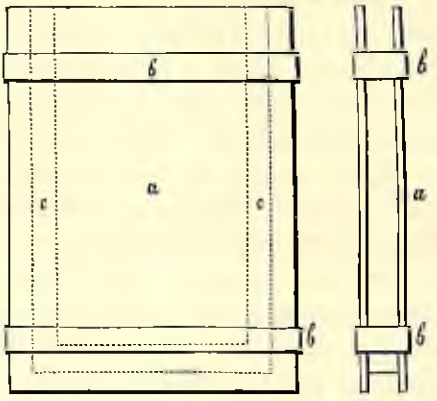

Рис. 2. Сосудикъ для наблюденія просачиванія.
a. Стеклянныя пластинки.
b. Резиновыя кольца.
c. Резиновыя прокладки между стеклами.

Нѣсколько такихъ сосудовъ были наполнены пескомъ и каолиномъ, и сверху положено влажное потемнѣвшее сѣно. Въ нихъ тоже можно было видѣть распространеніе плѣсени внутрь сосуда по мѣрѣ просачиванія раствора.

То небольшое количество органическаго вещества, которое можно было помѣстить въ пробирки и эти сосуды, не могло доставить такого количества вытяжки, чтобы вліяніе ея на окраску распространилось на значительную глубину; поэтому въ нѣсколькихъ сосудахъ, заполненныхъ мелкимъ пескомъ и лессомъ, вмѣсто сѣна прибавлялась готовая вытяжка, отжатая отъ разлагающагося сѣна. Такой растворъ въ замѣтной степени мѣнялъ окраску среды на значительную глубину.

Въ пескѣ съ проникшимъ въ него растворомъ, какъ и въ предыдущихъ случаяхъ, очень скоро поселялись плѣсневые грибы и успѣшно росли, образуя въ промежуткахъ между зернышками спороносцы. Вмѣстѣ съ этимъ на зернышкахъ кварца отлагались темнобурые безформенные клочки органическаго вещества, сообщавшіе имъ темнобурую окраску. Вообще наблюденіе подъ микроскопомъ показало картину разложенія раствора плѣсневыми грибами съ отложеніемъ нерастворимыхъ частей осадка, очевидно, тождественнаго тому, который образуется при сохраненіи раствора вытяжки, какъ о томъ упоминаетъ и пр. Леваковскій. (Рис. 3).

Какъ самый матеріалъ вытяжки, такъ и вытяжка являются хорошимъ субстратомъ для сильнаго роста плѣсневыхъ грибовъ, и несомнѣнно, что плѣсневые грибки развиваются только въ непосредственномъ соприкосновеніи съ питательнымъ субстратомъ.

Растворъ органическихъ соединеній разлагающагося вещества проникаетъ порошкообразную среду; проникновеніе это возможно и прямымъ передвиженіемъ, и осмотическимъ распространеніемъ растворенныхъ веществъ во влажной средѣ. Въ природѣ оба процесса идутъ рядомъ; влажное разлагающееся органическое вещество постепенно освобождаетъ органическія соединенія, которыя время отъ времени выщелачиваются дождями и поступаютъ въ почву, въ почвѣ они отчасти распредѣляются вмѣстѣ съ расхожденіемъ влаги, отчасти передвигаются осмотически. Не ливни выщелачиваютъ изъ свѣжихъ остатковъ растворимыя соединенія, а всякіе мелкіе дожди, дѣйствующіе на влажный разлагающій матеріалъ, долго пребывающій въ соприкосновеніи со влажной почвой и отчасти въ ней самой. При такихъ условіяхъ, которыя только и существуютъ въ среднихъ широтахъ въ осеннее, зимнее и раннее весеннее время, много органическихъ соединеній должно выщелачиваться и расходиться въ почвѣ. Прямыя наблюденія этого процесса, сдѣланныя попутно во время мокраго снѣгопада, приводитъ Высоцкій (Тр. эксп. Сборный отд. 2, 24). Этому главному процессу помогаютъ вторичныя условія, всякаго рода отверстія почвы, размельчающая работа насѣкомыхъ и участіе земляныхъ червей.

Органическіе растворы сами по себѣ и проникающіе собою песокъ, каолинъ и суглинокъ всегда обильно населяются плѣсневыми грибами, но относительно лесса намъ пришлось замѣтить иное явленіе; повторныя наблюденія показали, что въ лессѣ плѣсне-

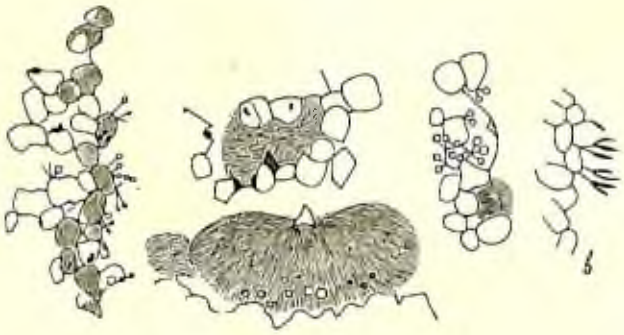

Рис. 3. Плѣсневая флора въ пескѣ.
в. Настой соломы, остальное—настой корней.

вая грибница появляется только отдѣльными гнѣздами и развивается слабо, а растворъ поглощается лессомъ безъ замѣтныхъ

вторичныхъ явленій. Заинтересовавшись этимъ наблюденіемъ и предполагая здѣсь вліяніе существенной составной части лесса, углекислой извести, мы употребили для ближайшаго разъясненія такой пріемъ. Осадки растительныхъ вытяжекъ (сѣнной и корневой) полученные дѣйствіемъ соляной кислоты и тщательно отмытые отъ нея, были раздѣлены каждый на двѣ части: одна тщательно смѣшана потомъ съ небольшимъ количествомъ извести, а другая оставлена въ прежнемъ состояніи. Всѣ порціи были положены на стеклянныя пластинки и помѣщены во влажную камеру. Оказалось, что чистыя порціи осадковъ быстро и сильно заростали грибками, тогда какъ смѣси съ известью оставались чистыми, получали болѣе плотную консистенцію и даже другой оттѣнокъ окраски. Рядомъ съ этимъ были сдѣланы смѣси такихъ же осадковъ съ лессомъ до плотности тѣста, и когда сгустокъ помѣщенъ на пластинку, то съ одной стороны къ нему приложенъ влажный комочекъ извести. Сгустокъ черезъ нѣсколько дней покрылся пятнышками бѣлой грибницы и сталъ пестрымъ, хотя въ гораздо меньшей степени, чѣмъ чистый осадокъ; около того конца, гдѣ положена была известь, получился поперечный поясокъ свободный отъ плѣсени. Меньшее взятое количество осадка, смѣшаннаго со значительнымъ количествомъ лесса, показываетъ присутствіе гнѣздъ плѣсени только въ немногихъ отдѣльныхъ точкахъ.

Послѣ провѣрки этихъ наблюденій мы приходимъ къ выводу, что растворъ органическихъ соединеній, проникающій въ землистую среду, не въ одинаковой степени подвергается тамъ дѣйствію плѣсневыхъ грибковъ, а смотря по составу почвы, въ частности—въ зависимости отъ содержанія въ ней извести.

Если сквозь небольшое количество лесса, помѣщеннаго въ воронкѣ, пропускать темную органическую вытяжку, то отфильтровывается слабо желтая жидкость; сквозь лессъ, предварительно отмытый отъ углекислой извести кислотою, проходитъ почти такая же темная жидкость, какая была и до фильтрованія; то же, что въ послѣднемъ случаѣ, видимъ мы и при фильтрованіи черезъ песокъ. Поверхность лесса въ воронкѣ послѣ фильтрованія зарастаетъ грибками, но это явленіе вполнѣ объясняется накопленіемъ здѣсь механически задержанныхъ мелкихъ частицъ органическаго происхожденія, свободныхъ отъ примѣси извести.

Что между органическимъ веществомъ вытяжки и углекислой известью въ указанныхъ случаяхъ происходитъ химическое соединеніе, можно видѣть по выдѣленію пузырьковъ газа, когда смѣшиваются оба вещества для полученія сгустка. Эта реакція идетъ медленно, и пузырьки появляются на поверхности смѣси постепенно, многіе же остаются внутри плотной массы. По аналогіи надо полагать, что органическія вытяжки, встрѣчая въ средѣ, въ которую просачиваются, углекислую известь, соединяются съ ней, осѣдаютъ на ея частицахъ, пропитывая и связывая вмѣстѣ съ тѣмъ и иловатую часть почвы. При этомъ органическое вещество переходитъ изъ растворимаго и отчасти коллоидальнаго состоянія въ свернутое, что легко прослѣдить подъ микроскопомъ. Органическое вещество, осѣдая на частицахъ углекислой извести, обвертываетъ ихъ своими слоями, но не разлагаетъ ихъ сполна.

Въ этомъ соединеніи органическое вещество и сохраняется въ почвѣ, не подвергаясь болѣе быстрому разрушительному дѣйствію плѣсневыхъ грибковъ, а только медленному окисленію и по мѣрѣ послѣдняго постепенно принимаетъ видъ и составъ нерастворимаго почвеннаго гумуса.

О цѣлости остатковъ извести скоро послѣ осажденія можно заключить изъ той картины, которую приходится наблюдать подъ микроскопомъ, если къ мелко растертому свѣжему сгустку, разведенному въ водѣ, прибавить капельку соляной кислоты. Тогда частицы углекислой извести, замаскированныя органическимъ веществомъ, растворяются, выдѣляя углекислоту, которая разрываетъ оболочки осадка. Въ центрѣ желтобурыхъ кусочковъ можно часто видѣть зернышко углекислой извести, которое быстро таетъ, тогда какъ рядомъ растутъ пузыри углекислаго газа.

Въ ходѣ проникновенія органическаго вещества въ почву необходимо еще указать на участіе животнаго населенія почвы, насѣкомыхъ и червей. Насѣкомымъ приписывается меньшая роль въ этомъ отношеніи, въ виду того, что большинство ихъ только часть своей жизни проводятъ въ землѣ и притомъ въ поверхностномъ слоѣ; выдѣленія насѣкомыхъ сами по себѣ не отличаются ни обиліемъ въ своей совокупности, ни какими-либо примѣсями къ пищевымъ остаткамъ. Разложеніе ихъ идетъ при тѣхъ же условіяхъ и подъ вліяніемъ тѣхъ же факторовъ, какъ и прочихъ органическихъ остатковъ. Бо́льшаго вниманія на нихъ до сихъ поръ обращено не было. Главная роль насѣкомыхъ, по всей вѣ-

роятности, состоитъ въ ихъ механической работѣ, въ перетачиваніи и размельченіи растительныхъ остатковъ. Опыты пр. Костычева (Почвы) надъ разложеніемъ обыкновеннаго и переточеннаго червями матеріала показали или очень малую разницу въ быстротѣ разложенія, судя по выдѣляемой углекислотѣ, или вовсе никакой, но нельзя отрицать, что выщелачиваніе органическихъ соединеній изъ мелкораздробленнаго вещества идетъ обильнѣе, такъ что и насѣкомыя принимаютъ участіе въ превращеніи растительныхъ остатковъ въ гумусъ.

Родъ дѣятельности земляныхъ червей, какъ можно считать достаточно выясненнымъ изслѣдованіями Дарвина, Мюллера, Поста, Гензена, существенно иной. Примѣшивая въ своихъ экскрементахъ къ остаткамъ пищи значительное количество почвы и пропитывая ихъ известковыми выдѣленіями, черви разносятъ ихъ по слою значительной толщины, оставляя въ своихъ ходахъ въ видѣ кусковъ, обмазывая ими внутреннія стѣнки ходовъ и затаскивая еще въ ходы крупные куски растительныхъ остатковъ. Для нашей задачи наиболѣе важно имѣть свѣдѣнія о составѣ этихъ экскрементовъ, ибо этимъ только можно скорѣе всего выяснить ихъ значеніе для распредѣленія органическаго вещества въ почвѣ. Намъ извѣстны, къ сожалѣнію, лишь анализы Туксена, которые показали, что потеря при прокаливаніи вещества простирается до 24.9 и 30.4%, растворимыхъ въ соляной кислотѣ веществъ 7.4—10.3%, и золы всей 51.8—64%.

Такъ какъ по способу своего питанія черви проглатываютъ части органическихъ остатковъ и землю, то естественно найти въ экскрементахъ смѣсь той же земли съ остатками пищи. Несомнѣнно также, что и составъ экскрементовъ будетъ различенъ, въ зависимости отъ состава почвы. Черви, жившіе у насъ въ лессѣ, отдѣляли свѣтло-желтыя массы, а жившіе въ черноземѣ—черныя маркія массы, приблизительно—по потери отъ прокаливанія—состава одинаковаго съ почвой. Въ случаѣ лесса разница была больше, чѣмъ въ случаѣ чернозема. Поэтому, скорѣе надо согласиться со мнѣніемъ Мюллера (Die natürl. Humusformen) что составъ экскрементовъ червя походитъ на составъ мулля (перегнойной почвы датскихъ лѣсовъ) именно потому, что состоитъ главнымъ образомъ изъ мулля; для обратнаго заключенія, что мулль весь состоитъ изъ экскрементовъ, котораго требуетъ на основаніи данныхъ состава Гензенъ (Landw. Jahrb. B. 11) согласно заключи-

тельной мысли Дарвина, нѣтъ основаній. Постъ (Wollny's Forschungen 1888) признаетъ полевой гумусъ состоящимъ изъ перекусанныхъ остатковъ и безформенныхъ округленныхъ частицъ зернистаго сложенія, нерастворимыхъ въ водѣ, не измѣняющихъ своей формы и цвѣта въ разведенныхъ кислотахъ и щелочахъ; экскременты же составляютъ до $^2/_3$ этой массы. Но если это наблюденіе неизвѣстнаго ближе по происхожденію своему образца почвы и поддерживаетъ копрогенную точку зрѣнія на гумусъ, то все-таки нѣтъ основаній обобщать отдѣльныя наблюденія и переносить ихъ на объекты совсѣмъ другаго рода, еще требующіе изученія, какъ гумусъ чернозема. Въ недавней работѣ г. Высоцкаго (Труды опытныхъ станцій, устр. лѣснымъ Департам. Сб. отд. II), богатой новыми наблюденіями надъ образомъ жизни червей, авторъ присоединяется къ заключенію Дарвина и Гензена. По внѣшнему виду сухихъ, расколовшихся экскрементовъ червей и ихъ сходству съ крупинками черноземной цѣлины (стр. 77) г. Высоцкій приходитъ къ выводу, „что безъ участія червей почва (черноземная) не имѣла бы горохообразной структуры, съ равномѣрно распредѣленными сѣткообразными мелкими полостями между отдѣльными горошинками—". Другими словами, хотя авторъ и не высказывается прямо, но готовъ принять положеніе Дарвина, что и черноземныя почвы прошли черезъ пищеварительный аппаратъ червей. Основанія для вывода г. Высоцкаго кажутся намъ однако не такъ еще убѣдительными: по вычисленіямъ автора, выносящая работа червей на черноземѣ сравнительно съ данными Дарвина для Англіи въ настоящее время слаба; относительно условій жизни почвенной черноземной фауны въ отдаленныя времена возможны лишь гипотетическія соображенія; что касается внѣшняго сходства черноземной крупки съ разбитыми экскрементами червей, то подобное же сходство, если не тождественна, крупка имѣетъ и съ подсохшимъ сгусткомъ гуминовой кислоты послѣ смѣшиванія ея съ мѣломъ, о чемъ упоминалъ еще Шлезингъ и недавно Нефедовъ. Намъ кажется, что изъ представленія о просачиваніи органическаго раствора въ лессъ и о закрѣпленіи вещества въ свернутомъ состояніи около частицъ углекислой извести тоже достаточно понятна необходимость крупичатаго сложенія подсохшей массы. При такомъ составѣ смѣси плотность ея будетъ неодинакова въ разныхъ точкахъ, уменьшаясь отъ известковаго ядра къ периферіи, и нельзя себѣ иначе представить со-

стоянія смѣси послѣ многочисленныхъ подсыханій и замерзаній, какъ въ видѣ отдѣльныхъ комочковъ. Во всякомъ случаѣ, въ участіи червей съ точки зрѣнія внѣшняго вида черноземя нѣтъ необходимости. Повидимому, въ этомъ вопросѣ авторы, одинаково какъ и въ вопросѣ о сравнительномъ составѣ перегнойной почвы и экскрементовъ червей, склонны принимать слѣдствіе за причину. А въ дѣйствительности нѣтъ ничего удивительнаго въ томъ, что экскременты червей распадаются на крупку, если всѣ смѣси, гдѣ присутствуютъ гуминовыя вещества, тоже распадаются послѣ нѣкотораго высыханія на крупку. Отсюда совсѣмъ нѣтъ дороги до вывода, что слѣдовательно вся черноземная крупка есть произведеніе червей. Свойство гуминовыхъ веществъ въ соединеніи съ известью—связывать порошкообразныя вещества и послѣ подсыханія растрескиваться на неправильную крупку остается и независимо отъ червей, и проявляется въ ихъ экскрементахъ.

Самыя простыя соображенія показываютъ, что химическій составъ экскрементовъ червей съ разнаго мѣстожительства долженъ быть различенъ до безконечности, и это положеніе еще болѣе очевидно изъ микроскопическаго изученія. По микроскопическому характеру экскременты червей, какъ ихъ описываетъ Гензенъ (ibid.), подобны двухлѣтней листовой землѣ, причемъ большая часть клѣтокъ растительныхъ разрушена, но есть еще обрывки побурѣвшей ткани, легкораспраемые, въ смѣси съ зернышками песка и коричневыми кусками. Такое опредѣленіе однако сомнительно въ томъ отношеніи, что листовая земля сама по себѣ является часто произведеніемъ червей, ихъ всегда можно въ ней достать, а поэтому, отдавая должное детальному описанію предмета, надо признать и то, что сходство указанное Гензеномъ относится, пожалуй, къ одному и тому же веществу.

Если же приходится признать, что экскременты червей, собранные въ почвѣ, не могутъ указывать на характеръ ихъ дѣятельности, потому что сами состоятъ главнымъ образомъ изъ той-же почвы, имѣютъ сложный, измѣнчивый составъ въ зависимости отъ послѣдней, то желательно имѣть чистый отъ усложняющихъ примѣсей матеріалъ.

Для ознакомленія съ характеромъ и составомъ экскрементовъ червей мы получали матеріалъ слѣдующимъ путемъ. Узкій плоскій сосудъ (Рис. 4) съ двумя стеклянными стѣнками, задвижными въ жестяную обоймицу, былъ наполненъ промытымъ, бѣ-

лымъ влажнымъ пескомъ, въ который пущены крупные и мелкіе дождевые черви. Сверху были положены листья свеклы и капусты и рѣзаное сѣно. При небольшомъ объемѣ сосуда (30×10×3 сант.) черви имѣли однако возможность дѣлать длинные ходы, а стеклянная стѣнка позволяла наблюдать за направленіемъ и углубленіемъ ходовъ. Черви прожили въ сосудахъ около трехъ мѣсяцевъ, видимыя части ходовъ въ пескѣ окрасились въ темный цвѣтъ; тогда остатки пищи были удалены, сосудъ положенъ плоской стороной на столъ, и одна стеклянная стѣнка выдвинута изъ пазовъ обоймицы. Послѣ просушиванія изъ ходовъ былъ выбранъ окрашенный въ темный цвѣтъ песокъ отдѣльными комочками, а черви пересажены въ другое мѣсто. По разсмотрѣніи полученнаго матеріала оказалось, что экскременты состояли изъ зеренъ песка и остатковъ растительной пищи (Рис. 5); послѣдніе были двухъ сортовъ: волокна постѣнныхъ утолщеній разнаго характера (спиральныя, кольчатыя, трахеидныя) и округленные желтобурые комочки разной величины, легко растираемые покровнымъ стеклышкомъ въ вещество зернистаго сложенія. Иногда встрѣчались въ экскрементахъ болѣе крупные обрывки растительной ткани, преимущественно эпидермиса, съ темнобурой окраской. Такой составъ экскрементовъ указываетъ, что только нѣкоторая часть проглоченнаго растительнаго вещества послужила въ пищу червямъ, и что волокна утолщенія клѣточныхъ стѣнокъ и сосудовъ, части кутикулы не измѣнились; онѣ—наоборотъ, только освободились въ чистомъ видѣ, вслѣдствіе исчезновенія связывавшихъ ихъ веществъ, т. е. главнымъ образомъ клѣтчатки. Что касается природы бурыхъ комковъ, то по ихъ тождественному внѣшнему виду съ бурыми осадками растительной вытяжки, вполнѣ допустимо принять ихъ за подобные этимъ послѣднимъ, за флобафены по терминологіи Штегелина и Гофштетера, за краснодубильное вещество Гоппе-

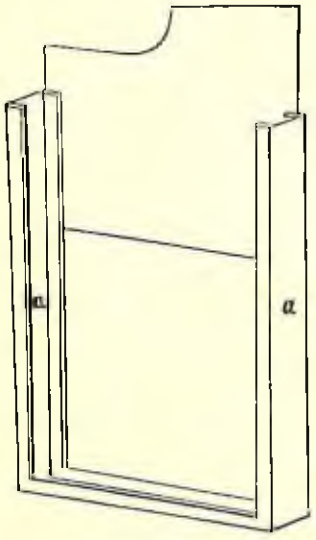

Рис. 4. Сосудъ для наблюденій за червями.

a. Жестяная обоймица съ пазами для двухъ параллельныхъ стеколъ.

Зейлера. Сами черви могутъ выдѣлять только пищеварительныя жидкости и известь, но все это не соотвѣтствуетъ указаннымъ частямъ; происхожденіемъ своимъ онѣ могутъ быть обязаны только

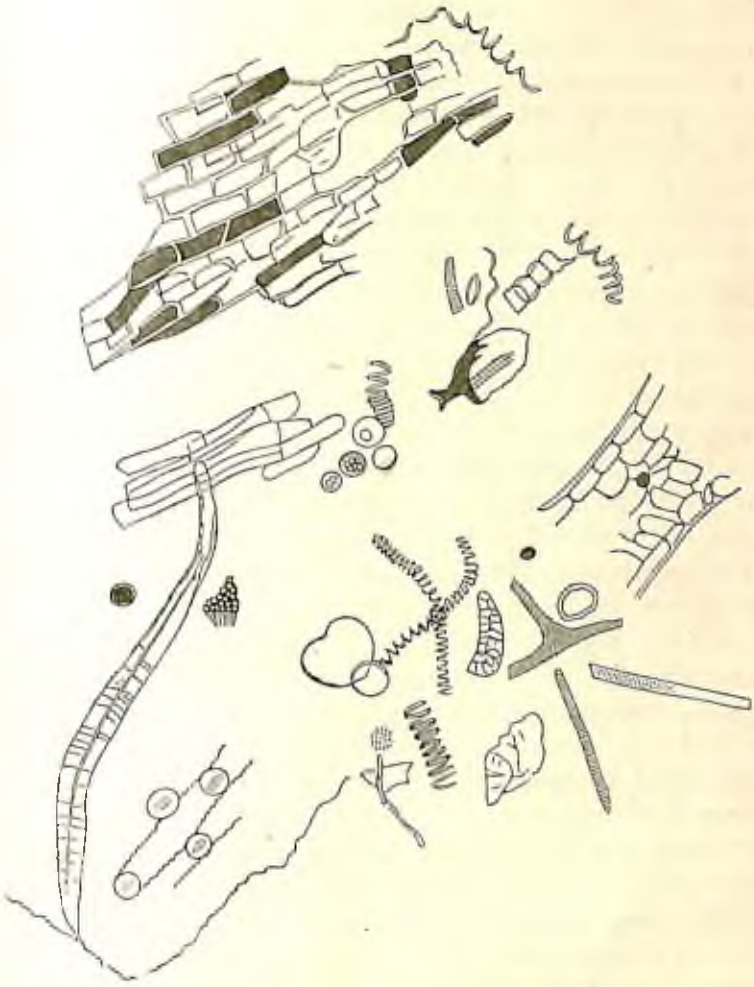

Рис. 5. Растит. остатки въ экскрементахъ червей.

инкрустирующимъ веществамъ стѣнокъ. Другихъ составныхъ частей, которыя можно бы было назвать *гумусовыми кислотами* (Высоцкій ibid. стр. 85) въ экскрементахъ не имѣется.

Результаты этихъ наблюденій сходятся съ мнѣніемъ пр. Вольни, высказанномъ въ примѣчаніи къ реферату о сочиненіи Келлера

(Humusbild. u Bodenkultur—Forsch. 10, S. 387). Онъ признаетъ, что экскременты червей и насѣкомыхъ не содержатъ еще гумуса, и дѣятельность ихъ еще нельзя считать гумусообразовательной; состоятъ экскременты изъ непереваренныхъ частей пищи, которыя обращаются въ гумусъ лишь послѣ оставленія организма; образованіе же гумуса возможно и помимо. Такимъ образомъ, можно считать, что жизнедѣятельность червей только значительно помогаетъ *освобожденію* органическихъ веществъ - гумусообразователей изъ ихъ органической связи съ другими веществами. Вмѣстѣ съ тѣмъ надо отмѣтить, что отъ пожиранія растительныхъ остатковъ червями получается тотъ же остатокъ, который получается и въ результатѣ выщелачиванія разлагающихся растеній водой, т. е. бурый осадокъ, только съ большей примѣсью организованныхъ элементовъ утолщенія сосудовъ и клѣтокъ.

Зная способность бурыхъ осадковъ растворяться въ амміакѣ, мы пробовали сдѣлать это съ экскрементами червей, но безуспѣшно; приписывая неудачу присутствію въ нихъ извести, соединившейся съ органическимъ веществомъ, какъ этого можно достичь искуственно, мы поступили въ данномъ случаѣ такъ же, какъ и при добываніи чернаго вещества изъ почвы; части экскрементовъ были выщелочены подъ покровнымъ стеклышкомъ каплею соляной кислоты, отмыты до потери кислой реакціи, а потомъ залиты каплей амміака. Бурое вещество стало немедленно растворяться и сильно окрасило всю жидкость, въ которой остались замѣтны только волокна, клѣточныя ядра и неопредѣленные обрывки. Потомъ добываніе бураго вещества было продѣлано надъ большими количествами экскрементовъ, и получилось вѣсомое количество вещества; по сожиганіи въ немъ оказалось нѣкоторое количество бѣлой золы, что на нашъ взглядъ еще болѣе подтверждаетъ его тождественность съ инкрустирующимъ веществомъ.

На этомъ основаніи мы полагаемъ, что освобождаемое отъ клѣтчатки въ пищеварительномъ аппаратѣ червя инкрустирующее вещество присоединяетъ тамъ же къ себѣ известь и становится уже нерастворимымъ въ щелочахъ, переходя въ экскременты, и неподверженнымъ, какъ пришлось вмѣстѣ съ тѣмъ убѣдиться, *и дѣйствію плѣсени*. Такимъ образомъ, химическая сторона участія червей въ процессѣ образованія гумуса, по нашему мнѣнію, сводится къ тому же, что замѣчается и относительно простаго выщелачиванія и послѣдующаго дѣйствія извести. Этимъ же соедине-

ніемъ съ известью достаточно объясняется и нерастворимость экскрементовъ, такъ что нѣтъ надобности предполагать для объясненія этого послѣдняго явленія выдѣленія червями особой слизи, защищающей будто бы экскременты и потомъ дѣлающей ихъ плотными и хрупкими. Въ соединеніи съ известью органическое вещество указаннаго происхожденія само по себѣ становится нерастворимымъ, плотнымъ и хрупкимъ.

ГЛАВА V

Въ связи съ предыдущимъ изложеніемъ данныхъ о происхожденіи гумуса и проникновеніи его въ почву стоятъ еще нѣкоторые факты, касающіеся его дальнѣйшей участи въ почвѣ, тѣхъ измѣненій, которымъ онъ подвергается. Къ числу этихъ измѣненій надо отнести слѣдующія извѣстныя до сихъ поръ явленія: взаимодѣйствіе гумуса и минеральныхъ соединеній почвы, которое ведетъ къ измѣненію состава минеральной части гумуса, и постепенное разложеніе гумуса подъ вліяніемъ различныхъ факторовъ.

Изъ сравненія состава минеральной части черной вытяжки почвы и гумусообразователей видно, что въ первой присутствуетъ въ значительномъ количествѣ желѣзо, отсутствующее въ гумусообразователяхъ. Этотъ элементъ могъ появиться только изъ почвы, и естественно предположить, что гумусъ способенъ обогащаться и другими элементами или терять ихъ, вмѣстѣ съ разложеніемъ органическаго вещества; прослѣдить эти процессы однако невозможно, вслѣдствіе первоначальнаго присутствія прочихъ элементовъ почвы въ гумусообразователяхъ въ количествахъ неопредѣленныхъ. Подобное изслѣдованіе возможно лишь съ такимъ матеріаломъ, который извѣстенъ по составу своей золы какъ ранѣе своего проникновенія въ почву, такъ и на разныхъ стадіяхъ своего превращенія въ гумусъ, а это можетъ быть задачей только самостоятельнаго долговременнаго изслѣдованія; можно считать однако, что направленіе для такого изслѣдованія уже дано опытами г. Снайдера.

До сихъ поръ въ опытахъ и наблюденіяхъ надъ взаимодѣйствіемъ гумуса и минеральныхъ соединеній почвы вниманіе обращалось преимущественно на самый процессъ разложенія минеральнаго соединенія, и за рѣдкими исключеніями оставалось въ сторонѣ вновь возникающее гуминовое соединеніе. Съ точки зрѣнія

реакціи взаимнаго обмѣна, которой обыкновенно держались въ этихъ случаяхъ, иныхъ вопросовъ и не возникало. Самый фактъ взаимодѣйствія гумуса и минеральныхъ соединеній почвы извѣстенъ уже давно. Начиная съ Вёлера (Chem. Centralbl. 1856), указавшаго на растворяющее дѣйствіе органическаго вещества на кости, встрѣчаемъ рядъ наблюденій. Кёнигъ и Кизовъ (Jahresb. d. Agr. I) высказали это заключеніе на основаніи болѣе точнаго опыта. Рислеръ (по Jahresb. d. Agricult. chemie II) указываетъ на прямые опыты Гаспарена о раствореніи минеральныхъ соединеній гуминовымъ веществомъ, въ новѣйшее время Эйхгорнъ, Тарховъ и Бѣлецкій (Изв. Петр. Ак. III и IV гг., Landw. Jahrb. IV, VI) ближе разъяснили условія этихъ процессовъ и вліянія нѣкоторыхъ посторонніхъ факторовъ, главнымъ образомъ прибавочныхъ соединеній. Подобныя же наблюденія производила г-жа Родзянко (VIII съѣздъ въ СПБ), указывая на два ряда соединеній гумуса съ минеральными элементами, но въ ея докладѣ нѣтъ фактовъ относительно возможности полученія минерало органическихъ соединеній того характера, какой многократно указывался выше; всѣ ея опыты относятся къ реакціямъ только обмѣннаго разложенія между гуминовокислой щелочью и минеральными соединеніями. *).

Авторъ констатируетъ также фактъ, подмѣченный и ранѣе, что по мѣрѣ обѣдненія гумуса золой вслѣдствіе повторнаго осажденія, уменьшалось и взаимодѣйствіе его съ минеральными соединеніями.

Во всѣхъ указанныхъ наблюденіяхъ надо отмѣтить основной недостатокъ, который могъ сильно и разнообразно вліять на полученные результаты и относящіеся къ нимъ выводы, именно вѣроятную нечистоту черной вытяжки отъ иловатыхъ примѣсей; съ этой точки зрѣнія возможно предположеніе, что отмѣченныя

*) Симонъ (Bied. C. Bl. 8, s. 74) принималъ, что органическое вещество прямо соединяется съ фосфорной кислотой; Гельдефлейсъ держался мнѣнія, что органическое вещество разлагается, и продукты его разложенія разлагаютъ минеральныя соединенія; Эйхгорнъ (Landw. Jahrb. 6) полагаетъ, что при разложеніи трех-основной фосфорной соли кальцій присоединяется къ органическому веществу, а фосфорная кислота и кислая соль остаются въ растворѣ; аналогично принято объяснять дѣйствіе на роговую обманку (Зенфтъ) и на полевой шпатъ (Мещерскій, Ber. d. d. ch. Gesellsch 16 B.).

явленія могли зависѣть вполнѣ или отчасти отъ этой примѣси, а не отъ минерало-органическаго вещества гумуса. Поэтому совершенно необходимы въ этомъ направленіи дополнительныя провѣрки сдѣланныхъ въ разное время наблюденій на чистомъ матеріалѣ.

Послѣдняя по времени работа въ этомъ направленіи принадлежитъ г. Лященко (Матер. по изсл. русск. почвъ XII, 1899), который изучалъ взаимодѣйствіе гуминовой кислоты съ растворимыми минеральными солями. Полученные имъ результаты, относящіеся къ образцамъ бѣднымъ золою, аналогичны ранѣе указаннымъ.

Изслѣдованія Бертло, относящіяся къ гуминовымъ веществамъ приготовленнымъ изъ углеводовъ, принадлежатъ уже къ области органической химіи и прямо не связаны съ обсуждаемымъ вопросомъ.

Высказанное нами выше заключеніе о значеніи полученныхъ въ этомъ направленіи данныхъ заставляетъ насъ признать, что пока новыя изслѣдованія надъ чистымъ матеріаломъ и при болѣе детальной постановкѣ не прибавятъ новыхъ болѣе точныхъ фактовъ, вопросъ о характерѣ взаимодѣйствія минеральной части гумуса и почвы остается мало-разъясненнымъ; вмѣстѣ съ тѣмъ, обычный составъ золы гумуса вѣроятнѣе всего считать пока по характеру аналогичнымъ золѣ гумусообразователей, а по количеству остаткомъ ихъ же золы.

Указанный выше фактъ присоединенія желѣза къ золѣ гумусообразователя, принадлежащій къ той же категоріи наблюденій, требуетъ тоже спеціальнаго изслѣдованія. Возможно, что такое присоединеніе является результатомъ продолжительнаго взаимодѣйствія органическаго вещества и желѣзистаго соединенія, а начало этого лежитъ въ томъ много разъ указанномъ фактѣ, что соли окиси желѣза въ присутствіи органическаго вещества переходятъ въ закись желѣза. Какъ извѣстно, растворимыя желѣзныя соли вызываютъ въ растворахъ чернаго вещества и въ растительныхъ вытяжкахъ объемистые осадки, содержащіе желѣзо; въ этихъ осадкахъ окись желѣза остается довольно долго безъ раскисленія, но крайней мѣрѣ ее можно удалить потомъ постепеннымъ раствореніемъ въ соляной кислотѣ; раскисленіе начинается гораздо позднѣе. Такъ какъ полученіе осадка органическаго вещества возможно только съ помощью растворимыхъ желѣзныхъ

солей, а при смѣшиваніи черной и растительной вытяжки со свѣже-осажденнымъ гидратомъ окиси желѣза и съ сухимъ порошкомъ таковой осадка не получается, то мы считаемъ возможнымъ думать, что взаимодѣйствіе органическаго вещества съ желѣзистыми соединеніями почвы въ водѣ нерастворимыми, и воспріятіе желѣза въ составъ минерало-органическаго вещества происходитъ лишь медленно и постепенно, когда органическое вещество уже осядетъ отъ вліянія извести и пропитаетъ, осаждаясь, иловатую, содержащую желѣзныя соединенія часть почвы.

Въ силу этого, несмотря на видимую убѣдительность лабораторнаго опыта осажденія растительной вытяжки съ помощью растворимыхъ желѣзныхъ солей, мы не считаемъ возможнымъ приписать желѣзу въ почвѣ ту же роль, какая принадлежитъ извести. Въ почвѣ крайне мало растворимыхъ желѣзныхъ соединеній, а нерастворимыя могутъ входить лишь въ очень продолжительныя реакціи съ готовымъ уже осадкомъ, съ которымъ приходятъ въ соприкосновеніе. О раскисленіи окисныхъ желѣзныхъ солей въ присутствіи органическихъ веществъ имѣются почти одни эмпирическія наблюденія, указывающія лишь на окончательный результатъ неизвѣстнаго и медленнаго процесса.

Къ такимъ представленіямъ общаго характера о раскисленіи окиси желѣза въ присутствіи органическаго вещества присоединяется одно наблюденіе Ч. Дарвина надъ червями относительно растворяющаго и раскисляющаго вліянія содержимаго ихъ желудка на окись желѣза (Образов. растит. слоя и т. д. 157). Песокъ окрашенный въ красный цвѣтъ одѣвающей его окисью желѣза, проглоченный червями и выдѣленный въ извержепіяхъ, становился прозрачнымъ, и авторъ приписываетъ это явленіе—вліянію органическаго вещества, вліянію настолько сильному, что оно оказалось выше растворяющаго дѣйствія уксусной кислоты, соляной, азотной и сѣрной въ аптечныхъ растворахъ; всѣ эти кислоты производили меньшій эффектъ, чѣмъ кислоты желудочнаго содержимаго у червя.

На ряду съ другими пробами желая провѣрить это наблюденіе, мы не имѣли въ своемъ распоряженіи готоваго желѣзистаго песку и приготовили такой искуственнымъ путемъ, смѣшивая свѣжій гидратъ окиси желѣза съ прозрачнымъ мелкимъ пескомъ и просушивая его потомъ при постепенномъ повышеніи температуры до 110°. Получился красный желѣзистый песокъ, т. е. квар-

цевыя зерна были одѣты, какъ показалъ микроскопъ, отчасти или вполнѣ осадкомъ окиси желѣза. Смѣшанный съ чистымъ осадкомъ гумуса, этотъ песокъ оставался долгое время безъ измѣненія, послѣ отмыванія отъ органическаго вещества можно было убѣдиться въ томъ, что частицы окиси желѣза не удалились. Послѣ такой неудачи хотя и съ искуственнымъ матеріаломъ, мы позволяемъ себѣ думать, что изъ даннаго наблюденія можно сдѣлать и другой выводъ. Прежде чѣмъ предполагать въ желудкѣ червей присутствіе такихъ кислотъ, которыя превосходятъ своимъ дѣйствіемъ минеральныя кислоты, хотя бы и въ растворахъ допускаемыхъ въ фармакопеѣ, мы считаемъ ближе къ дѣйствительности свести явленіе не къ химической, а къ механической причинѣ; не раствореніемъ очищается кварцъ отъ одѣвающей его окиси желѣза, а механическимъ треніемъ, которому подвергаются песчинки между собою во время прохожденія пищеварительнаго аппарата червя; растертая окись желѣза смѣшивается съ органическимъ веществомъ и впослѣдствіи, можетъ быть, и вступаетъ съ нимъ въ соединеніе. Песокъ же дѣлается чистымъ отъ пленокъ.

Г. Нефедовъ (С. Х. и Л. 97, I) указываетъ на то же возстановляющее дѣйствіе органическаго вещества на соли окиси желѣза, обнаруживающееся въ обильныхъ водою настояхъ черноземной почвы съ солями окиси желѣза—и т. п. Этимъ онъ желаетъ объяснить, почему гуминовокислая известь, взятая имъ для культурныхъ опытовъ, отзывалась неблагопріятно, ядовито. Мы не имѣемъ возможности входить здѣсь въ детальный разборъ этого случая, держась только въ рамкахъ лабораторнаго изслѣдованія, но позволимъ себѣ привести слѣдующее обстоятельство, описанное самимъ авторомъ. Ядовитое дѣйствіе гуминовокислой извести на растеніе обнаруживалось только тогда, когда растеніе совсѣмъ не имѣло другой пищи, кромѣ органическаго вещества; когда же данъ былъ даже неполный питательный растворъ, то растенія развивались, хотя ядовитая соль закиси должна бы была, очевидно, остаться тамъ-же.

Мы полагаемъ, что причина разницы развитія растеній въ обоихъ случаяхъ скорѣе лежитъ въ другихъ условіяхъ, а закись желѣза тутъ не при чемъ.

Оставляя въ сторонѣ эмпирическія данныя о взаимодѣйствіи окиси желѣза и гумуса, надо все-таки признать, что желѣзо минерало-органическихъ соединеній почвы, входящее несо-

мнѣнію въ тѣсную связь съ органическимъ веществомъ, заимствуется послѣднимъ изъ почвы. Ходъ этого взаимодѣйствія требуетъ еще детальныхъ изслѣдованій и во всякомъ случаѣ представляетъ очень медленную и сложную реакцію, о которой демонстративные опыты съ растворимыми солями не даютъ и отдаленнаго понятія.

Переходя къ вопросу о разложеніи гумуса, о его постепенномъ окисленіи, необходимо остановиться на одной характерной чертѣ его, которая сама по себѣ пользовалась вниманіемъ изслѣдователей. Это—цвѣтъ гумуса. Темная, темнобурая и черная окраска настолько свойственна разлагающемуся, преимущественно растительному веществу, что—по словамъ Гоппе-Зейлера—слишкомъ часто всякое вещество темноокрашенное принимается за гумусъ, происшедшій путемъ разложенія. Цвѣтъ гумуса принято связывать со степенью его разложенія, считая бурыя (ульминовыя по знакомой всѣмъ терминологіи) вещества менѣе окисленными, чѣмъ черныя (гуминовыя) и принимая вмѣстѣ съ тѣмъ, что интенсивность цвѣта какъ бы стоитъ въ связи съ параллельнымъ обогащеніемъ состава углеродомъ (Эбермайеръ, Waldstreu, 215). Разумѣется, въ предѣлахъ эмпирическаго наблюденія этотъ выводъ надо признать имѣющимъ основаніе, но считать его справедливымъ для всѣхъ случаевъ было бы неосторожно: тогда пришлось бы ожидать, что антраценъ, содержащій 94.38% углерода, а вмѣстѣ съ тѣмъ и алмазъ должны быть совершенно черными, чего на самомъ дѣлѣ нѣтъ. Рѣзкія колебанія цвѣта, зависящія отъ сложенія вещества, возможны и среди гуминовыхъ соединеній.

Вопросъ объ окраскѣ гумуса обратилъ на себя вниманіе пр. Костычева, который высказалъ мнѣніе, что темная окраска гумуса является особенностью разложенія происходящаго подъ вліяніемъ плѣсневыхъ грибовъ; въ противоположность этому, разложеніе при участіи только бактерій не даетъ темноокрашенныхъ продуктовъ. Спеціальные свои опыты по этому вопросу пр. Костычевъ считалъ однако малодоказательными и требующими провѣрки, выводъ же былъ основанъ на общихъ наблюденіяхъ и на томъ фактѣ, что растительные остатки всегда заростаютъ въ сильной степени плѣсенью. Объясненіе пр. Костычева состоитъ въ слѣдующемъ:

„Образованіе темныхъ продуктовъ разложенія не представляетъ какой либо специфической особенности грибовъ, но—по

крайней мѣрѣ во многихъ случаяхъ зависитъ только отъ того, что грибы уничтожаютъ кислую реакцію субстрата, на которомъ поселяются.—Если бактеріальные продукты разложенія сдѣлаются щелочными (напр. посредствомъ амміака), то и они темнѣютъ на воздухѣ отъ окисленія. Грибы—дѣлаютъ субстратъ способнымъ легко окисляться и темнѣть вслѣдствіе этого". (Почвы etc. 159, 90). Къ этому авторъ еще прибавляетъ, что есть—повидимому грибы, обладающіе специфической способностью давать черную окраску разлагающемуся веществу (ibid).

Мюллеръ (Die nat. Humusform.) указываетъ тоже на распространеніе нѣкоторыхъ формъ грибовъ въ муллѣ буковыхъ лѣсовъ, съ грибницей чернаго цвѣта, но не говоритъ объ ихъ вліяніи на окраску субстрата.

Предложенное объясненіе, имѣющее задачей подвести разбираемое явленіе къ аналогичнымъ случаямъ окисленія органическихъ веществъ на воздухѣ, примѣромъ которыхъ служатъ соли пирогалловой кислоты, имѣетъ лишь относительное значеніе. Изъ работъ Мюнца, Маршана и др. извѣстно, что амміакъ выдѣляется и бактеріями нѣкоторыхъ формъ, и поэтому уже грибы не могли бы играть исключительной роли именно съ этой стороны. Вмѣстѣ съ тѣмъ, самое выдѣленіе амміака грибами въ опредѣлимомъ количествѣ требуетъ еще ближайшаго разслѣдованія. Такъ въ опытахъ самого автора объясненія (C. X. и Л. Т. CLXV, 120) мы находимъ, что въ одномъ случаѣ требовалось именно узнать, выдѣляется ли амміакъ при гніеніи, и его не оказалось; между тѣмъ гніеніе шло быстро, субстратъ уменьшился до половины, и получилось темноцвѣтное вещество; грибы здѣсь, несомнѣнно, присутствовали, потому что всякое растительное вещество при обыкновенныхъ условіяхъ разлагается при обильномъ участіи плѣсневыхъ и другихъ грибовъ. Такимъ образомъ, несомнѣнное значеніе щелочей для окисленія нѣкоторыхъ органическихъ соединеній, какъ пирогалловой кислоты или раствора бѣлаго индиго при добываніи синяго индиго изъ листовой вытяжки индигоносныхъ растеній, въ окисленіи гумуса не можетъ быть выдвинуто на первый планъ; вопросъ объ окраскѣ гумуса требуетъ иной постановки. Что не одни грибы могутъ быть виновниками ея, указываетъ и наблюденіе Гевелера (Pringsh. Jahrb. 1892) надъ гумифицирующимъ дѣйствіемъ живыхъ корней и мховыхъ рицинъ на растительные остатки. Если сюда добавить болѣе общее явленіе, отмѣченное Гоппе-

Зейлеромъ, именно быстрое потемнѣніе свѣжихъ срѣзовъ плодовъ, соковъ и т. п., то значеніе самого окисляющагося вещества станетъ болѣе на первый планъ.

Всѣ эти наблюденія относятся къ разлагающемуся растительному веществу, и отыскать достаточно энергичныя причины измѣненія окраски особенно важно только въ томъ случаѣ, если принимать вмѣстѣ съ обычными воззрѣніями, что гумусъ, какъ черный настой, происходитъ непосредственно при разложеніи.

Если же считать, вмѣстѣ съ пр. Леваковскимъ и Гоппе-Зейлеромъ, что при разложеніи вещества выдѣляется только непосредственный гумусообразователь, растительная вытяжка, то—понятно—для перемѣны своего цвѣта изъ бураго на очень темный путемъ постепеннаго окисленія для него есть еще достаточно времени, и нѣтъ настоятельной необходимости искать особыхъ энергичныхъ факторовъ такого усиленія оттѣнка.

Пр. Леваковскій отмѣтилъ постепенное потемнѣніе землистыхъ кусковъ послѣ впитыванія растительныхъ настоевъ; въ нашихъ пробахъ просачиванія пропитанный субстратъ тоже постепенно темнѣлъ.

Окраска самой гумусовой вытяжки можетъ быть разной густоты; почти черный гумусъ бываетъ лишь въ высушенномъ состояніи, и черный цвѣтъ кажется преобладающимъ во влажной, богатой гумусомъ почвѣ. Осадокъ гумусовой вытяжки и известковая соль его тоже бываетъ въ разныхъ оттѣнкахъ темнобурыми. Отсюда слѣдуетъ, что цвѣтъ готоваго гумуса почвы не представляетъ коренного отличія отъ цвѣта разлагающагося вещества и гумусообразовательной вытяжки, отличаясь только интенсивностью. Черный цвѣтъ перегнойныхъ почвъ обусловливается многими дополнительными причинами, между прочимъ и порошкообразнымъ строеніемъ, дающимъ игру свѣто—тѣни, и степенью влажности, вліяющей на степень отраженія свѣта, и относительнымъ содержаніемъ и характеромъ песчаныхъ частицъ и т. п.

Если имѣется поэтому возможность объяснить появленіе темной окраски разлагающагося вещества и гумусообразовательной вытяжки, то тѣмъ самымъ въ достаточной мѣрѣ будетъ объяснена и окраска перегнойныхъ почвъ. Совершенно несомнѣнно и то, что главную роль играетъ въ данномъ случаѣ окисленіе образующихъ гумусъ веществъ дѣйствіемъ кислорода воздуха. Намъ приходилось много разъ убѣждаться въ этомъ, заставляя разла-

гаться мелкоизрѣзанную солому, плотно набитую въ чашкѣ; затягиваясь сверху мицеліемъ и темнѣя при разложеніи, верхній слой не пропускаетъ воздуха внутрь, и нижняя поверхность соломы остается ярко желтой; вынутая изъ чашки, вся масса довольно быстро и равномѣрно темнѣетъ Растительныя вытяжки тоже постепенно темнѣютъ на воздухѣ. Оба явленія—разложеніе и потемнѣніе—идутъ рядомъ съ освобожденіемъ изъ разрушающагося целлюлознаго скелета инкрустирующихъ веществъ-гумусообразователей, которыя, сами по себѣ окисляясь, и принимаютъ болѣе темную окраску; естественно предположить, что и общее потемнѣніе разлагающейся массы есть результатъ постепеннаго освобожденія доступныхъ къ окисленію и потемнѣнію веществъ, въ то время какъ и относительное содержаніе ихъ въ массѣ постепенно возрастаетъ. Примѣръ подобнаго процесса представляетъ потемнѣніе кучи уличнаго снѣга по мѣрѣ таянія, вслѣдствіе постоянно возрастающаго относительнаго количества загрязняющихъ примѣсей.

Отдѣльные факторы разложенія, низшіе организмы всѣхъ порядковъ, ускоряютъ въ разной мѣрѣ этотъ процессъ, насколько бываютъ способны разрушать клѣтчатку и открывать инкрустирующія вещества доступу воздуха. Возможно, что и малѣйшія дозы освобождаемаго амміака тоже способствуютъ растворенію и выщелачиванію гумусообразователей. Въ случаѣ разложенія навоза амміака образуется болѣе чѣмъ замѣтное количество, а вмѣстѣ съ этимъ и выщелачиваніе идетъ въ большихъ размѣрахъ,—получается *matière riche* Тенара, т. е. та же растительная вытяжка, которая почти тождественна съ *matière noire* Грандо.

Разложеніе или окисленіе органическаго вещества почвы, сопровождаемое убываніемъ его массы, должно естественно идти безостановочно въ почвѣ. Гумусъ всегда населенъ, какъ можно предположить изъ наличныхъ наблюденій, живыми низшими организмами, живущими хотя отчасти на его счетъ, и вѣковая практика до сихъ поръ склонна объяснять обѣднѣніе почвъ, ослабленіе ихъ плодородія именно уменьшеніемъ содержанія въ нихъ органическаго вещества, гумуса; усиленному разложенію помогаютъ всѣ культурныя мѣропріятія, связанныя съ разрыхленіемъ почвы, что подтверждается и эмпирическими данными, и научными наблюденіями.

Вѣковой опытъ, поддержанный Соссюромъ, нашелъ свое отраженіе въ словахъ А. Тэера, что *плодородіе почвы* вполнѣ зависитъ отъ гумуса; въ настоящее время еще сильнаго отрицанія значенія гумуса, за которымъ хотятъ даже признавать только физико-механическую роль, необходимо однако помнить, что гумусъ все-таки содержитъ весь запасъ почвеннаго азота и большую часть фосфора и сѣры. Если снабженіе растеній питательными элементами въ другихъ формахъ и вполнѣ возможно, то отъ этого далеко еще до отрицанія значенія гумуса въ дѣйствительности, какъ существенной составной части почвы не только въ механическомъ, но и въ химическомъ отношеніи.

О ходѣ процессовъ окисленія въ почвѣ имѣются данныя довольно однородныя, но относящіяся ко всему органическому веществу почвы, безъ различія его разнаго состоянія по степени разложенія. Таковы данныя Буссенго и Леви (Ann. de Ch. et de Phis. 3 s. XXXIX), данныя Дегерена (Ann. agr. XII), и Шлезинга-сына. Результаты разложенія, измѣряемые по количеству отдѣляемой углекислоты, сильно зависятъ отъ содержанія свѣжаго разложимаго матеріала (у Шлезинга въ опытѣ на лугахъ), и по нимъ нельзя сказать, насколько способно окисляться уже внѣдренное въ почву вещество. Поэтому и работы Вольни, собранныя въ его книгѣ (d. Zers. d. organ. Stoffe), и другихъ—относительно условій разложенія органическаго вещества въ почвѣ не даютъ желаемыхъ указаній, относясь къ смѣсямъ органическихъ остатковъ, находящихся на разной степени разложенія. Вліяніе кислорода опредѣлялось на смѣси 20 граммовъ торфянаго порошка съ 170 граммами песку (Journ f. Landw. 1886); вліяніе температуры на компостной смѣси; вліяніе влажности на листьяхъ, хвоѣ и компостной смѣси или на пескѣ съ примѣсью сахара и мочевины (J. r. Fodor, Hyg. Untersuch.) или тоже на компостной смѣси (Вольни ibid.); вліяніе химическихъ реагентовъ изслѣдовалось на разложеніи навоза (Вольни). Полученные результаты, показывающіе усиливающее вліяніе кислорода, температуры и влажности въ извѣстныхъ предѣлахъ на выдѣленіе углекислоты, признаются обыкновенно вполнѣ приложимыми ко всякому органическому веществу, *a fortiori* и къ минералоорганическому веществу почвы, къ тѣмъ самымъ продуктамъ гумусообразованія, которые Гоппе-Зейлеръ признавалъ неразложимыми. При такомъ положеніи вопроса приходится искать фактовъ, добытыхъ не съ искусственной смѣсью, а съ нас-

тоящей почвой, не содержащей свѣжихъ органическихъ примѣсей, а только безформенныя минерало-органическія соединенія.

Къ этому требованію ближе всего подходятъ черноземныя почвы при надлежащемъ выборѣ образца. Изъ такихъ опытовъ извѣстны въ нѣмецкой литературѣ опыты Петерсена (Landw. Vers-Stat. 1871), а въ русской пр. Костычева. Петерсенъ имѣлъ образцы чернозема изъ Харьковской губерніи и опредѣлялъ лишь вліяніе температуры на разложеніе. Опыты показали, что при колебаніяхъ T° отъ 12.5 до 35°, углекислоты выдѣлялось отъ 1.62 до 1.58 миллиграммовъ въ сутки, изъ 24 граммовъ матеріала лишеннаго растворимыхъ веществъ; изъ почвы непромытой отъ 3.30 до 3.67 миллиграммовъ. Въ началѣ каждаго опыта выдѣлялось нѣсколько больше. Рядомъ съ этимъ изъ богатой древеснымъ перегноемъ лѣсной земли (20.5 гр.) выдѣлялось отъ 6.05 до 23.45 миллиграмовъ въ сутки. Эту разницу авторъ сводитъ на разный возрастъ органическаго вещества въ черноземѣ и въ лѣсной почвенной смѣси.

Пр. Костычевъ, обсуждая опыты Петерсена, противорѣчащіе представленіямъ, указаннымъ выше, и его собственнымъ выводамъ, считаетъ результаты Петерсена сомнительными, предполагаетъ ошибку въ постановкѣ. Такъ какъ однимъ противорѣчіемъ существующимъ воззрѣніямъ наличность ошибки доказана быть не можетъ, а другихъ указаній нѣтъ, то вопросъ остается открытымъ. Замѣчаніе Костычева о вліяніи промыванія почвы на результаты можетъ имѣть лишь частное значеніе, потому что есть образецъ и не промытый, давшій аналогичные результаты съ промытымъ. Послѣ этого особенно интересны опыты надъ черноземомъ, произведенные въ лабораторіи пр. Костычева.

Опыты производились ради особенныхъ цѣлей (эксперименты г. Нерода, Почвы стр. 49); взяты двѣ почвы въ чашкахъ, количества не указаны, извѣстно только, что въ чашкѣ съ поверхностью въ 90—80 квадр. сантиметровъ почвы лежали слоемъ въ 16 сантим. толщины. Чашки стояли на стеклянныхъ пластинкахъ подъ колпаками. Въ описаніи не указано очень важной подробности о томъ, какъ производилось повышеніе T° почвы, и гдѣ помѣщались термометры. Можно думать, что нагрѣвалась нижняя пластинка, но нельзя навѣрно сказать, на сколько правильно могъ термометръ показывать колебанія T° почвы, тѣмъ болѣе, что мѣсто его неопре-

дѣлено: помѣщался онъ вообще подъ колпакомъ. Эти опыты дали прямую зависимость выдѣленія углекислоты отъ температуры.

Считаемъ важнымъ привести подробные результаты:

	Комковатая п.	Плотная п.	Порошковатая п.
25—27°	69.4—74.2 mgr.	51.0—62.4	53.4—46.7
17°	44.6—52.3 ,,	27.2—28.6	22.1—33.2
8°	21.4—13.8 ,,		

Нельзя не отмѣтить здѣсь слѣдующую странность цифръ: можно бы ожидать, что въ порошковатомъ состояніи почва даетъ не меньше углекислоты, какъ въ комковатомъ, если не больше, а между тѣмъ получилось даже меньше, чѣмъ въ плотномъ, занимающемъ только половину объема. Это заставляетъ думать, что или постановка опыта, или краткій срокъ его не вполнѣ соотвѣтствуютъ задачѣ и сдѣланнымъ выводамъ.

Для другаго опыта было взято (стр. 32) 500 граммовъ почвы, и опытъ продолжался 6 дней при одинаковой температурѣ *). Углекислоты отдѣлялось отъ 153.6 до 234.5 миллиграммовъ въ сутки. Сравнительно со взятымъ количествомъ матеріала у Петерсена это даетъ отъ 7.6 до 11.6 миллиграммовъ; такъ какъ вліяніе T° и времени здѣсь не принималось во вниманіе, то неудобно и сравнивать этотъ опытъ съ опытомъ Петерсена.

Прочіе опыты автора, произведенные надъ различными разлагающимися веществами, можно принимать во вниманіе въ данномъ случаѣ лишь тогда, когда будетъ доказано тождество процессовъ разложенія; а для этого судить только по выдѣленію углекислоты изъ матеріаловъ разнаго сложенія, разной влажности, въ разныхъ смѣсяхъ—было бы поспѣшно. На возможное различіе въ содержаніи влажности ссылается самъ авторъ, но только въ интересахъ доказательности опыта, тогда какъ такое различіе должно служить скорѣе къ подрыву опыта: вообще нельзя утверждать, возможно ли и при какихъ условіяхъ—одинаковое смачиваніе несовсѣмъ разложившагося и не потерявшаго своей формы сѣна съ одной стороны и порошковатой почвы съ другой, въ силу различія въ сложеніи этихъ веществъ. А если такъ, то и въ результаты вносится крупный неопредѣленный факторъ. Вліяніе же по-

*) Относительно качества взятой почвы находимъ въ сочиненіи почтеннаго автора нѣкоторое недоразумѣніе, если провѣрить ссылку относительно мѣстонахожденія взятой почвы.

сторонних порошковатых примѣсей (песку и каолина) къ разлагающемуся веществу на процессъ доказано для отдѣльнаго случая самимъ авторомъ (ibid. 44); оно тоже не служитъ къ подтвержденію надежности занимающаго насъ опыта.

Такимъ образомъ, опираясь вмѣстѣ съ тѣмъ на оговорку самого пр. Костычева, что точное изслѣдованіе вопроса о тождествѣ разложенія (ibid. 32) надо предоставить будущему, считаемъ примѣненіе выводовъ, касающихся свѣжеразлагающихся веществъ, къ гумусу почвы пока не имѣющимъ фактическаго основанія.

Опыты надъ свѣжими разлагающимися остатками и самого пр. Костычева, и Вольни—говорятъ за то, что по мѣрѣ разложенія выдѣляется все меньше и меньше углекислоты, и собирается нѣкоторый мало-разложимый остатокъ. Наиболѣе сильное разложеніе уже претерпѣвшихъ разложеніе веществъ происходитъ при 50—60°, а не при 35—37°, какъ въ свѣжихъ (Костыч. Почвы, стр. 291). Хотя авторъ и говоритъ, что „затѣмъ ни въ чемъ другомъ разницы не замѣтно“, но и этой установленной разницы совершенно достаточно, чтобы отграничить медленное разложеніе органическаго вещества почвы, никогда не прекращающееся, отъ быстраго и возможнаго при естественныхъ условіяхъ температуры разложенія свѣжаго растительнаго вещества. Вольни высказывается въ томъ же смыслѣ, что „органическія вещества тѣмъ труднѣе разлагаются, чѣмъ дальше подвинулось разложеніе“ (Die Zersetsung etc. 105).

Опыты Дегерена надъ образованіемъ углекислоты въ 20 гр. садовой земли при нагрѣваніи до 120° (Ann. agron. XXII, 7) имѣли задачей установить вообще окисляемость органическаго вещества почвы. При этой Т° углекислота выдѣляется не только отъ окисленія, но и отъ распаденія; при послѣдовательныхъ нагрѣваніяхъ одного и того же образца получались уменьшающіяся количества газа, а именно за пять дней:

7.1 куб. сант.—6.2—5.1—4.4—3.1.

Далѣе сгараніе шло равномѣрно. Гумусъ стерилизованной почвы тоже окисляется, хотя и гораздо слабѣе. Устанавливая фактъ, что за 35 дней почва потеряла отъ окисленія 3% углерода своего гумуса, Дегеренъ считаетъ, что эта величина незначительна и только доказываетъ крайнюю прочность гумуса. *Общіе* выводы относительно гумуса почвы, добытые Дегереномъ согласны съ выводами, касающимися разложенія другихъ органическихъ

веществъ: повышеніе температуры усиливаетъ окисленіе до максимума, и самый процессъ измѣняетъ свой характеръ. Разница однако та, что оптимальная температура дѣятельности микробовъ обыкновенно не достигается почвой, а поэтому и окисленіе совершается только въ очень узкихъ предѣлахъ. Интересно отмѣтить, что оба изслѣдователя, Костычевъ и Дегеренъ, въ своихъ работахъ съ почвою пришедшіе къ одинаковымъ выводамъ относительно зависимости разложенія гумуса отъ влажности и температуры, дѣлаютъ заключенія діаметрально противоположнаго характера. Пр. Костычевъ вычисляетъ въ крупныхъ числахъ количество разлагающагося гумуса на десятину, около 1600 пудовъ при 17°С и 100—150 пудовъ при 10°С въ годъ, тогда какъ Дегеренъ считаетъ разложеніе при среднихъ условіяхъ незначительнымъ. Пр Костычевъ, согласно цифровымъ показаніямъ котораго ежегодно исчезаетъ до 12% наличнаго перегноя при среднемъ его содержаніи въ 5%, стремится доказать, что перегной въ почвѣ—вещество скоропреходящее и *подлежащее поэтому постоянному возобновленію*, ибо только при этомъ условіи богатыя гумусомъ почвы остаются какъ бы неизмѣнными или очень мало измѣняющимися по своему составу. Дегеренъ—на оборотъ, видитъ въ слабой дѣятельности факторовъ разложенія при наилучшихъ условіяхъ возможныхъ въ почвѣ—доказательство особой прочности гумуса.

Нельзя не признать, что расширенныя толкованія небольшаго числа наличныхъ фактическихъ данныхъ, полученныхъ къ тому же нѣсколько односторонними путемъ, не даютъ еще возможности дѣлать демонстративныя цифровыя выкладки; послѣднія въ данномъ случаѣ могутъ служить для иллюстраціи извѣстнаго личнаго воззрѣнія на ходъ процесса, но считать ихъ соотвѣтствующими дѣйствительности было-бы неосторожно. Дѣйствительность говоритъ пока лишь одно, что гумусъ способенъ исчезать, окисляясь, въ измѣнчивыхъ отношеніяхъ, смотря по температурѣ и влажности, но во всякомъ случаѣ гораздо медленнѣе, чѣмъ свѣжее органическое вещество. При какихъ условіяхъ окисленіе гумуса можетъ идти до конца,—вопросъ остается открытымъ. Рѣшеніе его доступно лишь болѣе сложнымъ способамъ изслѣдованія, въ которыхъ пріемы бактеріологіи должны играть существенную роль; простое-же измѣреніе газовъ, выдѣляемыхъ сложной смѣсью при

совокупности условій, даетъ только суммарные результаты, а при разныхъ матеріалахъ даже и мало сравнимые.

Изъ тѣхъ же двухъ взглядовъ на относительную скорость разложенія, которые представлены Костычевымъ и Дегереномъ, большую степень вѣроятности имѣетъ послѣдній. На основаніи всѣхъ эмпирическихъ данныхъ тоже гораздо вѣроятнѣе думать, что по мѣрѣ разложенія органическихъ остатковъ собираются и отчасти вновь образуются такіе органическіе комплексы, которые отличаются значительной прочностью по отношенію ко всѣмъ факторамъ разложенія, чѣмъ принять на вѣру *одинаковую* быстроту разложенія гумуса и свѣжихъ остатковъ, и на основаніи этой посылки оказаться уже въ полной необходимости признать невѣроятно быструю смѣну органическаго вещества въ почвѣ, до $^1/_8$ части его ежегодно. На основаніи этой же посылки надо бы ожидать, что въ довольно короткій промежутокъ времени проба черноземной почвы, сохраняемая при благопріятныхъ для разложенія условіяхъ температуры и влажности, должна потерять свою темную окраску; между тѣмъ этого, навѣрное, случиться въ замѣтной степени не можетъ. Раманнъ, признавая истиннымъ среднее мнѣніе о быстротѣ окисленія гумуса, т. е. постепенное пониженіе энергіи процесса, считаетъ, что признаніе одинаковой энергіи разложенія вначалѣ процесса и за все время противорѣчитъ термохимическимъ законамъ и допустимо лишь для элементарныхъ химическихъ тѣлъ (Forstl. Bodenkunde. 225). Оставляя въ этомъ положеніи вопросъ о томъ, можетъ ли минерало-органическое вещество вполнѣ исчезнуть изъ почвы при обыкновенныхъ условіяхъ, и какъ скоро идетъ его разложеніе, необходимо признать тотъ фактъ, что вообще оно *окисляется* съ выдѣленіемъ углекислоты. Это подтверждается и анализами почвеннаго воздуха, и эмпирическими данными по уменьшенію содержанія гумуса въ почвѣ. Въ упомянутой работѣ Дегерена находимъ (Comptes rendus 1896, p. 282) фактическія указанія на то, что подъ вліяніемъ разнообразной культуры безъ удобренія участки Гриньонскаго опытнаго поля потеряли впродолженіи 10 лѣтъ половину содержавшагося въ нихъ органическаго вещества. Такія же сравнительныя указанія мы находимъ въ новѣйшей американской литературѣ. Г. Снайдеръ (Bullet. 53) говоритъ на основаніи полевыхъ опытовъ, что окисленіе гумуса, указаніемъ чего онъ считаетъ постепенную потерю азота, идетъ быстрѣе въ началѣ, а потомъ устанавливается состояніе

близкое къ равновѣсію (вѣроятно, для данной системы хозяйства), и окисленіе идетъ уже медленнѣе. Участокъ бывшій постоянно подъ пшеницей содержалъ 3% гумуса, подъ сѣвооборотомъ 3.50—3.80%. Участокъ находившійся 35 лѣтъ въ правильномъ сѣвооборотѣ, имѣлъ 3.32% гумуса, а подобный же участокъ, бывшій 35 лѣтъ подъ зерновыми хлѣбами, только 1.80%. Снайдеръ дѣлаетъ также указаніе, что гумусъ новины бѣднѣе углеродомъ, чѣмъ гумусъ старопашки. Подобныя цифры даетъ и Ладдъ (North Dacota Exp. St. B. 35) относительно старыхъ и новыхъ почвъ сѣверной Дакоты. Старая содержала гумусу (экстракта) 1.56%, а новая—2.53%. По мѣрѣ исчезновенія гумуса уменьшается и содержаніе въ немъ золы. На это указываетъ и Ладдъ, да и въ нашихъ сравнительныхъ данныхъ для двухъ образцовъ почвы Полтавскаго опытнаго поля видимъ рѣзкую разницу: гумусъ съ залежнаго участка за послѣдніе 15 лѣтъ имѣлъ 11.5% золы, а съ участка подъ безпрерывной культурой ржи только 3.6%. Изъ этихъ немногихъ данныхъ позволительно все-таки видѣть, что и при медленности окисленія гумуса возможно постепенное его исчезновеніе, особенно съ помощью культурныхъ пріемовъ обработки, которые рѣзко мѣняютъ условія существованія гумуса, сравнительно съ условіями его первоначальнаго накопленія.

Оставляя, какъ упомянуто выше, вопросъ о быстротѣ окисленія гумуса до болѣе благопріятныхъ условій работы, считаемъ возможнымъ привести здѣсь нѣкоторыя наблюденія, относящіяся къ участи гумуса въ почвѣ, сдѣланныя съ одной спеціальной точки зрѣнія, именно въ связи съ составомъ среды, въ которой онъ отлагается. Наши наблюденія въ этомъ направленіи вызваны ранѣе описанными опытами и наблюденіями надъ просачиваніемъ растительныхъ вытяжекъ въ порошкообразную среду.

Выше приведенныя наблюденія надъ осадками вытяжекъ и осадками черной почвенной вытяжки показываютъ, что эти коллоидальные осадки, соединяясь съ известью, искуственно къ нимъ подмѣшанною или входящею въ составъ почвы, теряютъ свой коллоидальный характеръ, темнѣютъ, принимаютъ плотную консистенцію и при высыханіи растрескиваются на комочки; въ то же время, въ отличіе отъ коллоидальнаго сгустка, быстро и сильно заростающаго плѣсневыми грибами, известковыя соединенія осадковъ *не даютъ* плѣсневой растительности. Это заставляетъ предположить, что въ разложеніи такихъ соединеній могутъ иг-

рать роль преимущественно бактерій и химическое окисленіе *). Между сгустками вытяжекъ растительныхъ и вытяжки почвенной та разница въ этомъ отношеніи, что первые иногда слегка зацвѣтаютъ въ отдѣльныхъ пунктахъ, а на послѣдней плѣсени совсѣмъ наблюдаемо не было.

Г. Нефедовъ описываетъ однако случаи (С. Х. и Л. 1897, I), когда грибы „набрасываются на гуминовыя вещества какъ въ томъ случаѣ, когда гуминовыя вещества находятся въ растворѣ, такъ и въ томъ, если они находятся въ нерастворимомъ видѣ— въ состояніи гуминовоизвестковой соли или гуминовой кислоты". Обстоятельства, при которыхъ это наблюденіе было сдѣлано, заставляютъ однако думать, что случай былъ болѣе сложнаго характера. Известковое соединеніе гумуса было смѣшано съ минеральнымъ питательнымъ растворомъ, пронизано корнями, и притомъ плѣсень появлялась послѣ нѣкотораго промежутка времени отъ начала опыта. Есть много основаній полагать, что передъ появленіемъ плѣсени известковое соединеніе претерпѣло измѣненія подъ вліяніемъ обмѣннаго разложенія и корней, такъ что лишилось хотя отчасти своей извести; происшедшая тогда гуминовая кислота и заплѣснѣвѣла.

Пр. Костычевъ указываетъ также, что черноземъ, поддерживаемый во влажномъ состояніи долгое время, зарастаетъ грибами, появляются даже крупныхъ видовъ миксомицеты (Образ. и свойства перегноя, С. Х. и Л. 1890, стр. 141). При всѣхъ усиліяхъ повторить такой опытъ, оставляя влажный черноземъ на нѣсколько мѣсяцевъ во влажной камерѣ, мы не могли ни разу подтвердить появленіе грибовъ плѣсневыхъ или миксомицетовъ. Послѣ очень долгаго пребыванія отобранной черноземной крупки во влажной камерѣ появились на комочкахъ ея бѣлые налеты нитевиднаго

*) Въ связи съ этимъ не мѣшаетъ отмѣтить, что по извѣстнымъ мнѣ наблюденіямъ плѣсневые грибы не нуждаются въ извести для своего развитія. По Бенеке (Jahrb. f. Agric. Chemie 94. S 178) насколько необходимъ магній, на столько не нуженъ кальцій, и первый не можетъ быть замѣненъ вторымъ. По Молишу, грибы отличаются отъ зеленыхъ растеній тѣмъ, что не требуетъ извести (Versamml. d. Nat. u. Aerzte 1894). По анализамъ Кайете (Comptes rendus 1876) шляпочные грибы на гниломъ деревѣ, вбирая сполна щелочи и фосфоръ, очень мало содержатъ магнія и кальція, и то лишь въ сморчкѣ.

характера, но оказались состоящими изъ четочно соединенныхъ бактерій. Такія бѣловатыя колоніи только на простой глазъ похожи на плѣсневый налетъ. Прививка ихъ въ бульонъ и на картофель не дали и признаковъ присутствія плѣсени, а получались только колоніи бактерій, ближе пока нами неизслѣдованныя. Поэтому мы склонны объяснять приводимыя пр. Костычевымъ наблюденія скорѣе условіями опыта: или взятая имъ почва содержала свѣжіе растительные остатки, всегда заростающіе плѣсенью, или усердной поливкой, которую онъ считалъ необходимой для обновленія воздуха въ массѣ почвы (стр. 140), настолько освобождался верхній слой отъ извести, что развитіе грибовъ дѣлалось возможнымъ. Объ этомъ послѣднемъ явленіи будетъ рѣчь дальше.

Въ другой статьѣ того же автора (О нѣкоторыхъ свойствахъ и составѣ перегноя. С. Х. и Л. CLXV, с. 128—129) находимъ еще указаніе, что почва, взятая въ своемъ естественномъ видѣ, происходящая изъ имѣнія Энгельгардта, оставленная во влажномъ состояніи, покрылась массой плѣсени, особенно при прибавкѣ амміака. Въ этомъ случаѣ важно для сужденія знать природу почвы, и судя по происхожденію послѣдней нельзя считать, что это— черноземная крупка, а просто богатая еще свѣжимъ органическимъ веществомъ почвенная смѣсь. Впрочемъ на с. 130 мы находимъ и у него указаніе на то, что отъ прибавленія извести плѣсень *не развивалась*. Костычевъ склоненъ приписывать это избытку извести (10%), но и при 2% извести тоже было меньше плѣсени (129).

На основаніи сказаннаго мы склонны считать отсутствіе плѣсневыхъ грибовъ характернымъ признакомъ существованія и разложенія гумуса соединеннаго съ известью, такъ называемой гуминовоизвестковой соли, какъ въ чистомъ состояніи, такъ и въ почвѣ.

Сравнительное наблюденіе тѣхъ измѣненій, которыя претерпѣваются при своемъ разложеніи чистымъ коллоидальнымъ и плотнымъ известковымъ осадкомъ какъ гумуса, такъ и вытяжекъ, показываетъ существенныя отличія.

Коллоидальный чистый осадокъ, оставаясь и послѣ высушиванія растворимымъ въ водѣ, легко расплывается, а известковое соединеніе только растрескивается и распадается на порошкова-

тую массу, лишь слегка окрашивая воду. Коллоидальный осадокъ, подъ вліяніемъ плѣсени, быстро уменьшается въ объемѣ, отдѣляя обильный желтоватый растворъ, такъ что послѣ двухъ мѣсяцевъ разложенія отъ нѣсколькихъ кубическихъ сантиметровъ такого осадка осталось лишь едва замѣтное количество чернаго вещества той же консистенціи; этотъ осадокъ, очень богатый грибными спорами, болѣе не зарасталъ грибницей. Разжижающее дѣйствіе плѣсени на коллоидальный гумусовый сгустокъ напоминаетъ разжижающее дѣйствіе ея на желатинъ. Такъ какъ остатокъ сгустка пребывалъ въ прежнемъ коллоидальномъ состояніи, то естественно думать, и составъ его, и связь минеральной и органической части остаются не нарушенными; другими словами, характеръ состава остался прежнимъ. При смѣшеніи съ известью получилось плотное известковое соединеніе, какъ и изъ первоначальной вытяжки. Въ виду небольшихъ количествъ такого остатка, мы не могли заняться его детальнымъ изслѣдованіемъ, кромѣ сожиганія, для полученія общаго количества золы.

Въ противоположность описанному, известковое соединеніе, постепенно подсыхая, не измѣняло своего видимаго объема. Разложеніе его шло, очевидно, съ выдѣленіемъ только газообразныхъ продуктовъ, такъ какъ никакой жидкости не выдѣлялось.

Самое же разложеніе или медленное окисленіе было установлено слѣдующимъ наблюденіемъ. Послѣ нѣкотораго сохраненія въ закрытомъ отъ пыли сосудѣ, известковыя соединенія черныхъ вытяжекъ разныхъ почвъ приняли съ поверхности сѣроватый оттѣнокъ, который, при небольшомъ увеличеніи, оказался зависящимъ отъ минеральныхъ выдѣленій, покрывшихъ поверхность вещества.

Если при накладываніи мягкаго матеріала на стекло, ему придавался съ поверхности неровный ребристый видъ, то узкія пластинки реберъ дѣлались съ теченіемъ времени прозрачными и состояли изъ минеральныхъ выдѣленій разнаго характера. Въ одномъ случаѣ были нитеобразные параллельные выпоты, въ другихъ неправильной формы прозрачные комочки и свертки. Небольшое количество матеріала позволило намъ только отчасти ознакомиться съ составомъ такихъ минеральныхъ выдѣленій. Они были взяты въ сухомъ видѣ подъ микроскопъ и срисованы, а потомъ подъ покровное стеклышко была пущена капля воды, растворившая постепенно кристаллическое выдѣленіе; стадіи раст-

воренія видны на рисункѣ 6. Когда оно закончилось, на мѣстѣ остался слабый контуръ бывшаго выдѣленія въ видѣ мельчайшихъ коричневыхъ точекъ органическаго вещества.

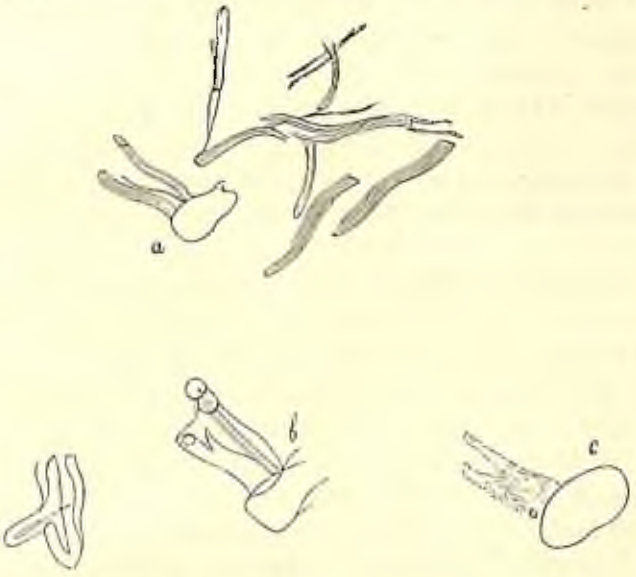

Рис. 6. Кристаллическія выдѣленія нейтральнаго гумуса.
a. b. c. Стадіи послѣдовательнаго растворенія въ каплѣ воды.

Появленіе кристаллическихъ продуктовъ вывѣтриванія можно наблюдать и на чистомъ гуминовомъ осадкѣ (безъ Ca), если его высушить и держать въ сухомъ мѣстѣ. Поверхность вещества покрывается тогда тонкой грибницей и кристалликами растворимыми въ водѣ.

Въ другихъ примѣрахъ были наблюдаемы болѣе сложныя явленія: во взятомъ съ вывѣтрившейся поверхности матеріалѣ не замѣчалось растворимыхъ въ водѣ веществъ; прибавляя минимальное количество лимонной или соляной кислоты, видно бурное отдѣленіе углекислоты, происходящей изъ остатка углекислой извести. Одѣтые органическимъ веществомъ кусочки извести тающъ постепенно, питая пузырьки газа; рядомъ съ этимъ можно было замѣтить и таяніе другихъ кусочковъ не сопровождаемое выдѣленіемъ газа, кусочковъ принадлежащихъ, надо думать, другимъ, не углекислымъ минеральнымъ соединеніямъ, освобожденнымъ отъ связи съ органическимъ веществомъ, за исчезновеніемъ послѣдняго. Кромѣ того, нѣкоторыя частицы остают-

ся нерастворимыми, несмотря на сильное подкисленіе, и мы склонны считать ихъ за аморфную кремневую кислоту. Попытки ближайшаго микрохимическаго изслѣдованія не дали намъ по незначительному количеству матеріала вполнѣ ясныхъ результатовъ, и мы ихъ приводить здѣсь не будемъ. Такого рода вывѣтриваніе зависитъ—надо полагать—и отъ дѣйствія микробовъ, и отъ химическаго окисленія; такъ какъ процессъ продолжается и при очень сухомъ состояніи матеріала, то химическому окисленію должна быть приписана замѣтная роль. Такимъ образомъ, процессъ снабженія почвы органическимъ веществомъ, начавшись съ выщелачиванія, кончается постепеннымъ исчезновеніемъ органогеновъ и параллельнымъ освобожденіемъ минеральныхъ элементовъ, или совершенно обратно тому, что признавалось раньше, т. е. сначала выщелачиваніе солей, и образованіе чистаго органическаго вещества. Интересно отмѣтить слѣдующее: Рамаппъ, установивши наблюденіемъ фактъ постепеннаго относительнаго обогащенія золой разлагающагося вещества лѣсной подстилки, все таки не желаетъ усмотрѣть, что зольныя части вымываются лишь постепенно, по мѣрѣ освобожденія органическимъ веществомъ, и принужденъ поэтому прибѣгнуть къ выводу, что *вымываніе отстаетъ по быстротѣ отъ разложенія*. (Forstl. Bodenkunde, 274). Выводъ—очень рѣшительный и предполагаетъ только недостатокъ влаги, хотя промываніемъ взятаго образца передъ анализомъ въ лабораторіи, которое даже обязательно для удаленія растворимыхъ частей, можно бы убѣдиться, что *вымываніе можетъ взять лишь вымываемую золу*, и всегда успѣетъ ее взять, принимая во вниманіе среднюю относительную влажность лѣснаго гумуса за годъ.

Приведенныя наблюденія соотвѣтствуютъ извѣстному наблюденію Бертло и Андре надъ окисленіемъ гуминовой кислоты (Ann. de ch. et de phys. XXV, p. 65). Гуминовой кислотой покрывалась внутренняя поверхность колбы, и отъ дѣйствія свѣта, даже разсѣяннаго, черный оттѣнокъ мѣнялся на желтый, особенно на мѣстахъ съ тонкимъ слоемъ обмазки; при этомъ образуется замѣтное количество углекислоты. Авторы настойчиво указываютъ на чисто химическій характеръ этого окисленія, идущаго независимо отъ вліянія микробовъ, „которымъ часто приписывается исключительная роль въ процессѣ образованія углекислоты на счетъ перегнойныхъ веществъ“ (ibid. 420).

Въ результатѣ этихъ наблюденій мы видимъ, что минералоорганическое вещество почвы въ соединеніи съ известью, въ противоположность свободному отъ извести, находится въ такомъ состояніи, въ которомъ оно можетъ играть нѣкоторую роль въ питаніи растеній. Оно не расплывается и не вымывается изъ почвы въ этомъ состояніи, оно не разлагается плѣсневыми грибками, способными быстро уничтожать субстраты, на которыхъ поселяются; при окисленіи оно выдѣляетъ минеральныя соединенія, растворимыя и легко доступныя растительнымъ корнямъ, и доступныя нитрификаціи, *потому что само органическое вещество пребываетъ нерастворимымъ*

Въ свободномъ же отъ извести видѣ минералоорганическое вещество остается мало прочной прибавкой въ почвѣ; оно легко размывается водой, быстро разлагается плѣсневыми грибами, превращается въ слабый растворъ органическаго вещества, который расходится въ почвѣ.

Этимъ различнымъ характеромъ объясняется въ нѣкоторой мѣрѣ разница почвенныхъ образованій богатыхъ гумусомъ нейтральнымъ и гумусомъ кислымъ (въ смыслѣ—сыраго, свободнаго), и значеніе известкованія. Отсюда вытекаетъ первостепенная важность присутствія въ почвѣ извести, какъ необходимаго условія для задержанія и закрѣпленія минералоорганическихъ соединеній и такимъ путемъ для накопленія въ почвѣ гумуса въ нейтральномъ состояніи.

Въ виду такой существенной роли извести въ почвѣ, интересно уяснить, насколько этотъ выводъ соотвѣтствуетъ сложившимся наличнымъ мнѣніямъ и отдѣльнымъ наблюденіямъ, относящимся къ этой сторонѣ вопроса. Полагаемъ, что касаясь этихъ мнѣній, мы можемъ не трогать однако всей долгой исторіи вопроса объ извести и известкованіи во всей ея полнотѣ.

Въ вопросѣ о значеніи извести въ почвенныхъ процессахъ разложенія поражаетъ прежде всего то, что эмпирическія воззрѣнія, подтверждаемыя долгой практикой, нерѣдко противорѣчатъ результатамъ имѣющихся лабораторныхъ изслѣдованій. Вполнѣ сложившееся и ставшее уже безличнымъ и принятымъ положеніе объ извести, какъ факторѣ повышеннаго плодородія почвъ, приведенія въ подвижное состояніе ея запасовъ питательныхъ веществъ, обогащенія отцовъ на счетъ дѣтей—имѣетъ чисто эмпирическія основанія. Пониженіе плодородія послѣ временнаго повы-

шенія урожаевъ при одностороннемъ пользованіи известью—сводится всегда на истощеніе почвенныхъ запасовъ и преимущественно на усиленное разрушеніе органическаго вещества.

Изслѣдованія точнаго характера по этому вопросу немногочисленны. Э. Вольфъ (L. V. St. 1859), примѣшивая ѣдкую известь къ разлагающемуся навозу, нашелъ черезъ 15 мѣсяцевъ, что известь *понижаетъ* потерю органическаго вещества и затрудняетъ разложеніе. Несперъ въ опытахъ съ торфомъ, костяной мукой, нашелъ тоже замедленіе разложенія отъ дѣйствія извести. Въ опытахъ Петерсена (L. V. St. 18 70) углекислая известь—наоборотъ—усиливала разложеніе кислыхъ гумусовыхъ матеріаловъ, перегноя тяжелой почвы и перегнившей древесины очень кислой реакціи. Вольни производилъ опыты съ мелкоизрѣзанной соломой и торфянымъ порошкомъ, и въ первомъ случаѣ ѣдкая известь понизила разложеніе, а во второмъ повысила. Вольни сдѣлалъ обобщеніе, что известь замедляетъ разложеніе свѣжаго матеріала и ускоряетъ дальнѣйшее разложеніе стараго. Дальнѣйшіе его опыты (Die Zersetz. etc.) показали явленіе замедленія еще болѣе рѣзко, но вмѣстѣ съ тѣмъ вовсе не поддерживаютъ вывода объ ускоряющемъ вліяніи на разложеніе стараго вещества; по крайней мѣрѣ, результаты выпадаютъ на обѣ стороны, что и понятно въ виду сложности процесса и неопредѣленности слишкомъ простой постановки опыта. Автору приходится по этому объяснять малое выдѣленіе углекислоты изъ торфяной и навозной смѣси связываніемъ ея известью, тогда какъ страницей раньше онъ подробно вычисляетъ, что такое вліяніе, какъ оно дѣйствительно и есть, не можетъ быть признано значительнымъ. За то всегда углекислая известь выдѣляетъ свою углекислоту при смѣшеніи съ органическимъ веществомъ, что и можно видѣть, но никогда не поглощается та углекислота, которой еще предстоитъ образоваться путемъ разложенія. Это совершенно ясно изъ цифръ на стр. 133 (ibid), гдѣ ѣдкая известь сильно понижала выдѣленіе газа, а углекислая или не измѣняла, или повышала оное. Простое наблюденіе указываетъ на выдѣленіе пузырьковъ газа при соединеніи органическаго вещества съ углекислой известью, и происходитъ этотъ газъ можетъ только изъ известковой соли. Такимъ образомъ, мы склонны думать, что опыты Вольни далеко не доказываютъ усиленнаго разложенія подъ вліяніемъ извести, а скорѣе имѣютъ обратное значеніе, если оставить имъ то толкованіе, которое согласно со всѣмъ ходомъ

изслѣдованія. Считая свой выводъ доказаннымъ, Вольни даетъ ему такое объясненіе: „это вліяніе извести на разложеніе уже разлагающихся веществъ основывается на томъ, что образовавшіяся гуминовыя кислоты образуютъ съ известью соли, которыя *какъ обыкновенно принимается* (курсивъ нашъ) легче разложимы, чѣмъ несвязанныя кислоты“ (Стр. 133). Къ сожалѣнію, это послѣднее положеніе, которое и предполагалось собственно доказать опытами, остается опять въ воздухѣ, и объясненіе Вольни вернулось къ точкѣ своего исхода Прямой опытъ Вольни надъ разложеніемъ гуминовой кислоты и гуминово известковой соли даетъ лишь суммарный отвѣтъ, въ которомъ не приняты во вниманіе особенности постановки опыта, необходимыя для разныхъ по консистенціи веществъ. Въ то время какъ гуминовоизвестковая соль распадается на крупинки, которыя смѣшиваются съ пескомъ и даютъ легко проницаемую смѣсь, гуминовое коллоидальное вещество расплывается и даетъ плотный комокъ въ смѣси съ пескомъ, мало и неравномѣрно проницаемый для воздуха; къ тому же не указана ни Т° разложенія, ни состояніе поверхности вещества: была ли она чистая или покрыта плѣсенью.

Изслѣдованія пр. Костычева по этому вопросу сдѣланы раньше Вольни и даютъ противоположные выводы. Въ опытахъ Петерсена онъ отмѣтилъ неравномѣрное выдѣленіе углекислоты, понижающееся отъ начала къ концу опыта и заставляющее думать о разложеніи углекислой извести. Опыты Опритова надъ разлагающейся листвой, приводимые Костычевымъ, показываютъ скорѣе замедляющее дѣйствіе и притомъ тѣмъ большее, чѣмъ больше прибавлено углекислой извести (стр. 41, Почвы etc.). У Костычева находимъ и единственный опытъ съ черноземомъ, въ которомъ тоже устанавливается замедленіе, и ни въ какомъ случаѣ не усиленіе выдѣленія углекислоты отъ примѣси извести.

Такимъ образомъ, произведенные до сихъ поръ опыты при элементарной постановкѣ показываютъ довольно согласно, что какъ на свѣжее органическое вещество, такъ и на почвенный перегной примѣсь извести дѣйствуетъ понижающимъ разложеніе образомъ. Случаи сильнаго временнаго выдѣленія углекислоты удовлетворительно объясняются разложеніемъ прибавленной углекислой извести при соединеніи съ кислыми органическими соединеніями. Вообще же нельзя не признать, что сложный біологическій характеръ явленій разложенія заставляетъ желать другихъ

болѣе детальныхъ методовъ постановки соотвѣтствующихъ опытовъ, въ которыхъ были бы приняты во вниманіе не только *видимое* тождество или различіе матеріаловъ, но и ихъ физическія свойства, а также и характеръ живыхъ факторовъ разложенія. Наконецъ, самый обычный, неоспоримый и повсемѣстный фактъ, что весь перегной культурныхъ почвъ представляетъ известковое соединеніе минерало-органическихъ веществъ—говоритъ именно за консервирующее, а никакъ не за разлагающее вліяніе извести при данныхъ климатическихъ условіяхъ; если бы прямое вліяніе извести было такое, то перегноя не было бы и не могло бы образоваться ни на лессѣ, ни на известнякахъ. Такое смѣлое заключеніе о невозможности существованія гумуса въ известковой средѣ и было высказано г. Заломановымъ (см. дальше), но оказалось въ полномъ противорѣчіи съ дѣйствительностью.

Разбирая эти спеціально поставленные опыты, какъ будто вызванные эмпирическимъ воззрѣніемъ, не трудно однако видѣть, что результаты ихъ, если бы даже они и доказывали усиленное разложеніе гумуса подъ вліяніемъ извести, вовсе не были бы убѣдительны для практиковъ. Мы видѣли, что очень неустойчивыя и въ обѣ стороны колеблющіяся показанія—и тѣ достигаются только при участіи очень крупныхъ сравнительно количествъ извести: прибавляя въ опытѣ на 100 гр. почвы 20 извести—это значитъ (Буссенго I, 203) внести 48.000 пудовъ на гектаръ, что вовсе не было бы обычнымъ *известкованіемъ*. Эта разнородность постановки спеціальныхъ опытовъ и тѣхъ практическихъ мѣропріятій, которыя вызвали мнѣніе о вліяніи извести на окисленіе гумуса, еще болѣе склоняетъ насъ къ мысли, что нельзя и ожидать естественнаго согласія результатовъ первыхъ и вторыхъ, и предполагать, что они взаимно другъ друга поддерживаютъ. Это—въ томъ случаѣ, если бы такое согласіе было хотя видимое, а на самомъ дѣлѣ опыты даютъ противоположные результаты и прямо снимаютъ съ извести взведенное на нее обвиненіе.

Это обвиненіе, скажемъ словами Буссенго (I, 204), который считалъ главную роль за гумусомъ, способнымъ сопротивляться извести, основано „на теоріяхъ настолько же претенціозныхъ, на сколько и ошибочныхъ“.

Вообще отношеніе изслѣдователей къ содержащейся въ почвѣ извести и разнымъ формамъ ея соединеній остается довольно суммарнымъ. Болѣе внимательно къ ней отнесся П. де-Мондезиръ

(Comptes rendus CVIII и CXV); обращая вниманіе на то, что обычно опредѣляется въ почвѣ лишь общее количество извести, и химики показываютъ ее часто всю за углекислую. онъ видитъ въ этомъ источникъ ошибокъ въ опредѣленіи потребности известковаго удобренія; тѣ почвы, съ которыми работалъ Мондезиръ, содержали около половины своей извести въ соединенномъ состояніи, и только половина оставалась въ видѣ углекислой. Это присутствіе углекислой извести рядомъ съ перегнойно-известковымъ соединеніемъ различно для разныхъ почвъ.

По нашимъ наблюденіямъ, приведеннымъ выше, только при участіи извести минерало-органическое соединеніе и принимаетъ свою прочную форму, неподвержено размыванію и быстрому разложенію. Наблюденія согласны съ выводами пр. Костычева и сходятся съ результатами, хотя и не выводами, Вольни.

Это положеніе подтверждается также наблюденіями и соображеніями пр. Гилгарда, относящимися къ американскимъ почвамъ (Wollny's Forschungen 4). Соотвѣтственно сложившемуся среди русскихъ ученыхъ мнѣнію о связи распространенія чернозема съ предѣлами распространенія лессовыхъ образованій, онъ прибавилъ, что и американскія богатыя гумусомъ почвы прерій отличаются богатымъ содержаніемъ извести.

Въ Россіи зависимость образованія чернозема отъ лессовидныхъ породъ указана А. П. Карпинскимъ, по мнѣнію котораго черноземъ представляетъ лессъ проникнутый растительнымъ перегноемъ. Далѣе онъ высказываетъ, что вліяніемъ процесса перегниванія углекислая известь лессоваго вещества обращается въ двууглекислую соль уносимую водой (изложено по цитатамъ въ „Черноземѣ" пр. Докучаева). Соотвѣтствіе чернозема лессу указываетъ г. Агапитовъ относительно сибирскаго чернозема. Пр. В. В. Докучаевъ въ брошюрѣ о сибирскомъ черноземѣ (1882, стр. 27) говоритъ, что лессъ не есть исключительное условіе образованія чернозема, а только является однимъ членомъ среди другихъ подстилающихъ породъ. Съ точки зрѣнія главнаго значенія извести для закрѣпленія перегноя въ почвѣ—вопросъ объ исключительномъ значеніи лесса однако не такъ важенъ, потому что всѣ подстилающія породы, которыя содержатъ известь, могли служить мѣстомъ отложенія перегноя. А что известь въ нихъ была, достаточно ясно изъ того, что во всѣхъ почвахъ минерало-органическое вещество всегда соединено съ известью. Это соединеніе не—общая

случайность, а необходимое условіе продолжительнаго существованія гумуса въ почвѣ.

Н. П. Заломановъ въ своемъ докладѣ 1879 года (Труды Имп. В. Э. Общ-ва) съ одной стороны признаетъ, что известь должна играть роль въ образованіи чернозема, давая нерастворимое въ водѣ перегнойное соединеніе, но такъ какъ (по мнѣнію автора, сложившемуся—очевидно—на основаніи общихъ эмпирическихъ воззрѣній) это соединеніе непрочно, то черноземъ не можетъ образоваться въ почвѣ, заключающей значительное количество углекислой извести, вслѣдствіе задержанія органическаго вещества въ верхнемъ слоѣ и быстраго разложенія. Послѣ такого рѣшительнаго обвиненія противъ извести, автору пришлось искать въ почвѣ другихъ составныхъ частей, могущихъ закрѣпить перегной. Лабораторный опытъ указалъ на квасцы.

Теперь является вопросъ, какъ же можно примирить положеніе о необходимости извести для образованія и сохраненія нейтральнаго гумуса съ общеизвѣстнымъ фактомъ объ истощеніи почвъ подъ вліяніемъ известкованія?

Мы склонны думать, что многообразность вліянія извести на почву, независимо отъ ея прямаго дѣйствія на окисленіе гумуса, не должна быть упускаема изъ вниманія при обсужденіи эмпирическихъ заключеній. Обусловливаемое ею улучшеніе физическихъ свойствъ почвы, благопріятное для питанія растеній, химическое дѣйствіе на минеральную часть почвы—все прежде всего способствуетъ повышенію урожаевъ, а косвенно и большему окисленію гумуса. Во всѣхъ случаяхъ усиленнаго развитія растеній гумусъ пропадаетъ быстрѣе. Въ опытахъ съ культурой маиса въ горшкахъ г.г. Уилера, Сарджента и Хартвеля (Amer. Chem. Society 1899, 11) удобренные известью горшки дали высшіе урожаи, но за то и сильнѣе уменьшилось содержаніе гумуса въ почвѣ.

Вмѣсто принятія непосредственнаго окисляющаго дѣйствія извести на гумусъ, чего прямые опыты не подтверждаютъ, а скорѣе отрицаютъ, эмпирическія наблюденія естественнѣе объясняются косвеннымъ вліяніемъ известкованія. Съ В. Вольфа извѣстно и много разъ подтверждено, что известь въ различныхъ формахъ имѣетъ еще и прямое вліяніе на ростъ корневой системы, и значеніе корневой системы въ ускоренномъ исчезновеніи гумуса наблюдалось тоже неоднократно, къ какому бы роду оно ни принадлежало: будемъ ли мы объяснять его окисляющимъ вліяніемъ корневыхъ

выдѣленій (какъ Молишъ) прямымъ поглощеніемъ (какъ французскіе ученые) или электролитическимъ дѣйствіемъ корня, какъ указывалъ въ прошломъ году P. Конъ (L. V. St. 1899). Вопросъ о прямомъ поглощеніи растворовъ гумуса, по необходимости слабыхъ, стоитъ въ послѣднее время опять на очереди, благодаря работамъ Дегерена и Бреаля. Въ статьѣ послѣдняго (Ann. agron. 1894) интересно отмѣтить слѣдующую ссылку на работы Дегерена, въ подтвержденіе непосредственнаго значенія корней въ процессѣ исчезновенія гумуса изъ почвы: „маисъ не только усиленно развивается на почвахъ богатыхъ гумусомъ, но и заставляетъ этотъ гумусъ исчезать. Участки заросшіе настолько густо, что не допускаютъ обработки, обѣдняются углеродомъ быстрѣе, чѣмъ участки подъ растеніями, допускающими мотыженіе, хотя въ послѣднемъ случаѣ почва постоянно обрабатывается и остается открытой для окисляющаго дѣйствія воздуха“ (p. 363).

На ряду съ другими наблюденіями, относящимися къ нашимъ этюдамъ, мы для выясненія вліянія корней сдѣлали слѣдующую постановку: ранѣе описанный узкій пластинчатый сосудъ, плотно набитый хорошей черноземной почвой, предварительно растолченной, чтобы ростъ корней былъ не слишкомъ быстрый, засѣвался пыреемъ очень густо; сосудъ оставался на солнечной сторонѣ четыре мѣсяца при достаточной поливкѣ; пырей росъ сильно, и корни оплели почву сѣткой, постепенно рѣдѣющей къ низу сосуда. По окончаніи опыта почва была высушена, и верхняя густо - оплетенная корнями часть отдѣлена отъ нижней. Освобожденные отъ корней оба образца почвы были измельчены и выщелочены слабымъ амміакомъ, и верхняя вытяжка, по приблизительному колориметрическому опредѣленію, содержала красящаго органическаго вещества въ пять разъ меньше, чѣмъ нижняя. Полагая, что выщелачиваніе извести поливной водой четыре мѣсяца происходило по крайней мѣрѣ одинаково, и въ верхней части даже болѣе, чѣмъ въ нижней, мы все таки находимъ, что въ первой растворимаго гумуса осталось меньше, чѣмъ въ нижней. Такой результатъ тоже заставляетъ думать, что подъ вліяніемъ большей массы корней гумусъ разлагается сильнѣе. Наблюденія садовой культуры надъ быстрымъ исчезновеніемъ гумуса въ садовыхъ горшкахъ подъ вліяніемъ корней относятся къ той же категоріи.

Сопоставляя указанныя наблюденія вмѣстѣ, мы склонны считать вліяніе извести на усиленное окисленіе гумуса *косвеннымъ*,

въ зависимости отъ улучшенія физическихъ свойствъ среды и главнымъ образомъ отъ вліянія большей массы корней. Разумѣется, мы имѣли возможность коснуться этого вопроса лишь на столько, насколько считали необходимымъ для выясненія видимаго противорѣчія съ нашимъ положеніемъ о роли извести.

Всѣ отдѣльные указанные моменты, вызывающіе окисленіе и исчезновеніе гумуса, какъ медленное самоокисленіе, разложеніе грибами и микробами, физіологическое окисленіе корнями и, наконецъ, электролитическое, остаются однако крайне невыясненными, ждущими разработки; поэтому немудрено, что вопросъ объ окончательной участи гумуса, какъ матеріала для всѣхъ этихъ процессовъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ вопросъ о старомъ и молодомъ гумусѣ, остается еще неразрѣшеннымъ.

Если принимать, какъ мы сочли вѣроятнымъ выше, что отъ ежегодно прибавляющагося свѣжаго органическаго вещества нѣкоторая минимальная даже доля остается совершенно неразложимою, то въ окончательномъ разсчетѣ накопленія гумуса по формулѣ Костычева (Почвы, стр. 59) придется внести поправку въ видѣ ежегодной постоянной прибавки; эта прибавка измѣняетъ окончательный результатъ въ томъ смыслѣ, что уничтожаетъ предѣлъ накопленія гумуса, дѣлая и самое накопленіе болѣе быстрымъ. Надо замѣтить, что схема пр. Костычева обрисована въ общихъ чертахъ гораздо раньше Соссюромъ—отцомъ въ его путевыхъ запискахъ (см. Rech. chim. p. 11—12).

Кромѣ окончательной участи гумуса имѣетъ немалый интересъ и вліяніе на его сохраненіе и исчезновеніе нѣкоторыхъ главнѣйшихъ причинъ, дѣйствующихъ постоянно въ почвѣ. Всѣ наши наблюденія въ этомъ направленіи хотя и не выходятъ изъ предѣловъ предварительной попытки поднять вопросъ, насколько позволяли средства работы, но даютъ возможность высказать такое заключеніе: изъ живыхъ факторовъ окисленія гумуса надо отличать дѣйствіе плѣсневыхъ грибовъ отъ дѣйствія микробовъ и самоокисленія. Разница лежитъ и въ самомъ субстратѣ, который предпочитается тѣми и другими, и въ характерѣ получаемаго продукта жизнедѣятельности. Наблюдая быстрое исчезновеніе субстрата, выдѣленіе растворимой части, слабую консистенцію остатка и сохраненіе въ немъ первоначальнаго органическаго характера,—все это при развитіи плѣсневыхъ грибовъ, въ противоположность плотной консистенціи известковаго соединенія, постепенному осво-

божденію изъ него минеральныхъ соединеній—мы должны принять, что условія развитія плѣсневыхъ грибовъ въ почвѣ надо признать нежелательными съ точки зрѣнія сохраненія гумуса. Другими словами, исчезновеніе извести изъ минералоорганическаго соединенія, ведущее къ заселенію послѣдняго грибками, вызываетъ его ускоренное разрушеніе, перемѣну консистенціи и нарушаетъ процессъ освобожденія минеральныхъ соединеній.

Это явленіе можно наблюдать не только на чистомъ выдѣленномъ изъ почвы гумусѣ, но и въ самой почвѣ, если ее промыть слабой соляной кислотой и затѣмъ водою до уничтоженія кислой реакціи, или *даже только водой* въ большомъ количествѣ. Промываніемъ въ обоихъ случаяхъ удаляется въ большомъ количествѣ известь. Если такую промытую почву (лучше—черноземъ) помѣстить во влажную камеру, то можно наблюдать постепенное развитіе грибницы, прозрачныя нити которой протягиваются между крупинками во всѣхъ направленіяхъ подобно телеграфнымъ проволокамъ. Черноземъ, промытый водою въ маленькомъ пластинчатомъ сосудѣ, тоже покрывается сѣткой грибницы. Въ естественномъ состояніи почвы, т. е. безъ промыванія, согласно вышеприведеннымъ наблюденіямъ, этого факта мы ни разу не могли установить.

Что продолжительное промываніе чернозема водою освобождаетъ минералоорганическое соединеніе отъ извести и тѣмъ дѣлаетъ его растворимымъ въ щелочахъ, доставляя такимъ образомъ коллоидальный субстратъ для развитія грибковъ, мы имѣли возможность убѣдиться на многихъ пробахъ. Пр. Костычевъ тоже приводитъ случаи обезцвѣченія чернозема при продолжительномъ промываніи его въ трубкѣ, приравнивая этотъ процессъ дѣйствію лѣсной растительности. Это же обстоятельство показываетъ, что коллоидальное минералоорганическое вещество и его соединеніе съ известью дѣйствительно существуетъ въ почвѣ, а не образуется искуственно, какъ высказалъ Эггертцъ.

Сопоставляя теперь первое положеніе о необходимости извести для закрѣпленія гумуса и другое—о разложеніи гуминовыхъ веществъ грибками при обѣднѣніи почвы известью, мы приходимъ къ представленію объ общихъ условіяхъ образованія и существованія минералоорганическихъ соединеній въ почвѣ.

Пополненіе исчезающаго гумуса новыми осадками возможно только при наличности углекислой извести въ почвѣ; и свободная

углекислая известь, и соединенная съ гумусомъ известь постоянно растворяются и выщелачиваются водой въ глубокіе слои*); такимъ образомъ, условія закрѣпленія гумуса не только разнятся для разныхъ почвъ и климатическихъ условій, но и для типичныхъ черноземныхъ почвъ имѣютъ опредѣленный циклъ существованія; возможность накопленія и возобновленія гумуса становится постепенно меньше, тогда какъ разложеніе даже усиливается постепенно культурными мѣропріятіями; но и безъ вмѣшательства послѣднихъ, только въ силу постояннаго выщелачиванія извести и остающагося отъ разложенія слабаго раствора органическаго вещества (см. выше о разложеніи гумуса плѣсневыми грибами) черноземныя образованія имѣютъ опредѣленный циклъ своего появленія, развитія и исчезновенія. По мѣрѣ переселенія извести въ глубокіе слои, переселенія обусловливаемаго въ значительной степени самимъ органическимъ веществомъ, доставляющимъ одинъ изъ факторовъ растворенія, углекислоту, должны ухудшаться условія ежегоднаго пополненія запаса гумуса. Въ концѣ процесса отъ гумуса вполнѣ естественно могутъ остаться лишь слѣды въ видѣ прочныхъ органическихъ соединеній, накопившихся помимо извести, сходныхъ съ тѣми, которыя вкраплены въ почвѣ и теперь (см. гл. I и рис. I).

Сравнительно быстрый, но не менѣе естественный ходъ процесса выщелачиванія видѣнъ въ случаяхъ исчезновенія гумуса подъ лѣсами, гдѣ выщелачиваніе идетъ быстрѣе. Послѣднее обусловливается большей влажностью верхнихъ слоевъ почвы и болѣе благопріятными условіями разложенія гумуса, а также, вѣроятно, и особенными свойствами проникающей въ почву вытяжки изъ лѣсной подстилки. Указывающіе на это предварительные опыты будутъ нами разработаны впослѣдствіи.

*) См. данныя Высоцкаго объ известковыхъ горизонтахъ въ черноземныхъ почвахъ (ibid. Сборный отд. 2, 35), анализы К. Шмидта (Ф. Х. изслѣдов. I.).

ЗАКЛЮЧЕНІЕ.

На основаніи представленныхъ въ предыдущемъ изложеніи наблюденій и соображеній мы считаетъ возможнымъ сдѣлать слѣдующіе выводы.

1. Только съ помощью фильтрованія черной почвенной вытяжки сквозь пористую глину можно получить чистый отъ механической примѣси гуминовый экстрактъ.

2. Зола этого экстракта содержитъ желѣзо какъ свою составную часть, и при раздѣленіи вытяжки соляной кислотой на фильтратъ и осадокъ желѣзо остается въ золѣ послѣдняго.

3. Содержаніе гумусовой вытяжки измѣнчиво для всѣхъ даже въ непосредственномъ сосѣдствѣ взятыхъ пробъ почвы, какъ равно и для слоевъ, взятыхъ съ разной глубины. Составъ золы вытяжки и содержаніе золы въ экстрактѣ не менѣе разнообразны. Такимъ образомъ, надо признать крайнее разнообразіе въ распредѣленіи растворимаго гумуса и въ его составѣ, указателемъ на что служитъ и составъ его золы.

4. Въ результатѣ сопоставленія имѣющихся въ настоящее время данныхъ о взаимной связи органической и минеральной части гумуса всего вѣроятнѣе будетъ признать между ними прочную органическую связь, подобную той, какая существуетъ въ свѣжемъ растительномъ веществѣ, и представляющую остатокъ этой послѣдней.

5. Инкрустирующія вещества, имѣющія сходство по органическому составу съ гумусомъ, похожи также на него и по содержанію и составу своей золы, что даетъ новый поводъ къ признанію ихъ непосредственными гумусообразователями.

6. Гумусообразователи проникаютъ въ почву постепенно въ видѣ водной вытяжки изъ разлагающейся растительной массы, пропитываютъ крупинки почвы и закрѣпляются въ нихъ, переходя

изъ растворимаго и коллоидальнаго состоянія въ плотное съ помощью извести.

7. Въ процессѣ гумификаціи насѣкомыя участвуютъ размельченіемъ матеріала, а черви помогаютъ освобожденію гумусообразователей отъ клѣтчатки, подобно другимъ факторамъ разложенія.

8. Вопросъ о взаимодѣйствіи почвеннаго гумуса и минеральной части почвы требуетъ новаго пересмотра надъ чистымъ отъ примѣсей матеріаломъ. Можно считать установленнымъ, что желѣзо присоединяется къ гумусу изъ почвы, послѣ закрѣпленія органическаго вещества известью.

9. Соединеніе гумуса съ известью является прочной формой органическаго вещества въ почвѣ, доставляя при своемъ окисленіи минеральныя соли въ доступномъ растенію состояніи. Разложеніе нейтральнаго гумуса идетъ инымъ путемъ, чѣмъ разложеніе гумуса кислаго, на которомъ развиваются плѣсневые грибки.

10. Известь—необходимое условіе для закрѣпленія и сохраненія гумуса; она замедляетъ, а не ускоряетъ разложеніе.

11. Вліяніе известкованія на истощеніе почвы и исчезновеніе гумуса надо признать косвеннымъ, въ зависимости отъ лучшаго развитія растеній.

12. Постепенное обѣдпѣніе почвенныхъ слоевъ известью въ результатѣ постояннаго ея растворенія и выщелачиванія ведетъ къ ускоренному исчезновенію гумуса и къ естественной смерти черноземныхъ образованій.

Опечатки.

Стран.	Строка сверху	Строка снизу	Напечатано	Должно быть.
8	21		которые	которыя
16	14		разпыхъ	разныхъ
16		13	паралелльныхъ	параллельныхъ
18		11	содержано	содержало
19	3		анализованныхъ	анализпрованныхъ
19		6	полученія	полученіе
20	9 и 10		изслѣдованныхъ	изслѣдованныхъ
23		23	огранническое	органическое
26	15		параллельные	параллельныя
29		3	мыслнмо	мыслимо
34		9	152%	1.52%
37		12	относнтельное	относительное
38		5	одинаковые	одинаковыя
45		11	этомъ	этотъ
48	1		бурныя	бурыя
60		19	но	но
61		4	1894	1884
68	19		чго	что
69	20		изъ	Изъ
92	12		къ	—
93	15		phis	phys.