

6313

Пря.

Прянищников

Учение об  
удобрении

Д. Н. Прянишниковъ.

п

631

# УЧЕНІЕ ОБЪ УДОБРЕНІИ.



Съ 39 рисунками въ текстѣ и  
VIII таблицами.

МОСКВА.

1908.

Въ 1900 году студенты Н. М. Тулайковъ и С. М. Кочергинъ составили записки моихъ лекцій по удобренію и издали ихъ съ моими исправленіями и дополненіями. Въ 1903 году вышло второе изданіе, въ основу котораго легъ тотъ же самый текстъ, съ расширеніемъ нѣкоторыхъ главъ согласно курсу 1902 — 3 года; были добавлены также рисунки.

Настоящее (третье) изданіе является значительно болѣе расширеннымъ, при чемъ нѣкоторыя главы введены вновь (напр., использование азота воздуха для приготовленія азотистыхъ удобреній), другія дополнены путемъ многочисленныхъ частичныхъ вставокъ. Истекшее со времени второго изданія пятилѣтіе позволило во многихъ случаяхъ для обоснованія выставляемыхъ положеній и иллюстрированья ихъ использовать, помимо данныхъ иностранной литературы, въ большей мѣрѣ чѣмъ прежде также и факты, добытые нашими опытными учрежденіями.

Какъ видно изъ возникновенія изданія, оно не является справочной книгой, а ставитъ своей главной задачей выяснить основныя черты современнаго ученія объ удобреніи и дать читателю руководящую нить для послѣдующей самостоятельной оріентировки.

*Д. Прянишниковъ.*

Май 1908 года.  
Петровское-Раузовское.

## ВВЕДЕНІЕ.

Тотъ курсъ, который намъ предстоитъ излагать (*ученіе объ удобреніи*) разсматривается то какъ часть *общаго земледѣлія*, то какъ часть *агрономической химіи*, при чемъ зачисленіе его въ тотъ или иной отдѣлъ можетъ нисколько не вліять на существо изложенія<sup>1)</sup>, оно является простымъ слѣдствіемъ принятія той или другой системы группировки дисциплинъ, изъ которыхъ слагается агрономія.

Какъ вообще въ прикладныхъ областяхъ знанія, такъ и въ агрономіи объединяющимъ началомъ является *не единство метода* (методы используются самые разнообразныя), а *единство цѣли*; здѣсь такой цѣлью служитъ изученіе тѣхъ явленій, съ которыми имѣетъ дѣло человѣкъ въ сельскохозяйствѣ и въ промыслѣ.

Основной же чертой сельскохозяйственнаго промысла является *массовое использование солнечной энергіи*, при чемъ аппаратами для этого использованія являются не механизмы, а организмы, и прежде всего *хлорофиллоносное растение*.

Слѣдовательно, *знаніе свойствъ этого аппарата*, знакомство съ потребностями растенія должно лежать въ основѣ агрономіи; это знаніе дается намъ *физиологіей растений* (или точнѣе: эти знанія мы суммируемъ и систематизируемъ подъ рубрикой „физиологія растений“).

Но этихъ знаній еще недостаточно для земледѣльца—нужно еще изучить *свойства окружающей среды*, чтобы знать, въ какихъ отношеніяхъ она отвѣчаетъ условіямъ наилучшаго развитія растений, и въ какихъ—не отвѣчаетъ; эти знанія мы объединяемъ подъ рубриками *почвовѣдѣнія и метеорологіи*.

---

<sup>1)</sup> Въ частности настоящій курсъ сложился изъ лекцій, читавшихся одновременно въ Московскомъ Университетѣ подъ общимъ заголовкомъ „агрономической химіи“, а въ Сельскохозяйственномъ Институтѣ—подъ рубрикой „общаго земледѣлія“.

Зная потребности растенія и свойства среды, мы можем отыскивать *приемы воздѣйствія на среду* (преимущественно почву) и *на само растеніе*, которые позволяют по возможности согласовать свойства окружающей среды съ потребностями растенія въ цѣляхъ повышенія урожая. Изученіемъ этихъ приѣмовъ занимается *земледѣліе*.

Итакъ, мы имѣемъ три послѣдовательныхъ этапа: 1) потребности растенія, 2) свойства среды и 3) способы согласованія тѣхъ и другихъ; но въ каждомъ изъ этихъ отдѣловъ мы можемъ прилагать то методы химическіе, то физическіе, то примѣнять знаніе законовъ размноженія и возникновенія формъ; для физиологій растенія это дѣлается по требованію комментарій (превращенія вещества, превращенія энергии, превращенія формы). То же и при изученіи свойствъ среды мы имѣемъ химию почвы, физику почвы, а въ послѣднее время—и стремленіе къ морфологической характеристикѣ почвъ, въ связи съ ихъ генезисомъ. При изученіи приѣмовъ воздѣйствія на среду мы имѣемъ приемы для измѣненія химическихъ свойствъ почвы (ученіе объ удобреніи) и физическихъ ея свойствъ<sup>1)</sup> (ученіе объ обработкѣ), но мы имѣемъ также рядъ воздѣйствій на само растеніе (уходъ за растеніемъ), на его форму, какъ напримѣръ обрѣзка (сокращеніе вегетаціоннаго періода для согласованія со свойствами среды—ходомъ температуры), пасынкованіе или это воздѣйствіе имѣетъ цѣлью вліять на формы не даннаго индивидуума, а всей расы (селекція). Такимъ образомъ мы можемъ расположить наши послѣдовательныя рубрики въ три горизонтальныхъ строки, объединяющихъ каждыя знанія касающіяся *того же самаго объекта* (или служащія той же цѣли), но въ то же время разбить ихъ на три вертикальныхъ столбца, въ которыхъ объединяющимъ началомъ является *методъ изслѣдованія*<sup>2)</sup>.

1) Сравнительно рѣже въ полевой культурѣ употребляются приемы воздѣйствія на свойство окружающей атмосферы, но все же и эта рубрика не совершенно отсутствуетъ: сюда относится, напр. борьба съ утренниками при помощи дымящихъ костровъ.

2) Наша таблица, конечно, не охватываетъ всѣхъ частей агрономіи, въ нее вошло лишь растеньеводство; но ее можно удобно продолжить, а именно: сельскій хозяинъ не только производитъ растительные продукты, но и ихъ перерабатываетъ, съ помощью организмовъ кивогныхъ

	Объектъ изученія.	Соответствующія дисциплины ↓	Агрономическая химія. ↓	Агрономическая физика <sup>1)</sup> . ↓	Агрономическая ботаника <sup>2)</sup> (морфологія и систематика) въ приложеніи къ земледѣлію ↓
I.	Свойства растенія.	<u>Физиологія растений.</u>	Химія растений.	Физиологія физических.	Физиологія размноженія (генезисъ формъ)
II.	Свойства окружающей среды.	<u>Почвовѣдѣніе.</u> <u>Метеорологія.</u>	Химія почвы (и атмосферы).	Физическія свойства почвъ. Физика въ приложеніи къ явлениямъ атмосферическимъ.	3).
III.	Способы согласованія I и II (воздѣйствіе преимущественно на почву и растеніе).	<u>Земледѣліе.</u>	Воздѣйствіе на химизмъ почвы (ученіе объ удобреніи).	Воздѣйствіе на физическія свойства почвы (ученіе объ обработкѣ).	Воздѣйствіе на растеніе (пріемы ухода и селекціи).

1) Мы не употребляемъ новаго термина, говоря „агрономическая физика“, такъ какъ въ Германіи этимъ именемъ обозначается цѣлое направленіе къ изученію явленій сельскохозяйственныхъ и журналъ проф. Вольфа, наиболее важнаго представителя этого направленія, носилъ названіе „Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik.“

2) Точно также въ Германіи существуютъ учрежденія подъ именемъ „Agriculturbotanische Versuchsanstalt“, напр въ Мюнхенѣ.

3) Сюда можно помѣстить рубрику „Морфологическія особенности почвъ въ связи съ ихъ генезисомъ“, но тогда бы пришлось заглавіе столбца сдѣлать болѣе общимъ.

Если мы прочтемъ заглавія отдѣловъ, попавшихъ въ первый столбецъ (химія растенія, химія почвы, химія удобрения), то найдемъ, что эти отдѣлы и составляютъ главное содержаніе *агрономической химіи*.

Такимъ образомъ, агрономическая химія не есть нѣчто параллельное съ физиологіей растенія, почвовѣдѣніемъ, земледѣліемъ, но она идетъ какъ бы въ поперечномъ направленіи, проникая внутрь этихъ дисциплинъ и охватывая въ каждой изъ нихъ все то, что подлежитъ изслѣдованію химическими методами; это части тѣхъ же дисциплинъ, объединенныя на иномъ принципѣ.

Можно предпочитать тотъ или иной принципъ дѣленія, смотря по цѣли, которая имѣется въ виду; такъ, въ цѣляхъ *изслѣдованія* дѣленіе по вертикальнымъ столбцамъ (т. е. по методамъ) проложило себѣ прочное русло и оказалось весьма плодотворнымъ.

Въ цѣляхъ же преподаванія можно держаться и того и другого приѣма, но если придавать значеніе тому обстоятельству, что преподаваніе въ высшей школѣ стоитъ всего выше и идетъ живѣе тамъ, гдѣ преподаватель и изслѣдователь объединяются въ одномъ лицѣ, то понятно, что и въ цѣляхъ преподаванія часто пользуются дѣленіемъ по методамъ изслѣдованія.

Итакъ, въ томъ обстоятельствѣ, что ученіе объ удобреніи рассматривается то какъ часть общаго земледѣлія, то какъ глава агрономической химіи, нѣтъ никакого противорѣчія или противоположенія, совершенно подобно тому, напримеръ, какъ нѣтъ противорѣчія въ томъ, что любая клѣтка шахматной доски, пахотясь въ извѣстномъ вертикальномъ ряду, въ то же время принадлежитъ и къ извѣстному горизонтальному ряду.

---

обращая въ молоко, мясо, шерсть, въ источникъ мускульной силы; эти-ми вопросами занимается *зоотехнія*,—и въ ней опять-таки можно различить отдѣлы разрабатываемые преимущественно *химическими методами* (обмѣнъ веществъ въ организмѣ, составъ и переваримость кормовъ), отдѣлъ изучающій *физическія условия* существованія животныхъ (зоогигіена) и наконецъ отдѣлъ, гдѣ преобладающую роль играетъ *изученіе формъ* и законовъ ихъ измѣненія (экстерьеръ и ското заводское искусство). Можно пойти и еще далѣе и включить сюда заводскую переработку растительныхъ продуктовъ (с. х. *технологія*); но для нашей цѣли достаточно вышеприведеннаго. Отмѣтимъ, что мы все время имѣли въ виду лишь естественно-научныя основы сельскохозяйственнаго промысла, но въ сущности терминъ „агрономія“ охватываетъ и общественно-научныя его основанія.

## Ученіе объ удобреніи въ прошломъ и насто- ящемъ.

Подъ удобреніемъ въ широкомъ смыслѣ слова разумѣють всякое вещество, вносимое въ почву съ цѣлью повышенія урожаявъ. Повышеніе это происходитъ или потому, что 1) вносимое вещество представляетъ пищу растеній, доставляя имъ непосредственно элементы, необходимые для жизни; 2) или потому, что оно вызываетъ рядъ реакцій въ почвѣ, результатомъ которыхъ является превращеніе прежде недоступныхъ для растенія веществъ въ форму легко усвояемую; 3) или оно усиливаетъ еще и энергію жизненныхъ процесовъ, идущихъ въ почвѣ, внося съ собой организованные ферменты и матеріаль для ихъ жизнедѣятельности; 4) накопецъ, удобреніе измѣняетъ въ большей или меньшей мѣрѣ физическія свойства почвъ.

Такимъ образомъ, чтобы оцѣнить удобрительное значеніе какого либо вещества, нужно знать потребности растенія, нужно быть знакомымъ съ цѣлымъ рядомъ процессовъ физическихъ, химическихъ и биологическихъ, происходящихъ въ окружающей его средѣ. Поэтому и развитіе ученія объ удобреніи было тѣсно связано съ развитіемъ естественныхъ наукъ вообще, физиологіи растеній и агрономической химіи въ частности.

Удобрять почву люди начали, конечно, рапѣе, чѣмъ наука познакомила ихъ съ жизнью растенія и съ той обстановкой, какую оно находитъ при полевой культурѣ. Какія либо правила приходилось выработать чисто эмпирическимъ путемъ, и нужно сказать, что эти правила достигали иногда въ отдѣльныхъ случаяхъ значительной степени вѣрности и детальности, страдая лишь недостаткомъ объясненія. Такъ, римлянамъ напр. извѣстно было удобрительное дѣйствіе не только

изверженій животныхъ, но и нѣкоторыхъ минеральныхъ веществъ, какъ зола, гипсъ, известь, мергель; различали нѣсколько сортовъ мергеля, изъ которыхъ предпочитался тотъ или другой, смотря по характеру почвы; между удобрениями животного происхожденія они особенно высоко цѣнили изверженія птицъ, какъ энергично дѣйствующія. Извѣстно было римлянамъ и употребленіе зеленого удобрения, причѣмъ для этого рекомендовались какъ разъ тѣ растенія, которыя усвояютъ свободный азотъ воздуха (какъ это сдѣлалось извѣстнымъ изъ недавнихъ изслѣдованій), т. е. мотыльковыя, и преимущественно лунины. Они знали также, что при плодосмѣнѣ можно получить съ тѣмъ же самымъ количествомъ удобрения больше продуктовъ, чѣмъ при культурѣ однообразной.

Накопленіе фактовъ такимъ образомъ происходило, но у древнихъ не было какой либо цѣльной теоріи питанія растеній, которая какъ нибудь связывала эти факты (если не считать, впрочемъ, смутныхъ указаній на „жирь“ почвы, „*terrae aders*“, который дѣлаетъ почву плодородной, и количество котораго увеличивается при внесеніи удобрений. Напомнимъ, что наше выраженіе „тукъ“ (удобреніе) въ прежнее время употреблялось какъ синонимъ слова „жирь“, и до сихъ поръ слово „тучный“ сохранило оба значенія <sup>1)</sup>).

Въ средніе вѣка нечего, конечно, искать прогресса въ дѣлѣ объясненія наблюденныхъ явленій; даже болѣе того— и тѣ знанія, какими обладали римляне, затерялись въ значительной степени и всплываютъ снова лишь спустя значительный промежутокъ времени. Такъ, книги по сельскому хозяйству, появляющіяся съ конца XIII вѣка, представляютъ сначала лишь компиляцію изъ древнихъ авторовъ. Въ позднѣйшихъ сочиненіяхъ къ этимъ заимствовавшимъ изъ древнихъ авторовъ прибавляются и собственныя измысленія, безъ измѣненія, впрочемъ, основныхъ точекъ зрѣнія здѣсь часто даются совѣты, напр. пріурочивать время внесенія удобрений къ извѣстнымъ фазамъ луны; считается при внесеніи удобрений съ принципомъ комбинированія веществъ однородныхъ, напр.: „сухую и теплую“ почву удобрить навозомъ сухимъ и теплымъ потому что „*simile simili gaudet*“ (Colerus, *Oeconomiā*, 1592) или же, напротивъ, съ прин-

<sup>1)</sup> Тоже наблюдается во французскомъ языкѣ (*engrais*, *engraissement*).

ципомъ уравнивавшіяся противоположностей. Питаніе и ростъ приписывали какой-нибудь „субстанціи“, считая за сущность растительной жизни въ однихъ случаяхъ жиръ (*unctuosum*), въ другихъ соль, въ третьихъ селитру. Немного позднѣе. Glauberus писалъ: *Sal et nitrum est umbra vegetatio generatio omnium vegetabilium, animalium, mineralium*“.

Среди всей этой литературы рѣзко выдается по опредѣленности возрѣній на роль и происхожденіе минеральныхъ веществъ и на значеніе удобреній сочиненіе Bernard'a Pallissy „*Traité des sels divers et de l'agriculture*“, вышедшее еще въ 1563 году. Вотъ что писалъ онъ: „Соль есть основа жизни и роста всѣхъ посѣвовъ“... „Навозъ, который вывозятъ на поля, не имѣлъ бы никакого значенія, если бы не содержалъ соли, которая остается отъ разложенія сѣна и соломы. (Подъ солью авторъ подразумѣваетъ, какъ онъ самъ говоритъ, всѣ необходимыя для растенія соли). „Если кто засѣваетъ поле нѣсколько лѣтъ подрядъ, не уваживая, то посѣвы ивлекутъ изъ земли соль необходимую для своего роста; земля, такимъ образомъ, обѣдняется солями и отказывается давать урожай, поэтому нужно ее удобрить или дать отдохнуть нѣсколько лѣтъ, чтобы она снова приобрѣла нѣкоторую соленость, происходящую изъ дождей и росъ“. Подробнѣе о Pallissy см. у Grandeau, *Cours de chimie et physiologie*, 1879. (Это сочиненіе содержитъ лучший изъ имѣющихся историческій очеркъ по развитію агрономической химіи).

Мы имѣемъ здѣсь впервые высказанный правильный взглядъ на почву, какъ источникъ минеральныхъ веществъ, необходимыхъ для растенія (еще въ 1800 г. многіе предполагали, что растеніе само ихъ синтезируетъ); имѣемъ вѣрное представленіе о причинахъ истощенія почвы, о необходимости возврата солевыхъ веществъ въ видѣ удобреній—положенія, вѣрность которыхъ была доказана точными опытами лишь 300 лѣтъ спустя. Однако работы Pallissy остались невѣстными какъ для большинства его современниковъ, такъ и для послѣдующихъ авторовъ, напр. Olivier de Serres, который въ сочиненіи своемъ (вышедшемъ въ 1600 г.) „*Theatre d'agriculture*“ полагаетъ, что причина дѣйствія навоза лежитъ въ „теплотѣ“ его.

Гораздо позже, уже въ сочиненіяхъ 18-го вѣка, мнѣнія

авторитетныхъ „философовъ“ начинаютъ играть меньшую роль, большее мѣсто дается наблюденьямъ и опытамъ. Къ этому же времени относится и первый опытъ водной культуры: Duhamel'ю удалось выростить въ водѣ и довести до плодоношенія бобы; дубъ росъ у него въ водѣ 8 лѣтъ. Изъ этихъ двухъ опытовъ Duhamel вывелъ заключеніе, что растеніе можетъ питаться водой и воздухомъ, не придавши должнаго значенія тому обстоятельству, что обыкновенная вода содержитъ въ себѣ соли.

Въ 1766 году унсальскій профессоръ Vallerius, авторъ сочиненія „Fundamenta agriculturae chemica“, утверждалъ, что зольныя части растеній, получившыя имъ при химическомъ анализѣ, не тождественны съ тѣми, которыя содержитъ почва и что онѣ приготавлиются растеніемъ изъ воды и воздуха. „Жирная субстанція“ еще фигурируетъ у Vallerius'a, и ей онъ объясняетъ дѣйствіе на почву навоза и всякаго перегноя. Солямъ почвы (въ частности селитрѣ) онъ приписываетъ значеніе только лишь въ томъ размѣрѣ, поскольку онѣ способны растворять „жиръ“ почвы.

Вѣрныя представленія о роли минеральныхъ солей почвы въ дѣлѣ питанія растеній, прорываясь въ отдѣльныхъ работахъ конца 18 вѣка<sup>1)</sup>, затѣмъ снова теряются; въ 1800 году въ отвѣтъ на вопросъ, предложенный Берлинской Академіей, о происхожденіи зольныхъ частей растеній, получился извѣстный отвѣтъ въ сочиненіи Шрадера, что растенія якобы сами производятъ свои зольныя вещества посредствомъ жизненнаго процесса, а потому не нуждаются въ доставленіи ихъ извнѣ<sup>2)</sup>.

Но если втеченіе 18-го вѣка не было выработано прочныхъ знаній объ источникахъ и значеніи минеральныхъ солей въ растеніи, за то съ полной точностью и очевидностью (казалось бы) рѣшенъ былъ вопросъ объ источникѣ глерода.

Въ 1772 году Пристлей замѣтилъ, что растенія способны

---

1) Такъ Rükert (1789) въ воззрѣніи на роль зольныхъ веществъ, на значеніе удобреній и сѣвооборотовъ приближался къ Palissy и Либиху, но его анализы были несовершенны и открывали противникамъ возможность возраженій и построеній противоположнаго свойства.

2) Schrader нашелъ въ проросткахъ въ четыре раза больше золы, чѣмъ въ сѣменахъ; причиной была нечистота воды и той среды, въ которой проращивались растенія (сѣрный цвѣтъ).

въ нѣкоторыхъ условіяхъ выдѣляя кислородъ испаряють воздухъ, испорченный животными.

Ингенгузъ (1779 г.) указаль на связь, существующую между выдѣленіемъ зеленымъ листомъ кислорода и свѣтомъ. Сенебье показаль, что необходимымъ условіемъ выдѣленія кислорода является присутствіе углекислоты въ окружающемъ воздухѣ и что эта углекислота является источникомъ углерода растений. Отсюда Сенебье пришелъ къ заключенію, что въ удобреніяхъ присутствіе перегноя важно не потому, что онъ служитъ пищей растенія, а потому что онъ способенъ приходить въ броженіе и развивать углекислоту; онъ полагаль, что корни воспринимаютъ эту углекислоту почвеннаго раствора и проводятъ ее къ листьямъ, гдѣ она подъ вліяніемъ свѣта разлагается, отдавая углеродъ тканямъ, а кислородъ, выдѣляя на воздухъ. Что касается возрѣній Сенебье на зольныя части, то онъ полагаль, что онѣ увлекаются механически съ водою, поступающей въ растеніе, поэтому онъ скептически относился къ употребленію минеральныхъ удобреній.

Продолжателемъ работъ Сенебье явился Соссюръ. Помимо ряда работъ по ассимиляціи углерода, онъ первый подвергъ обстоятельному анализу золу растеній и пришелъ къ выводу, что минеральныя вещества не случайно проникаютъ въ организмъ. „Малое содержаніе солей не служитъ доказательствомъ ихъ бесполезности“, говоритъ Соссюръ, „Фосфорнокислая известь, содержащаяся въ животномъ организмѣ, не составляетъ быть можетъ и 5<sup>0</sup>/<sub>100</sub> его вѣса; никто не сомнѣвается однако, что эта соль необходима для образованія костей. Я нашель ее въ золѣ всѣхъ растеній, какія только изслѣдовалъ и нѣтъ ни малѣйшаго повода утверждать, что они могутъ обойтись безъ нея“<sup>1)</sup>.

Однако до 1842 года не было прямыхъ опытовъ, доказывающихъ необходимость минеральныхъ солей для растенія. До этого же времени не было хорошо обставленныхъ опытовъ выращиванія растеній безъ гумуса и не смотря на то, что уже доказано было, что углеродъ растенія берутъ изъ углекислоты воздуха, на ряду съ питательными веществами авторы того времени обычно ставятъ и гумусъ. Теперь мо-

---

<sup>1)</sup> *Saussure, Recherches chimiques sur la vegetation, Paris, 1804 (стр. 261).*

жетъ казаться страннымъ, какъ можно было говорить объ усвоеніи углерода изъ перегной послѣ того, какъ Сенебье и Соссюръ такъ ясно показали, что углеродъ берется изъ углекислоты атмосферы; но дѣло въ томъ, что не было данныхъ для того, чтобы сказать, что одного *только* углерода атмосферы достаточно для обезпеченія нормальныхъ урожаевъ растеній углеродамъ; а ежедневный опытъ сельскихъ хозяевъ показывалъ къ тому же, что существуетъ какая то связь между урожайностью почвы и количествами органическихъ веществъ, вносимыхъ въ нее или остающихся въ ней въ видѣ урожайныхъ остатковъ.

Соссюръ, указывая на значеніе перегной для плодородія, между прочимъ отмѣчаетъ, что перегной содержитъ тѣ же самыя зольныя вещества, какія встрѣчаются въ растеніи (стр. 185); это напоминаетъ нѣсколько позднѣшнюю органоминеральную теорію Грандо, который пытался приписать гумусу роль передаточной станціи для минеральныхъ веществъ, поступающихъ въ растеніе.

Другіе шли дальше Соссюра въ этомъ направленіи; такъ, напр. извѣстный англійскій химикъ Дэви писалъ, въ 1813 г. „Растворы веществъ слизистыхъ, клеевыхъ, сахаристыхъ, маслянистыхъ, экстрактивныхъ, а также и растворъ углекислоты въ водѣ содержатъ, такъ сказать, всѣ нача. а, необходимыя для жизни растеній“ <sup>1)</sup>. Дэви говорилъ о золѣ напр., что она можетъ быть хорошимъ удобрешемъ, такъ какъ содержитъ много угля и даже пытался узнать, не поступаетъ ли непосредственно въ растенія тонко измельченный уголь, а получивъ отрицательный отвѣтъ на опытъ онъ объяснилъ, что углеродъ можетъ поступать въ корни только въ растворимыхъ соединеніяхъ. Удобрительное дѣйствіе углекислаго амміака Дэви также объясняетъ тѣмъ, что это вещество содержитъ въ себѣ 4 органогена. Соли онъ считалъ необходимыми постольку, поскольку онѣ сообщаютъ организму большую крѣпость и способность противостоять паразитамъ. Такими же сторонниками питанія растеній гумусомъ были въ Италіи Gazzeri, во Франціи Chaptal.

Но болѣе всѣхъ популярности этой невѣрной теоріи пи-

<sup>1)</sup> Цитировано по французскому переводу (Elements de chimie agricole, par H. Davy); т. II, стр. 6.

танія растений невольно способствовалъ Тэеръ (1752—1828) такъ много поработавшій въ дѣлѣ преобразованія сельскаго хозяйства въ Германіи. Тогда (около 100 лѣтъ тому назадъ) Германія переживала переходную стадію, аналогичную отчасти той, въ какой находится теперь наше сельское хозяйство: это былъ періодъ упраздненія трехполья и перехода къ плодосѣльному хозяйству съ воздѣлываніемъ травъ и корнеплодовъ на поляхъ, съ улучшенными приемами въ области животноводства etc. Тэеръ не мало способствовалъ введенію улучшенныхъ приемовъ культуры, какъ своими сочиненіями, такъ и собственною дѣятельностью.

Возрѣнія его благодаря его широкой популярности и авторитету, которымъ онъ пользовался среди сельскихъ хозяевъ, приобрѣли широкое распространеніе, а такъ какъ Тэеръ держался гумусовой теоріи питанія растений, то ее усваивали и его многочисленные читатели. Въ сущности же Тэеръ, который всегда настаивалъ на важности естественнонаучныхъ основъ сельскаго хозяйства, самъ не былъ изслѣдователемъ экспериментаторомъ, онъ обосновывалъ свои взгляды по питанію растений на имѣвшихся въ то время чужихъ изслѣдованійхъ; хотя работы Сенебье ему были извѣстны, но на пути къ правильной ихъ оцѣнкѣ стали опыты нѣкоего Hassenfray'a, который, опредѣляя углеродъ въ сѣменахъ и въ полученныхъ изъ нихъ въ водной культурѣ росткахъ, всегда находилъ убыль углерода<sup>1)</sup>; отсюда сдѣлали выводъ, что безъ доставленія перегной корнямъ растеніе все таки не можетъ обезпечить себя углеродомъ; съ этимъ ставились въ связь факты дѣйствительности, свидѣтельствовавшіе о полезности органическаго вещества почвы, сами по себѣ вѣрно наблюденные, но невѣрно объясненные. Разъ принявъ гумусовую теорію питанія, Тэеръ систематически проводилъ ее, выражаясь о гумусѣ напр. такъ: „плодородіе почвы зависитъ собственно цѣликомъ отъ него, такъ какъ кромѣ воды онъ представляетъ единственное вещество почвы, могущее служить пищей растеніямъ“. На этой же теоріи строилось ученіе объ истощеніи и возмѣщеніи плодородія почвы и о сѣвооборотахъ;

---

1) Причина была въ недостаточномъ освѣщеніи и въ незнаніи того, какія вещества нужно дать растенію въ водномъ растворѣ для того, чтобы ассимиляция шла энергично.

предполагалось, что чѣмъ больше питательныхъ веществъ содержитъ растеніе, тѣмъ больше оно и поглощаетъ гумуса; на примѣръ, пшеница требуетъ больше гумуса, чѣмъ рожь. Но гумусъ, дающій начало жизни, одновременно является и результатомъ ея: если растеніе сгниваетъ на томъ же мѣстѣ, гдѣ выросло, то количество гумуса увеличивается, такъ какъ во время жизни оно усвоило и превратило въ гумусъ другія болѣе простыя (rohe)-вещества. Поэтому нѣкоторыя растенія, отличающіяся энергіей ассимиляціи, могутъ оставлять почвѣ больше органическаго вещества, чѣмъ брать изъ нея; такія растенія не истощаютъ, а улучшаютъ почву (клеверъ). Минеральнымъ веществамъ почвы отводилась роль косвенная: они по этой теоріи ускоряли процессы разложенія въ почвѣ и переводили гумусъ въ форму удобоусвояемую <sup>1)</sup>.

Это ученіе господствовало до 40-хъ годовъ, когда послѣдовалъ радикальный поворотъ во взглядахъ на значеніе перегной и минеральныхъ веществъ почвы въ питаніи растеній, главнымъ образомъ подъ вліяніемъ книги Либиха „Химія въ приложеніи къ земледѣлію и физиологіи растеній“, годъ выхода которой (1840) и считается годомъ паденія гумусовой теоріи. Часто всю заслугу въ этомъ отношеніи приписываютъ Либиху, но и раньше его высказывались различными авторами болѣе или менѣе правильныя представленія о значеніи гумуса и минеральныхъ солей почвы, въ особенности же въ числѣ этихъ авторовъ слѣдуетъ упомянуть Sprengel'я, который опубликовалъ свои взгляды на питаніе растеній въ сочиненіяхъ: „Die Bodenkunde“ (1837), „Die Lehre von den Urbarmachungen“ (1838) и „Die Lehre vom Dünger“ (1839) Leipzig.

<sup>1)</sup> Часто Тёеру приписываютъ исключительную роль въ поддержаніи гумусовой теоріи; но не слѣдуетъ забывать, что такіе выдающіеся химики какъ Дэви и Берцеліусъ придавали значеніе усвоенію углерода черезъ корни, а среди нѣмецкихъ ботаниковъ гумусовая теорія еще въ 30-хъ годахъ пользовалась популярностью (см. *Sachs*, *Geschichte der Botanik*). Въ сущности во взглядахъ этихъ авторовъ наблюдается извѣстнаго рода дуализмъ, именно, признавая вмѣстѣ съ Сенебье и Оссиюромъ ассимиляцію углерода изъ углекислоты воздуха, наряду съ этимъ они допускаютъ усвоеніе его изъ перегноя, при чемъ центръ тяжести въ разныхъ случаяхъ у нихъ перемѣщается то въ сторону одного, то другого процесса.

Насколько Sprengel въ своихъ воззрѣнiяхъ приближался къ Либиху, можно видѣть изъ слѣдующихъ примѣровъ.

„Растенiя изъ неорганическихъ веществъ, получаемыхъ ими изъ почвы и воздуха образуютъ тѣла органическiя съ помощью свѣта, тепла, электричества и влаги“, читаемъ мы на 48 стр. его „Ученiя объ удобренiи“. Ему извѣстно было напр. и то, что нѣкоторыя минеральныя вещества необходимы для образованiя тѣла въ растенiи: такъ онъ говоритъ о постоянномъ присутствii фосфора въ клеиковинѣ, проводитъ параллель съ животными, у которыхъ мозгъ постоянно содержитъ фосфоръ.

Считая соли необходимыми для жизни растенiя и зная ихъ происхожденiе изъ почвы, Шпренгель естественно пришелъ къ объясненiю паденiя урожая въ при непрерывной культурѣ и къ необходимости возврата минеральныхъ веществъ почвѣ. „Воздухъ остается всегда одинаковымъ по своему составу, но нельзя того же сказать о почвѣ; поэтому необходимо возмѣщенiе утраченнаго ею, причемъ всегда нужно обращать больше вниманiя на такъ называемыя минеральныя вещества, чѣмъ на кислородъ, углеродъ и водородъ, такъ какъ эти послѣднiе растенiе находятъ и въ воздухѣ; что же касается азота, то онъ долженъ быть также внесенъ въ связанной формѣ, такъ какъ большинство растенiй не имѣетъ способности притягивать достаточно азота листьями изъ воздуха“. (Die Lehre v. Dünger, стр. 10). Говоря объ отдѣльныхъ удобрительныхъ веществъ Шпренгель всегда руководится ихъ химическимъ составомъ, причемъ особенное вниманiе обращаетъ на тѣ питательныя вещества, которыхъ мало въ почвѣ.

Такимъ образомъ мы находимъ у Шпренгеля то самое ученiе о значенii минеральныхъ веществъ и необходимости возврата ихъ, которое обыкновенно считается всецѣло принадлежащимъ Либиху.

Шпренгель ясно сознавалъ оригинальность своихъ воззрѣнiй; онъ говоритъ о „своей“ теорii питанiя, „которая основана не только на многихъ наблюденiяхъ и размышленiяхъ, но что я считаю болѣе рѣшающимъ, также на многихъ и очень многихъ сравнительныхъ опытахъ“.

Лишь въ одномъ пунктѣ Шпренгель сходится съ гумусовой теорiей и расходится съ Либихомъ—онъ, считая глав-

нымъ источникомъ углерода въ растенияхъ углекислоту воздуха, не отрицаетъ все же одновременнаго использования перегнойной почвы корнями; но у него не было ни одного факта, который позволилъ бы ему отрицать это (какъ не было его вначалѣ и у Либиха).

Въ 1840 году появилось вышеупомянутое сочиненіе Либиха, произведшее большое впечатлѣніе не только въ ученомъ мірѣ, но и въ массѣ сельскихъ хозяевъ; оно было написано не строгимъ языкомъ лекцій, какъ книга Шпренгеля, а въ формѣ популярной, выдѣлялось по блеску изложенія, рѣзкости критики и смѣлости выводовъ.

Либихъ началъ съ критики гумусовой теоріи, причемъ бралъ ее въ крайнихъ ея проявленіяхъ, доводя до абсурда. Аргументація его была приблизительно такова.

Если растение заимствуетъ углеродъ изъ перегнойной, то этотъ послѣдній долженъ быть предварительно растворенъ въ водѣ. Допустимъ, что все количество выпадающей воды поступаетъ въ растеніе, не тратясь на прямое испареніе съ поверхности почвы, не стекая съ полей и не просачиваясь вглубь, за предѣлъ вліянія корней; оказывается, что всей этой воды далеко не хватаетъ, чтобы растворить количество перегнойной, необходимое для пополненія потребности растений въ углеродѣ, при среднемъ урожаѣ <sup>1)</sup>. Следовательно углеродъ долженъ поступать изъ атмосферы. Далѣе, такъ какъ самый перегной есть результатъ разложенія растительныхъ остатковъ, то *сначала должны были появиться растенія, и потомъ лишь перегной*, а стало быть первыя растенія заимствовали углеродъ только изъ воздуха. Следовательно, перегнойной почвы не необходимо для развитія растеній. Идя далѣе, Либихъ отвергъ совершенно самую возможность усвоенія органическихъ веществъ корнями, поставивши въ основѣ ученія о питаніи растений (а, следовательно, и ученія объ удобреніи) положеніе, что *только неорганическая природа доставляетъ растеніямъ ихъ первоначальную пищу* <sup>2)</sup>.

На долю перегнойной Либихъ оставилъ только одну роль—

<sup>1)</sup> Замѣтимъ, что даже и Тэеръ прямо не утверждалъ, что углеродъ заимствуется *исключительно* изъ перегнойной.

<sup>2)</sup> Наличие слова „только“ въ этомъ тезисѣ и составляетъ ту характерную черту, которой не доставало у Sprengel'я.

постояннаго источника углекислоты въ почвѣ; она ускоряетъ процессъ вывѣтриванія силикатовъ и подготавливаетъ минеральную пищу растеніямъ. Что касается азота, вносимаго вмѣстѣ съ органическимъ веществомъ (напр. въ навозѣ), то Либихъ не придавалъ ему вообще особаго значенія въ дѣлѣ удобренія такъ какъ, зная, что воздухъ содержитъ въ небольшихъ количествахъ азотъ и въ видѣ амміака и въ формѣ окисленной, рѣшилъ, что почва достаточно получаетъ азота съ осадками, чтобы удовлетворить потребность культурныхъ растеній. Поэтому, съ точки зрѣнія Либиха, въ навозѣ цѣнна была почти лишь зольная часть его. (Это впоследствіи опровергнуто было прямымъ опытомъ Буссенго, удобрившаго два однородныхъ участка одинъ—навозомъ, а другой—золой отъ такого же количества его; на первомъ участкѣ эффектъ получился гораздо большій).

Естественнымъ продолженіемъ взглядовъ Либиха на питаніе растеній явилась его теорія удобренія и истощенія почвы при однообразной культурѣ, его мотивировка необходимости сѣвооборота.

Тьеръ и его послѣдователи считали существеннымъ условіемъ поддержаніе плодородія почвы, накопленіе и сбереженіе въ ней гумуса, сообразно чему и растенія группировали на *обогащающія* и *истощающія* почву, смотря по количеству корневыхъ остатковъ, ими оставляемыхъ, съ одной стороны, и количеству органическаго вещества, уносимаго въ урожаяхъ, съ другой стороны; необходимость сѣвооборота вытекала изъ стремленія уравновѣсить предполагаемый расходъ органическихъ веществъ съ его приходомъ въ почвѣ.

Либихъ подвергъ критикѣ самое понятіе объ *обогащающихъ* почву растеніяхъ; разъ растенія берутъ изъ почвы только минеральныя вещества, необходимыя для ихъ развитія, то каждый урожай уноситъ нѣчто изъ почвы, обѣдняетъ ее, ни одно растеніе не можетъ обогащать почву элементами пищи для другихъ растеній, а можетъ только ее истощать. Но истощеніе это производится разными растеніями въ разномъ направленіи: одни берутъ преимущественно известь (напр. горохъ), третьи преимущественно кремнекислоту<sup>1)</sup> (хлѣба), значить, чередованіемъ культуръ мы только

1) Большое содержаніе кремнекислоты въ соломѣ злаковыхъ дало поводъ Либиху первоначально считать и это вещество существеннымъ для развитія растеній.

приготовленнымъ на химическихъ заводахъ; тогда удобреніе будетъ состоять только изъ тѣхъ веществъ, которыя нужны для питанія растенія, такъ точно какъ теперь вылѣчиваютъ лихорадку нѣсколькими гранами хинина, тогда какъ прежде больного заставляли глотать унціями хинную кору“.

Проновѣдъ Либиха вызвала обширную полемику и дала толчекъ къ многимъ опытнымъ изслѣдованіямъ. Около того времени (1838 г.) геттингенскій университетъ, въ виду отсутствія еще прочной почвы въ ученіи о питаніи растеній, назначилъ для полученія преміи слѣдующую тему: „такъ ли азотистыя неорганическія вещества, которыя находятся въ золѣ растеній, окажутся ли въ ней и тогда, когда онѣ не были предложены растенію? и представляютъ ли эти вещества столь существенныя части растительнаго организма, что бы этотъ послѣдній не могъ обойтись безъ нихъ для своего полного развитія“? Вопросъ подобный тому какой 40 лѣтъ назадъ предложила Берлинская Академія, но отвѣтъ получился теперь иной. Премію получили въ 1842 г. Вигманъ и Польсторфъ, давшіе первый точный опытъ проращиванія въ безплодной средѣ; высѣвая крессъ въ песокъ, промытомъ кислотой, въ обрѣзкахъ платиновой проволоки, помѣщенныхъ въ платиновомъ же тиглѣ и давая только дистиллированную воду, Вигманъ и Польсторфъ легко могли показать, что пророски скоро останавливались въ ростѣ и содержали столько же золы, сколько сѣмена; тѣмъ они дали отвѣтъ на первую половину вопроса, *опровергнувъ такимъ образомъ на опытъ устарѣвшее утвержденіе Шрадера, будто растенія сами образуютъ зольныя вещества; если же къ песку примѣшана была искусственная смѣсь, въ которую входили всѣ элементы золы, то получался обильный приростъ; отсюда былъ сдѣланъ авторами такой выводъ, обнимающій и вторую половину вопроса: „развитіе растеній задерживается и даже совершенно подавляется, если не будетъ ему доставлено въ почву известнаго количества неорганическихъ веществъ въ растворимомъ состояніи“.*

Этой работѣ суждено было сыграть значительную роль въ исторіи вопроса о зольномъ питаніи, такъ какъ въ ней увидѣли первое строгое опытное доказательство воззрѣнія

Ученіе объ удобреніи.

20345 1842 20650



на зольныя вещества, какъ на пищу растений, доставляемую имъ почвой<sup>1)</sup>.

Но еще недостаточно было рѣшить вопросъ о необходимости зольныхъ частей вообще, нужно было разобрать, всё ли вещества, встрѣчающіяся въ растеніи, одинаково необходимы ему или безъ нѣкоторыхъ оно можетъ обойтись? Это должно было и для сельскихъ хозяевъ рѣшить, что въ употребляемыхъ ими удобренияхъ существенно и что представляетъ балластъ? и нѣтъ ли подъ рукой новыхъ источниковъ удобрительныхъ веществъ?

Сальмъ-Горстмаръ въ опытахъ съ песчаными культурами (1846) показалъ, что если къ песку прибавлены всё элементы золы, но не дано азота, то растеніе не развивается нормально (такъ же и наоборотъ), по выводамъ этого автора относительно значенія отдѣльныхъ элементовъ золы не были достаточно доказательны<sup>2)</sup>. Большая часть дальнѣйшихъ работъ по вопросу объ усвоеніи минеральныхъ веществъ сдѣлана была по другому методу — методу *водныхъ культуръ*,

---

1) Такъ это и принято излагать въ историческихъ обзорахъ, но мы должны сказать, что съ современной точки зрѣнія работа Вигмана и Польсторфа, будучи тщательной по аналитическому выполненію, содержитъ крупный пробѣлъ въ постановкѣ опыта и не давала имъ права на вторую половину вывода. Дѣло въ томъ, что въ ихъ полную питательную смѣсь кромѣ зольныхъ составныхъ частей входилъ еще гуминовы-кислый амміакъ, а слѣдовательно можно было поставить вопросъ, что *вызвало ростъ растений съ питательной смѣси: азотъ? перегной? или зольныя вещества? или все это вмѣстѣ?* Тутъ не были достаточно расчленены факторы роста, методъ разницы не былъ доведенъ до конца, а примѣненъ лишь къ суммѣ питательныхъ веществъ (или могущихъ быть таковыми). Первая часть отвѣта несомнѣнно вѣрна, при этомъ опытѣ въ тиглѣ опровергалъ воззрѣнія не только Шрадера, а также и воззрѣнія вац-Гельмонта и Дюгамоля, полагавшихъ, что растеніе можетъ жить только на счетъ воздуха и воды; но необходимость зольныхъ веществъ не была доказана, такъ какъ сторонники гумусовой теоріи могли приписать перегною (гуминово-кислому амміаку), а не зольнымъ веществамъ благотворное вліяніе питательной смѣси. И мы должны также сказать, что различіе въ ростѣ было вызвано присутствіемъ не однихъ минеральныхъ веществъ, но и азота. Во всякомъ случаѣ эта работа была первымъ серьезнымъ для того времени обращеніемъ къ эксперименту (по крайней мѣрѣ въ Германіи).

2) Методъ песчаныхъ культуръ былъ точнѣе разработанъ Буссенго и Гелльригелемъ, главнымъ образомъ работавшими по вопросу объ усвоеніи азота (см. ниже) тоже по методу песчаныхъ культуръ.

при которомъ корни растений погружаются въ растворъ питательныхъ веществъ въ дистиллированной водѣ. Этотъ методъ получилъ въ то время предпочтене потому, что свободную отъ примѣсей воду получить легче, нежели совершенно чистый песокъ; кромѣ того и самая прозрачность среды, возможность вынимать изъ нея растение, не причиняя вреда ему, представляютъ извѣстные удобства. Заслуга разработки и примѣненія этого метода къ окончательному рѣшенію вопроса о зольныхъ веществахъ принадлежитъ сельскохозяйственнымъ опытнымъ станціямъ, разцвѣтшимся въ Германіи въ 50-хъ годахъ <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Германскія опытная станція обязаны своимъ возникновеніемъ той потребности въ научномъ объясненіи сельскохозяйственныхъ явленій, которую будилъ своими произведеніями Либихъ; самъ онъ наклоненъ былъ объяснять все, исходя изъ общихъ положеній, но жизнь показала, что нужно пройти еще черезъ длинный путь эксперимента, чтобы отдѣлать вѣрные выводы Либиха отъ преувеличеній и отдѣльныхъ погрѣшностей. Въ частности исторія возникновенія первой опытной станціи въ Германіи такова.

Въ 1845 году саксонскіе хозяева подали петицію объ учрежденіи института „окрѣпительныхъ сельскохозяйственныхъ химиковъ“, которые должны были бы участвовать въ засѣданіяхъ с.-х. обществъ, объѣзжать свой округъ, знакомясь съ состояніемъ хозяйствъ, давать совѣты, читать лекціи, анализировать почвы и удобрения; очевидно въ то время предполагалось, что хорошій химикъ уже eo ipso одинъ способенъ замѣнить и *cattedra ambulante* и опытную станцію. Мысль о такой возможности была въ нѣкоторой степени подана примѣромъ двухъ химиковъ Stöckhardt'a и Petzholdt'a, пообѣщавшихъ извѣстность въ Саксоніи своими „проповѣдями“ (*Feldpredigten*) какъ ихъ называли сначала въ шутку, но затѣмъ Stöckhardt самъ далъ это названіе своему сборнику. (*Chemische Feldpredigten für deutsche Landwirthe* 1857 г., 4-е изд.). Въ 1847 году Штекгардтъ былъ назначенъ профессоромъ вновь учрежденной кафедры агрономической химіи въ Тарандѣ, получилъ въ распоряженіе лабораторію, и такимъ образомъ его дѣятельность въ области агрономіи, раньше совершенно частная, теперь поставлена была на прочную почву и была обезпечена отъ случайныхъ перерывовъ; а въ 1851 году по инициативѣ Лейпцигскаго общества сельскаго хозяйства, возникла въ скромной обстановкѣ первая самостоятельная опытная станція въ Möckern'ѣ (какъ учрежденіе имѣющее цѣлю только изслѣдованіе, безъ связи съ преподаваніемъ) и завѣдующимъ былъ приглашенъ въпослѣдствіи столь извѣстный своими работами д-ръ Эмиль Вольфъ. Но при маломъ персоналѣ и скудномъ бюджетѣ первыхъ лѣтъ открытія станціи должны были работать при довольно неблагоприятныхъ условіяхъ—имъ приходилось сразу заниматься и научнымъ изслѣдованіемъ, и выполненіемъ заказовъ частныхъ лицъ на анализы кормовъ, почвъ, удобрений, сѣмянъ, при чемъ эта „контрольная“ дѣя-

О водныхъ культурахъ напомнилъ ботаникъ Саксъ, напечатавшій въ 1857 году работу по морфологiи корневой системы; онъ сообщилъ, что его растенія въ обыкновенной водѣ могли расти и доходить до цвѣтенія. Эти опыты Сакса не касались вопроса о минеральномъ питанiи и въ сущности не отличались отъ культуръ Дюгамеля (1758 г.), но работа Сакса появилась въ такое время, когда Либихъ изложивъ свои „Fünzig Thesen“ (1855 г.) далъ новый толчокъ спорамъ о питанiи растеній (спорнымъ былъ вопросъ объ относительномъ значенiи азота и зольныхъ частей); въ работѣ Сакса противники Либиха увидѣли опорный пунктъ для своихъ воззрѣнiй („растенія развиваются въ простой водѣ“), и въ тоже время сторонники минеральнаго питанiя были вызваны на новый рядъ экспериментовъ.

Съ слѣдующей же весны (1858 г.) начались опыты съ водными культурами на двухъ опытныхъ станціяхъ, именно въ Möckern'ѣ (Кюнопъ) и въ Tharand'ѣ (Stöckhardt и Handke) и на съѣздѣ сельскихъ хозяевъ и лѣсоводовъ въ Брауншвейгѣ 30 августа 1858 года Штекгартъ демонстрировалъ рядъ растеній выращенныхъ въ водѣ. Но все-таки опыты 1858 года были лишь предварительными <sup>1)</sup> и въ 1859 году они были продолжены Кюномъ въ Мекернѣ, а въ Тарандѣ былъ приглашенъ для веденiя этихъ опытовъ вмѣсто Handke въ качествѣ ассистента Саксъ, встрѣтившійся теперь съ необходимостью составить подходящий питательный растворъ, пользуясь данными предыдущихъ опытовъ Handke и также впа-

---

тельность давала въ значительной долѣ средства къ существованiю станціи, но конечно замедляла выполненiе основной задачи, отвлекая силы отъ научнаго изслѣдованiя. Тѣмъ не менѣе вскорѣ же опыты станціи блестяще оправдали надежды на нихъ возложеныя, и ярче всего это сказалось на окончательной разработкѣ главы о минеральномъ питанiи. Отдѣльныя станціи, обязанныя возникновенiемъ соединенiю въ одномъ лицѣ и ученаго и хозяина (Буссенго и Лоозъ) ведутъ свое начало еще съ 1834 года во Франціи и Англiи (ст. *Тимирязевъ*, Уолвѣка опытныхъ станцій). Хронологическія данныя по развитiю германскихъ опытныхъ станцій см. у Nobbe, L. Vers. Stationen. Bd. 22.

1) Въ этихъ опытахъ Handke обнаружилъ чрезвычайную чувствительность растеній къ щелочнымъ растворамъ, отмѣтилъ влияніе селитры, раствора зольныхъ веществъ въ водѣ съ углекислотой и пр., но все-таки приемы были несовершенны и нормальнаго развитiя достигнуто не было. То же относится и къ опытамъ Кюр'а въ 1858 г.

чалъ личными указаніями послѣдняго; ср. Кнор. I с. 592). Отмѣчаемъ это, чтобы констатировать, что *вся опытная разработка вопроса о зольномъ питаніи шла въ этотъ перодъ исключительно на опытныхъ станціяхъ и въ агрономическихъ лабораторіяхъ*, и Саксъ участвовалъ въ этой разработкѣ, въ качествѣ ассистента на одной изъ *этихъ станцій* во второй годъ послѣ начала этихъ работъ.

Въ 1859 году впервые растенія въ водныхъ культурахъ были доведены до созрѣванія, хотя еще при небольшомъ урожаѣ, о чемъ почти одновременно сообщили Кнор (Möskern) и Саксъ (Tarandt), но Саксъ пришелъ къ методу фракционированныхъ растворовъ, и лишь Кнор установилъ полную питательную смѣсь для нормальныхъ культуръ въ той формѣ, въ какой до сихъ поръ ей пользуются [ $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{FePO}_4$ ]. Кнопъ подмѣтилъ вредъ закисныхъ соединеній, а также констатировалъ, что недостаточны урожай получался у него не отъ неправильности состава исходной смѣси, а отъ нежелательныхъ измѣненій въ составѣ этой смѣси за время развитія растеній (наклонность къ щелочной реакціи)<sup>1)</sup>. Если примѣнять большіе объемы жидкости или мѣнять растворъ или вводить фосфорную кислоту для нейтрализаціи, то оказывалось возможнымъ получить большее развитіе растеній, чего Кнопъ и достигъ въ 1860 году.

Интересно, что Кнопъ и вскорѣ затѣмъ напечатавшіе свои работы Stohmann и Nobbe (Tarandt) отмѣчаютъ въ видѣ отдѣльнаго тезиса, что растенія водныхъ культуръ достигали полнаго развитія, не имѣя другого источника углерода, кромѣ углекислоты атмосферы. Слѣдовательно еще въ 60-десятыхъ годахъ считалось нужнымъ окончательно констатировать эту независимость питанія растеній отъ углерода почвы.

Разъ методъ былъ установленъ, имъ стали пользоваться для рѣшеній цѣлаго ряда вопросовъ многіе работники на опытныхъ станціяхъ: но имена Кнор'а, Nobbe и Wolf'а особенно прочно связаны съ этимъ движеніемъ.

Разработка метода искусственныхъ культуръ, получившаго названіе метода *синтетическаго*, позволила окончательно

1) Вводя  $\text{KNO}_3$  и  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  Кнопъ констатировалъ, что азотная кислота потребляется растениями въ большихъ количествахъ, чѣмъ основанія, избытокъ которыхъ остается въ растворѣ въ видѣ двууглекислыхъ солей.

установить то, что было лишь приблизительно намѣчено сначала Соссюромъ, а затѣмъ Шпренгелемъ и Либихомъ при помощи метода *аналитическаго*: только теперь, путемъ строгаго примѣненія метода разницы, оказалось возможнымъ установить, какіе элементы дѣйствительно необходимы для растений и какіе находятся въ золѣ случайно, только теперь можно было съ увѣренностью сказать хозяевамъ, что въ употребляемыхъ ими удобренияхъ существенно и что составлять балластъ.

Этимъ путемъ были введены многія частицы поправки къ выводамъ Либиха, сдѣланнымъ на основаніи метода *аналитическаго*; такъ, предположеніе о замѣщаемости основаній другъ другомъ не оправдалось: калий нельзя замѣнить ни натріемъ, ни литіемъ, цезіемъ, рубидіемъ. Также кремнекислоту пришлось вычеркнуть изъ списка безусловно необходимыхъ для растений веществъ.

Можно сказать, что 60-е годы подарили наукѣ цѣлую новую главу о минеральномъ питаніи, и разработкой этой главы физиологія обязана именно агрономическимъ опытнымъ станціямъ.

Несомнѣнно, что толчокъ къ этой разработкѣ былъ данъ тѣмъ движеніемъ, которое вызвалъ Либихъ; хотя онъ самъ и не склоненъ былъ къ экспериментальной провѣркѣ своихъ выводовъ, но изъ нихъ вытекалъ рядъ вопросовъ, требовавшихъ этой провѣрки.

На ряду съ теоретической разработкой возбужденныхъ Либихомъ вопросовъ, его дѣятельность дала толчокъ цѣлому ряду опытовъ съ различными удобрениями въ полѣ и вызвала къ жизни новыя отрасли промышленности, какъ напр., фабрикація суперфосфатовъ. Либихъ указалъ на кости, какъ одно изъ важныхъ средствъ возвращать почвѣ взятую изъ нея фосфорную кислоту и предложилъ обрабатывать ихъ сѣрной кислотой, чтобы перевести нерастворимый въ водѣ трехъосновный фосфатъ въ форму растворимую; подъ вліяніемъ этого указанія Лоозъ въ 1842 году открылъ въ Англіи первый суперфосфатный заводъ <sup>1)</sup>.

Но многія черты ученія Либиха при столкновеніи съ дѣйствительностью должны были претерпѣть болѣе или менѣе

---

<sup>1)</sup> Теперь въ одной Германіи работаетъ около 100 такихъ заводовъ.

существенныя поправки и дополненія. Прежде всего выше упомянутое требованіе возвращенія почвѣ всего изъ нея взятаго выраженное въ такой крайней формѣ, сталкивается съ основнымъ правиломъ организаціи хозяйства, допускать только тѣ приемы, которые окупаются въ хозяйствѣ; противиться этому „категорическому императиву“ не можетъ послѣдовательно ни одинъ хозяинъ. Проведеніе же принципа возврата до конца могло бы потребовать въ интересахъ потомковъ примѣненія приемовъ, даже убыточныхъ въ данное время для хозяйства. Покойный Н. Ю. Лясковскій, читая въ 1886 году въ Моск. Универ. курсъ агрономической химіи, такъ выразился по этому поводу: „какъ намъ заботиться объ интересахъ потомковъ, когда они очевидно будутъ знать больше чѣмъ мы, и быть можетъ будутъ умѣть азотъ атмосферы утилизировать для приготовленія бѣлковъ“. Появившаяся какъ разъ въ томъ же 1886 году работа Гелльригеля указала путь для использованія атмосфернаго азота въ цѣляхъ синтеза органическаго вещества при помощи растенія.

Наиболѣе крупная поправка къ взглядамъ Либиха должна была быть внесена какъ разъ по вопросу о значеніи *азотистыхъ* удобреній. Либихъ первоначально утверждалъ, что расходъ на покупку азотистыхъ удобреній есть расходъ непродуцительный, что атмосфера содержитъ въ достаточномъ количествѣ углекислый амміакъ, который поглощается почвой и растенія и что имъ покрывается текущая потребность растеній въ азотѣ. Какъ видно изъ приведенной ранѣе цитаты, Шренгель правильнѣе Либиха смотрѣлъ на вопросъ объ азотистыхъ удобреніяхъ.

По этому вопросу цѣлая серія работъ принадлежитъ другому крупному представителю агрономической химіи — Буссенго<sup>1)</sup>.

Опыты Буссенго въ 1837 — 38 годахъ съ песчаными культурами, безъ внесенія азота, показали ему, что растенія усваиваютъ въ этихъ условіяхъ элементы углекислоты и воды (въ меньшихъ размѣрахъ), но что азота они содер-

1) Либихъ род. 1803, умеръ 1873; Boussingault род. 1802, ум. 1887 г. первыя работы Буссенго относятся къ 1836 году; непрерывной цѣнью продолжаютъ онъ на цѣлое столѣтіе, затрогивая основные вопросы физиологіи растеній и агрономіи (см. его *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, 8 томовъ).

жали обыкновенно столько, сколько его было въ сѣменахъ; иногда лишь наблюдался нѣкоторый приростъ. Предполагая, что этотъ малый приростъ азота могъ произойти отъ поглощенія изъ атмосферы слѣдовъ углекислаго амміака растеніями и почвой<sup>1)</sup>, Буссенго въ слѣдующихъ опытахъ выращивалъ растенія подъ колпаками, замкнутыми сѣрной кислотой или въ стеклянномъ шкафу, съ постояннымъ токомъ воздуха очищеннаго отъ соединенія азота. Известно, что эти опыты, произведенные (1851—54 гг.) въ большомъ числѣ, со всѣми возможными предосторожностями, привели Буссенго къ выводу, что атмосферный азотъ культурнымъ растеніямъ недоступенъ (теперь же мы добавляемъ: безъ содѣйствія бактерій); къ тождественному же выводу пришли Лоозъ и Джильтбертъ при тщательномъ повтореніи опытовъ Буссенго въ Ротамстедѣ. Напротивъ, азотъ связанный, внесенный въ формѣ нитратовъ, давалъ въ опытахъ Буссенго урожай, возрастающій пропорціонально его количеству; вотъ примѣръ:

Опытъ съ *Helianthus*.

Дано селитры:	0	0,02 gr.	0,04 gr.	0,10 gr.
Полученъ урожай . . . . .	0,397 gr.	0,720	1 130	3,280
Приростъ урожая подъ влия- ніемъ селитры. . . . .	—	0,323	0,733	2,883

Какъ видимъ, внесеніе селитры въ количествахъ относящихся какъ 1 : 2 : 8 вызвало увеличеніе урожая въ почти въ такихъ же отношеніяхъ. Этотъ опытъ сдѣланъ былъ на открытомъ воздухѣ, слѣд. углекислый амміакъ, которому Либихъ приписывалъ такую роль, имѣлъ доступъ къ растеніямъ, но влияніе его оказалось незамѣтнымъ. Такъ было восстановлено значеніе азотистыхъ удобреній, подвергнутое сомнѣнію со стороны Либиха.

Казалось, вопросъ объ азотѣ былъ исчерпанъ; если мы

<sup>1)</sup> Теперь намъ ясно, отчего происходилъ этотъ приростъ въ первыхъ опытахъ Буссенго — онъ наблюдался лишь въ случаѣ клевера, гороха, вообще бобовыхъ, злаки же не давали прироста; очевидно, въ этихъ первыхъ опытахъ Буссенго бобовыя имѣли клубеньки. Въ опытахъ же болѣе точныхъ, произведенныхъ позднѣе, прокалываніе песка, изоляція сѣрной кислотой и другія мѣры для устраненія связаннаго азота устраняли и бактерій.

тѣмъ не менѣе видимъ, что Буссенго предпринималъ все новыя и новыя работы по изученію круговорота азота въ природѣ, то поводомъ къ этому явилось слѣдующее обстоятельство.

Кромѣ работъ лабораторныхъ, Буссенго имѣлъ возможность вести опыты и наблюденія въ своемъ хозяйствѣ, въ *Bechelbronn* (Эльзась); тамъ онъ, подвергая учету путемъ анализа количество отдѣльныхъ элементовъ вносимыхъ съ удобрениями и уносимыхъ урожаями послѣдовательныхъ культуръ даннаго сѣвооборота, замѣтилъ, что урожай въ суммѣ уносятъ больше азота, чѣмъ его вносится съ удобрениями за весь періодъ сѣвооборота.

Вотъ эти данныя:

	Азотъ урожаемъ	Азотъ удобра- нія	Раз- ность
1. Трехполье (парь, два хлѣба) .	87,2 kgr.	82,8	4,6
2. Пятиполье (1 годъ клевера) .	266,5	203,2	63,3
3. 4-хъ полье (1 годъ клевера) .	338,7	182,0	156,7
4. Непрерывная культура лю- церны (5 лѣтъ) . . . . .	1035,0	—	1035,0

Значить вопросъ объ источникахъ азота не былъ законченъ, нужно было выяснитъ откуда берутся эти излишки (какъ мы видимъ, связанные главнымъ образомъ съ участіемъ въ сѣвооборотѣ бобовыхъ).

Въ то время казалось возможнымъ, что связываніе свободнаго азота происходитъ между прочимъ при процессѣ *нитрификации*; если бы это было такъ, то конечно факты наблюдавшіеся въ Бехельброннѣ и въ другихъ хозяйствахъ стали бы понятными.

Что нитраты образуются при разложеніи животныхъ и растительныхъ остатковъ въ землѣ—извѣстно было давно, и этимъ пользовались въ цѣляхъ практическихъ, именно, добывали селитру для приготовления пороха изъ такъ наз. „селитряныхъ буртовъ“, представлявшихъ изъ себя кучу земли, смѣшанной съ органическими остатками (навозомъ) и поливавшейся періодически навозной жижей или жидкими экскрементами людей и животныхъ.

Извѣстно было, что доступъ воздуха благоприятствуетъ нитрификации (перелоначиваніе кучь), что нужна извѣстная

температура, что наличность основаній имѣеть значеніе (отсюда прибавка золы) <sup>1)</sup>.

Помимо этого, процессъ нитрификаціи мѣстами идетъ настолько энергично въ природѣ, что невольно останавливаль на себѣ вниманіе; такъ, въ Индіи (долина Ганга), въ Испаніи, (окрестности Сарагоссы, Валенціи), въ южной Америкѣ мѣстами почва въ сухое время года покрывается бѣлымъ кристаллическимъ палетомъ—этотъ налетъ представляетъ изъ себя селитру, и жители подобныхъ мѣстностей пользуются такими почвами или для добыванія селитры (выщелачиваніе и выпариваніе) или для полученія обильныхъ урожаевъ пшеницы; по анализамъ Буссенго для южно-американскихъ почвъ содержаніе селитры въ нихъ можетъ превышать 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> <sup>2)</sup>.

Въ 1859 году Буссенго поставилъ опытъ съ цѣлью выяснить, насчетъ чего происходитъ образованіе селитры — азота органическихъ остатковъ и амміака, или же здѣсь происходитъ также окисленіе азота воздуха?

Для этого въ баллонъ около 100 литровъ емкости вводилась почва извѣстнаго состава и умѣренно увлажнялась; баллонъ закрывался наглухо каучуковой пробкой. Черезъ многолѣтній промежутокъ (11 лѣтъ) баллоны были вскрыты и почва вновь анализируется.

Вотъ результаты одного изъ опытовъ:

	Всего азота.	Азота нитратовъ.
До опыта. . . . .	0,4722	0,0007
Послѣ опыта . . . . .	0,4640	0,1457

Слѣдовательно, нитрификація не сопровождалась связываніемъ азота атмосферы.

Нужно было искать другихъ путей прихода связаннаго азота въ почвѣ. Буссенго обратился къ изученію состава атмосферныхъ осадковъ, чтобы судить насколько они могутъ обогащать почву нитратами и амміакомъ; онъ анализироваль не только дождь и снѣгъ, но и росу, и влагу тумана.

<sup>1)</sup> Еще въ 1748 году Piertsh сформулироваль довольно точно условія благоприятныя для нитрификаціи, въ сочиненіи премированномъ Берлинской Академіей наукъ.

<sup>2)</sup> Буссенго провелъ нѣкоторое время въ южной Америкѣ, въ 20-хъ годахъ истекшаго столѣтія; см. его описанія, точныя и изящныя (напр. „La nitriere de Tacunga“) въ вышеназванномъ собраніи сочиненій.

Оказалось, что дождь приноситъ съ собой въ среднемъ около 0,5 mgr. амміака на литръ; но если дождь идетъ продолжительное время, то количество амміака падаетъ до 0,2 mgr. на литръ (атмосфера какъ бы промывается первыми порціями дождя). Та же правильность наблюдается для содержанія азотной кислоты (2,0—0,2 mgr. на литръ).

Какъ же возобновляется въ атмосферѣ запасъ связаннаго азота? Буссенго указывалъ на грозы (особенно частыя въ странахъ экваторіальныхъ), какъ на факторъ обогащающій атмосферу нитратами (извѣстно было со времени Cavendish'a, что подъ вліяніемъ электрической искры азотъ соединяется съ кислородомъ). Шлезингъ, продолжавшій работы Буссенго, указывалъ еще на одинъ путь если не поваго обогащенія, то по крайней мѣрѣ возвращенія атмосферѣ связаннаго азота — это испареніе амміака вмѣстѣ съ водой съ поверхности морей<sup>1)</sup>; найдя, что вѣтеръ, проходящій съ моря приносить больше амміака, нежели вѣтеръ, проходящій по континенту, Шлезингъ построилъ на этомъ довольно стройную теорію круговорота азота, не лишнюю тогда извѣстнаго значенія<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Кроме того обстоятельства, что углекислый амміакъ приносится въ почву съ дождями, слѣдовало еще съ точки зрѣнія этой теоріи учесть и прямое поглощеніе амміака почвой изъ атмосферы, и возможность еще болѣе непосредственнаго поступленія амміака черезъ листья и усвоенія его растениями безъ участія почвы. (Опыты Сакса, Майера и Шлезинга доказали возможность такого усвоенія, правда при искусственномъ обогащеніи атмосферы углекислымъ амміакомъ).

<sup>2)</sup> Съ особенной тщательностью Шлезингъ произвелъ опредѣленія амміака въ атмосферѣ при разныхъ условіяхъ температуры, разномъ направленіи вѣтра, и пр. Для того, чтобы точно учитывать колебанія этихъ очень небольшихъ величинъ, Шлезингъ построилъ приборы, позволявшіе весьма совершенно поглощать амміакъ изъ очень большихъ объемовъ воздуха, такъ, напр., въ одномъ случаѣ дно колокола съ сѣрной кислотой состояло изъ платиновой пластинки со множествомъ мелкихъ отверстій, и воздухъ, втягиваемый насосомъ проходилъ черезъ сѣрную кислоту въ видѣ массы тонкихъ пузырьковъ (см. описаніе этихъ приборовъ у Grandeau, *Chimie appliquée à l'agriculture*).

	Ю. З.	С. З.	С. В.	Ю. В.
днемъ.....	2,10	1,44	1,67	2,92 миллигр. NH <sub>3</sub>
ночью.....	2,68	1,99	2,58	4,08

Такимъ образомъ при южныхъ вѣтрахъ атмосфера содержала больше амміака, чѣмъ при сѣверныхъ.

Въ свое время теорія Шлезинга казалась единственнымъ выходомъ изъ противорѣчя, единственнымъ объясненіемъ факта, констатированнаго впервые Буссенго, что сумма урожаевъ содержитъ больше азота, нежели сумма удобреній, внесенныхъ за все продолженіе того или иного сѣвооборота.

Но кромѣ того, что притокъ связаннаго азота изъ атмосферы не является источникомъ достаточно обильнымъ, источникъ этотъ долженъ бы имѣть одинаковое значеніе для всѣхъ растений, а между тѣмъ въ сельскохозяйственной практикѣ все болѣе и болѣе накоплялись факты, указывающіе, что одни изъ культурныхъ растений (бобовыя) используютъ какіе-то источники азота, недоступные для другихъ.

Весьма рельефно это сказалось у Лооза и Гильберта (Ротамстедъ) при слѣдующихъ опытахъ (1850—60 гг.): на одномъ участкѣ (I) они культивировали пшеницу 10 лѣтъ подрядъ, на другомъ (II) чередовали пшеницу съ бобами, 10 урожаевъ пшеницы на первомъ участкѣ взя. и въ суммѣ

---

На совокупности своихъ наблюденій Шлезингъ построилъ такія представленія о круговоротѣ связаннаго азота.

Амміакъ изъ атмосферы поглощается почвой (или иривносится съ дождемъ), въ почвѣ онъ подвергается нитрификаціи, образовавшаяся селитра вымывается въ подпочву, оттуда въ рѣки и съ ними приходитъ въ море; въ морѣ нитратами питаются водоросли, которыя или въ послѣдствіи прямо отмираютъ или служатъ пищей животнымъ. тоже умирающимъ и приходящимъ въ разложеніе, какъ и водоросли; продуктомъ разложенія тутъ и тамъ является амміакъ, онъ въ видѣ углекислаго амміака обратво отдается постепенно морской водой атмосферѣ и круговоротъ такимъ образомъ заканчивается.

Но распределеніе амміака между жидкой и газообразной средой (океаномъ и атмосферой) подлежитъ извѣстнымъ физическимъ законамъ—чѣмъ выше <sup>10</sup>, тѣмъ больше амміака выдѣлится водой въ воздухъ, чѣмъ ниже <sup>10</sup>. тѣмъ вода будетъ удерживать большія количества амміака въ растворѣ; значитъ южныя моря будутъ отдавать атмосферѣ больше амміака, чѣмъ сѣверныя. значитъ южныя вѣтры будутъ вызывать повышение титра амміака въ атмосферѣ, что и имѣетъ мѣсто въ дѣйствительности.

По нѣкоторымъ опредѣленіямъ оказывается, что вмѣстѣ съ осадками и путемъ прямого поглощенія почва можетъ получить около 16 килогр. азота въ годъ, или около 1 пуда на десятину. Для сравненія укажемъ, что хорошій урожай пшеницы беретъ до 3 п. азота съ десятины.

Но подобныя опредѣленія дали въ разныхъ мѣстахъ результаты несовпадающіе (у насъ имѣются по этому вопросу данныя Плотянской опытной станціи).

262 kilogr азота (считая на гектаръ), но и *пять* урожаевъ на участкѣ II взяли почти столько же (253 kilogr.), кромѣ того, пять урожаевъ бобовъ унесли 574 kilogr. азота изъ почвы второго участка, значить въ суммѣ сѣвооборотъ съ бобами далъ втрое больше азота въ урожаяхъ, нежели его было въ 10 урожаяхъ пшеницы при непрерывной культурѣ, причемъ почва отъ этого очевидно не обѣднѣла азотомъ, если послѣдующіе урожан пшеницы могли брать вдвое болѣе азота (каждый), чѣмъ въ первомъ случаѣ.

Благопріятное влияние культуры клевера на урожай послѣдующихъ хлѣбовъ (отзывчивыхъ къ азотистому удобрению) наблюдалось постоянно: какъ мы видѣли выше, Тэеру было хорошо извѣстно, что пшеница тѣмъ лучше развивается послѣ клевера, чѣмъ лучше росъ самый клеверъ.

Изъ болѣе позднихъ наблюденій (начало 80-хъ годовъ) упомянемъ объ опытахъ Шульца (въ Люницѣ), который показалъ, что можно получать на бѣдной песчаной почвѣ удовлетворительные урожан ржи и картофеля, не примѣняя ни селитры, ни навоза, а культивируя лушины на зеленое удобрение и внося подъ нихъ каинитъ и фосфаты.

Въ то же время сами бобовыя оказывались мало чувствительными къ азотистому удобрению или же совсѣмъ на него не реагировали, т.-е. вели себя въ природѣ иначе, чѣмъ въ опытахъ Буссенго.

Причину этого различія выяснилъ, какъ извѣстно, Геллеригель. Онъ еще въ 60-хъ годахъ, завѣдуя сельско-хозяйственной опытной станціей<sup>1)</sup>, поставилъ себѣ съ 1862 года одной изъ главныхъ задачъ опредѣленіе количества отдѣльных элементовъ пищи (N, K, P), какія необходимы для получения нормальныхъ урожаевъ сельско-хозяйственныхъ культурныхъ растений. Оказалось, что установленіе такихъ нормъ для азота натолкнулось на непредвидѣнные затрудненія. Именно, при песчаныхъ культурахъ (въ пескѣ *непрокаленномъ*, въ отличіе отъ опытовъ Буссенго) злаки обнаруживали извѣстную правильность, давая урожай тѣмъ болѣе, чѣмъ болѣе введено было въ сосуды азота въ формѣ селитры, но бобовыя развивались внѣ всякой зависимости отъ этого фактора.

1) Тогда въ Dahme, позднѣе въ Bernburg'ѣ.

„Въ 1862 и 63 году мы видѣли, что на нашемъ пескѣ при удобреніи, не содержащемъ азота, клеверъ обильно цвѣлъ, а на слѣдующій годъ горохъ хорошо развивался и давалъ нормальныя зерна, но бывали годы, когда въ тѣхъ же условіяхъ тѣ же растенія погибали отъ голода; при контрольныхъ опытахъ одно растеніе развивалось превосходно, а другое плохо, безъ видимыхъ причинъ заболѣванія“, пишетъ Гелльригель въ своемъ краткомъ введеніи<sup>1)</sup>.

Эти обстоятельства заставили Гелльригеля обратиться къ изученію условій развитія растеній въ сосудахъ, именно прослѣдить вліяніе объема сосудовъ, влажности, освѣщенія, свойства сѣмянъ; эти опыты дали матеріаль извѣстной книгѣ Гелльригеля „Naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaues“, вышедшей въ 80-хъ годахъ<sup>2)</sup>; но съ этой стороны все-таки не вытекало объясненія причинъ особеннаго поведенія бобовыхъ и опыты 1883, 84 и 85 годовъ обнаружили лишь еще болѣе ясно различіе между ними и злаковыми.

1) См. описаніе этой серіи работъ: „Untersuchungen über die Stickstoffnahrung der Leguminosen“, von Hellriegel und Willfarth, 1888; вотъ одинъ взятый оттуда примѣръ:

Дано N.	Урожай овса.	Урожай гороха.
0	0,511 gr.	Отъ 0,551 до 33,147
0,056	5,616	9,155 „ 14,04
0,112	11,140	„ 16,9 „ 22,36

При анализѣ оказалось, что злаки содержатъ не болѣе азота, чѣмъ его было дано, а горохъ часто (но не всегда) обнаруживалъ накопленіе азота, причемъ прибыль эта выражалась не въ миллиграммахъ, а въ дециграммахъ и даже цѣлыхъ граммахъ, такъ что о погрѣшностяхъ анализа не могло быть и рѣчи. Въ то время, какъ для злаковыхъ оказывалось возможнымъ предсказать величину урожая, именно на каждую единицу азота удобренія приходится около 95 единицъ сухого вещества, (если конечно азотъ находится въ минимумѣ), для бобовыхъ никакое предвидѣніе не удавалось.

2) Съ 1874 г. Гелльригель прекратилъ дѣятельность въ Dahme и до 1883 (Bernburg) онъ не имѣлъ въ распоряженіи лабораторіи и приборовъ. Въ этомъ внѣшнемъ обстоятельстве съ одной стороны и въ внутреннихъ качествахъ самого изслѣдователя съ другой, нужно искать причины, что работа объ усвоеніи азота бобовыми получила оглашеніе лишь въ 1886 г. „Il faut savoir se critiquer soi-meme; c'est seulement quand on a épuisé toutes les objections, qu'on en a pesé la valeur, qu'il faut conclure“. Эти слова принадлежатъ Буссенго (приведены въ некрологѣ, составленномъ Deherain'омъ); но Гелльригель смѣло могъ бы избрать это правило девизомъ своихъ работъ.

Около этого времени появилась работа Brunhorst'a, посвященная анатомии клубеньков на корнях бобовых<sup>1)</sup>, около того же времени Бертело сообщил о своих наблюдениях, по которым почва, населенная микроорганизмами, нѣсколько обогащается азотомъ насчетъ атмосферы, но будучи стерилизована утрачиваетъ эту способность.

Все это заставило Hellriegel'я при опытахъ 1886 года испытать влияние стерилизации почвы и заражения на усвоение азота бобовыми; результатъ получился совершенно рельефный: только тѣ изъ стерилизованныхъ сосудовъ, которые были вновь заражены почвеннымъ пастоемъ, дали растения бобовыхъ снабженныя клубеньками, способныя развиваться независимо отъ внесения связаннаго азота; если же заражения не было, не было и клубеньковъ, не было отличія отъ злаковыхъ въ отношеніи къ азотистому удобрению.

Сообщивъ объ этихъ наблюденіяхъ на сѣздѣ натуралистовъ въ Берлинѣ въ 1886, Гелльригель тѣмъ далъ ключъ къ разрѣшенію давней загадки, къ установленію того исключенія, которое не подчинялось общему правилу Буссенго; послѣдній, желая работать въ возможно чистыхъ условіяхъ и удаляя всякіе слѣды азота, тѣмъ самымъ большею частью удалялъ и бактеріи, главныхъ виновниковъ этого „исключенія“. Гелльригель между прочимъ дополнилъ еще свои данныя повтореніемъ извѣстнаго опыта Буссенго въ замкнутомъ баллонѣ съ искусственной атмосферой, но съ зараженнымъ пескомъ; если въ такой песокъ, лишенный соединенія азота, посѣять бобовыя и злаковыя, то первыя лишь развиваются; такъ какъ обмѣна воздуха при этомъ не происходитъ, то этимъ опытомъ отклонено было возраженіе, будто бобовыя используютъ не свободный азотъ атмосферы, а азотъ углекислаго (или азотистокислаго) амміака, обладая способностью полифе тѣмъ злаки утилизировать тотъ источникъ азота, которому такое значеніе придавалъ Либихъ.

Такимъ образомъ, Гелльригель доказалъ, что въ извѣстной мѣрѣ правы были старые авторы, давая нѣкоторымъ растениямъ названіе *обогащающихъ* почву: бобовыя могутъ

---

1) Клубеньки эти изслѣдовались еще въ 1866 году Воронинымъ, который признавалъ бактерій виновниками ихъ образования; но ни въ какую связь съ усвоеніемъ азота эти образования тогда не приводились.

увеличивать въ ней не только количества органическаго вещества, но и азота; учетъ обнаруживаетъ, что послѣ удачнаго посѣва клевера почва можетъ получить не менѣе того и другого, чѣмъ съ обычной нормой навознаго удобрения (2400 п.).

Отмѣтимъ, что мы и здѣсь (какъ въ вопросѣ о зольномъ питаніи) видимъ, что въ основѣ своей вопросъ былъ разрѣшенъ представителями агрономической химіи, Буссенго и Гелльригелемъ (при чемъ опыты того и другого повторены и подтверждены на старѣйшей изъ существующихъ станцій, т. е. въ Ротамстедѣ). Когда узелъ былъ распутанъ, когда сущность процесса стала извѣстна, то оказалось возможнымъ занести данное явленіе въ извѣстную рубрику логической классификаціи наукъ и предоставить дальнѣйшую разработку представителямъ соотвѣтствующей дисциплины. Разъ было установлено, что это процессъ бактеріальный, то нужно было выдѣлить соотвѣтственный организмъ въ чистой культурѣ, прослѣдить его развитіе, способъ проникновенія; такъ возникли работы Бейеринка, тщательныя изслѣдованія Пражмовскаго и болѣе поздніе опыты Mazé, впервые констатировавшаго способность клубеньковыхъ бактерій усваивать азотъ и виѣ организма бобовыхъ (для другой группы бактерій такой фактъ былъ еще до работы Mazé установленъ Виноградскимъ). Отмѣтимъ еще изящные опыты Шлезинга (сына) и Лорана, доказавшихъ прямымъ анализомъ убыль азота въ замкнутой атмосферѣ, окружавшей бобовое, убыль въ количествѣ отвѣчающемъ приросту азота въ растеніи. Упомянемъ о работахъ Nobbe и Hiltner'a, показавшихъ, что бактеріи разныхъ бобовыхъ не одинаковы, что съ этимъ приходится считаться при искусственномъ зараженіи, что есть нѣкоторыя небобовыя, также имѣющія клубеньки; о работѣ Косовича (П. С.), констатировавшаго, что водоросли, свободныя отъ бактерій, не усваиваютъ свободнаго азота.

Одно время казалось необходимымъ условіемъ, чтобы азотъ амміака перешелъ въ форму нитратовъ, чтобы послужить пищей высшимъ растеніямъ; но Мюнцъ путемъ метода нолустерилизаціи и Pitsch путемъ полной стерилизаціи почвы (и введенія соли аммонія) показалъ, что высшія растенія способны развиваться и безъ нитратовъ; но въ этихъ опытахъ все-таки штатіе солями амміака дало результаты усту-

пающіе селитрѣ, потому что не принята была во вниманіе фізіологическая кислотность солей аммонія; Коссовичъ и Mazé, проведя одновременно съ стерилизаціей и нейтрализацію остающающейся кислотности, показали, что при этихъ условіяхъ аммоній является не худшимъ источникомъ азота чѣмъ селитра <sup>1)</sup>.

Совершенно аналогично съ предыдущимъ вопросомъ шла разработка вопроса о нитрификаціи: только съ развитіемъ агрономической химіи удалось установить основной характеръ процесса, а затѣмъ уже было задачей бактериологовъ выдѣлить и изучить морфологію соответственныхъ микроорганизмовъ.

Такъ, Шлезингъ и Мюлль открыли бактеріальпый характеръ этого процесса, тщательно изучили вліяніе температуры, влажности и состава воздуха на ходъ нитрификаціи (подробнѣе объ этомъ будетъ говоритья дальше). Работы эти были повторены и подтверждены въ Ротамстедѣ Варингтономъ и изученіе процесса было доведено въ агрономическихъ лабораторіяхъ приблизительно до той же стадіи, какъ

---

<sup>1)</sup> Названныя сейчасъ имена (Münz, Pitsch, Коссовичъ) показываютъ, что и этотъ фізіологическій вопросъ рѣшенъ при видномъ участіи агрономическихъ лабораторій. Тоже относится къ вопросу объ усвоеніи азота изъ амміака, поступающаго черезъ листья растений: въ 1859 Stöckhardt на опытной станціи въ Tharandъ предпринялъ повтореніе старыхъ опытовъ Davu относительно вліянія углекислага амміака, при чемъ ассистентъ Штекгардта Саксъ видоизмѣнилъ опытъ, доставляя углекислый амміакъ не корнямъ, а листьямъ; анализъ показалъ усвоеніе азота. Эти опыты въ 1873 году были повторены съ большей тщательностью Шлезингомъ во Франціи и Майеромъ въ Германіи; въ то время какъ Шлезингъ старался возможно полно уединить атмосферу окружающую листья отъ почвенной атмосферы (неполнота этой изоляціи ставилась въ упрекъ опытамъ Сакса) Майеръ остроумнымъ приспособленіемъ устранилъ всякія возраженія съ этой стороны; у него корни двухъ сравниваемыхъ растений погружались въ общій водный растворъ, проходя каждое черезъ одно изъ горлышекъ Вульфовой склянки; надземная же часть обоихъ растений были окружены атмосферой разнаго состава (изоляция съ помощью двухъ стекляннхъ колпаковъ), и только то растеніе, которое получало углекислый амміакъ черезъ листья усваивало азотъ изъ этого источника, а не другое; и у Шлезинга результатъ получился довольно доказательный; позднѣе по этому вопросу еще работалъ Мюлль, такъ что можно считать несомнѣнно установленнымъ, что изъ искусственно обогащенной атмосферы растенія могутъ заимствовать значительныя количества связаннаго азота.

и вопросъ объ усвоеніи азота Гелльригелемъ: какъ тамъ затѣмъ понадобились работы Пражмовскаго для выдѣленія самаго микроорганизма, такъ здѣсь только благодаря Виноградскому найдены были соответственныя формы (*Nitrosomonas* и *Nitrobacter*), при чемъ задача Виноградскаго была гораздо труднѣе, такъ какъ ему пришлось для новыхъ физиологическихъ типовъ бактерій отыскивать новыя условія, изобрѣтать новую культурную среду (замѣнить желатину минеральнымъ студнемъ—кремнекислотой).

Представители агрономической химіи такимъ образомъ не разъ являлись въ роли пионеровъ, опредѣляющихъ сущность неизвѣстнаго еще явленія, основной характеръ того или иного процесса; когда же выяснено, куда слѣдуетъ его отнести, тогда выступаютъ на сцену специалисты данной отрасли, изучаютъ явленіе во всей его чистотѣ, и тогда оно можетъ описываться въ соответственныхъ отдѣлахъ общей классификаціи наукъ<sup>1)</sup>.

Въ томъ фактѣ, что разработка извѣстныхъ главъ физиологіи растений шла подъ флагомъ *агрономической химіи*, мы видимъ одинъ изъ случаевъ какъ бы несоплатенія логическаго порядка въ распредѣленіи научнаго матеріала съ порядкомъ историческимъ, который обуславливается больше всего наибольшей продуктивностью при раздѣленіи труда изслѣдованій: логически агрономія базируется на физиологіи растений, получаютъ отъ нея готовые выводы исторически во многихъ отношеніяхъ мы видимъ обратное; но такое раздѣленіе труда только ускорило общую научную разработку, такъ какъ въ распоряженіи агрономическихъ станцій и лабораторій были методы и была обстановка, какой не было у ботаниковъ того времени (мы видѣли выше, какъ Саксъ констатировалъ, что не такъ давно въ Германіи хотя и были ботаники, но не было физиологовъ), а кромѣ того жизнь выдвигала рядъ вопросовъ, насущность научнаго рѣшенія которыхъ именно агрономами чувствовалась наиболѣе осязательно, и опытыя станціи съ честью выполнили эту задачу, несмотря на то, что многія изъ нихъ при скудномъ

<sup>1)</sup> То же видимъ въ вопросѣ о денитрификаціи (Deherain, Gayon, Wagner), о метаеномъ броженіи (Deherain, Schloesing) и въ многихъ другихъ случаяхъ.

бюджетъ обременены еще были аналитической (контрольной) дѣятельностью <sup>1)</sup>.

Обращая взглядъ на путь, пройденный за текущее столѣтіе, можемъ констатировать, что отошедшія въ прошлое теоріи, какъ бы односторонними они не казались, все-таки

1) Мы отмѣтили выше случаи, когда цѣлый рядъ физиологическихъ вопросовъ, одновременно важныхъ для рѣшенія насущныхъ задачъ земледѣлія, разрабатывался во второй половинѣ XIX столѣтія въ лабораторіяхъ агрономическихъ; но кромѣ этихъ вопросовъ непосредственно связанныхъ съ земледѣліемъ агрономическія лабораторіи принимали участие въ изученіи физиологическихъ процессовъ, вовсе не связанныхъ столь близко ни съ учениемъ объ удобреніи, ни съ другими практическими задачами, потребовавшими также примѣненія химическаго метода. Въ качествѣ примѣра упомянемъ о работахъ по дыханію А. Майера (установленіе большей кривой дыханія), по ассимиляціи—Deberain'a, Kreusler'a (не говоря о Буссенго), Годлевскаго, по проростанію—Детмера, Гелдбригеля, (въ Россіи—Лясковскаго), въ особенности же—Шульце, специально изучившаго превращеніе азотистыхъ веществъ при проростаніи и выработавшаго методы для изолированія отдѣльныхъ продуктовъ. Самая методика анализа растений создана преимущественно въ агрономическихъ лабораторіяхъ—достаточно назвать способъ опредѣленія бѣлковъ по „Штуцеру“, рядъ модификацій „Кіельдала“, опредѣленіе нитратовъ по „Шлезингу“, амміака по Боссгарту, аспарагина—по Саксе, амидокислотъ—по Вемеру и пр. Тоже и для безазотистыхъ веществъ—опредѣленіе клѣтчатки—по „Геннебергу и Штоману“, пентозановъ—по Толленсу жира по Соклету, и т. д.—все это настолько вошло въ лабораторный обиходъ, что каждый студентъ, проходившій анализъ растения, знаетъ эти методы по іменамъ авторовъ, ихъ предложившихъ.

Замѣтимъ, что мы не касались въ нашемъ обзорѣ того ряда многочисленныхъ работъ опытныхъ станцій и агрономическихъ лабораторій, которыя легли въ основу почвовѣдѣнія; эти работы касались какъ происхожденія почвъ (явленія вывѣтриванья), такъ и процессовъ, постоянно повторяющихся въ почвахъ, какъ разложеніе органическаго вещества, какъ явленія поглощенія; отношеніе почвъ къ водѣ, ихъ тепловыя свойства изучены также преимущественно въ этихъ лабораторіяхъ; нѣкоторые изъ результатовъ этихъ работъ будутъ излагаться ниже, здѣсь же достаточно ради примѣра назвать имена Wollny въ Германіи, Hilgard'a въ Америкѣ и Костычева въ Россіи.

Точно также мы совершенно не касались той широкой области дѣятельности многихъ изъ опытныхъ станцій, которая имѣла въ виду разработку научныхъ основъ зоотехніи, путемъ многочисленныхъ опытовъ по переваримости кормовъ, по изученію обмѣна веществъ въ зависимости отъ работы и др. факторовъ,\* по вопросу объ образованіи жира въ организмѣ и т. д. И въ этихъ работахъ многое представляетъ цѣнный общенаучный матеріалъ, но ихъ рассмотрѣніе выходитъ за предѣлы нашего вѣдѣнія.

обычно содержали въ себѣ какос-нибудь вѣрное обобщеніе, но преувеличивали его значеніе и преуменьшали значеніе остальныхъ факторовъ; новое ученіе иногда стремилось отбросить все старое и замѣнить ему противоположнымъ; мы же теперь, пользуясь опытомъ прошлаго, ставимъ своей задачей комбинированье отдѣльныхъ факторовъ, изученіе вліянія на урожай всей ихъ совокупности, не преувеличивая, по возможности, и не преуменьшая роли каждаго. Такъ, Тэеръ училъ, что перегной—все, зольныя вещества почвы — ничто въ дѣлѣ удобренія, Либихъ училъ обратному (при чемъ не только углероду, но и азоту перегноя онъ не придавалъ значенія); мы же признаемъ, вмѣстѣ съ Тэеромъ, какъ роль перегноя въ опредѣленіи физическихъ свойствъ почвы, такъ и вмѣстѣ съ Либихомъ, все значеніе зольныхъ веществъ въ дѣлѣ удобренія; вмѣстѣ съ Буссенго признаемъ значеніе азотистыхъ удобреній для большинства сельскохозяйственныхъ культурныхъ растений (въ противоположность первоначальной формулировкѣ Либиха), но къ факторамъ физическимъ и химическимъ добавимъ, на основаніи работъ Гельригеля, Шлезинга, Виноградскаго, признаніе значенія фактора біологическаго, не упуская изъ виду, что факторъ этотъ можетъ дѣйствовать какъ въ положительную сторону (усвоеніе азота, нитрификація), такъ и въ отрицательную (денитрификація).

Только на основаніи суммы вліяній, которое оказываетъ то или иное вещество на процессы почвы (физическіе, химическіе, біологическіе) и на самое растение, мы можемъ правильно оцѣнить его значеніе въ качествѣ удобренія.

---

## Почва, какъ посредникъ между растеніемъ и удобреніемъ.

### Поглотительная способность почвъ.

Уже давно было замѣчено, что почва способна задерживать извѣстныя вещества изъ растворовъ, проходящихъ черезъ нее, переводя ихъ въ трудно растворимое состояніе, но лишь въ сравнительно недавнее время выяснено было значеніе этой категоріи явленій въ дѣлѣ питанія растений.

Внесеніе удобреній въ почву во многихъ отношеніяхъ отличается отъ того простого случая, который мы имѣемъ при внесеніи солей въ водныя и песчаныя культуры; кромѣ прямого дѣйствія, мы имѣемъ здѣсь еще рядъ побочныхъ, иногда даже это побочное дѣйствіе является главной цѣлью внесенія удобрения; поэтому для насъ важно познакомиться съ тѣмъ, какъ почва относится къ вносимымъ въ нее солямъ, какова ея роль, какъ посредника между удобрениемъ и растеніемъ.

Исторію изученія явленій поглощенія ведутъ обыкновенно съ Gazzeri (Италія), который съ 1819 г. издалъ сочиненіе озаглавленное „Новая теорія удобрения“. Тамъ онъ описываетъ свои опыты процѣживанія навозной жижи черезъ глину, причемъ происходитъ обезцвѣчиваніе жидкости, и приходитъ къ выводу, что „почва, въ особенности же глина, воспринимаетъ приходящія съ ней въ прикосновеніе вещества и удерживаетъ ихъ, чтобы передать растениямъ по мѣрѣ надобности“. Въ Германіи Броннеръ въ 1836 году производилъ такіе же опыты, не зная о работахъ Gazzeri и пришелъ къ заключенію, что даже песчаная почва способна притягивать растворимыя вещества и сполна ихъ воспринимать, не отдавая ихъ затѣмъ притекающей водѣ; да-

же растворимыя соли, будучи поглощены, лишь въ незначи-  
тельныхъ количествахъ вымываются водою; отсюда Броннеръ  
заклучилъ, что дѣйствіе удобрения касается лишь верхняго  
слоя почвы, не достигая подпочвы.

Въ Англіи 1845 г. Томсонъ наблюдалъ поглощеніе ам-  
міака изъ солей, причѣмъ замѣтилъ, что при дѣйствіи на  
почву растворомъ  $(NH_4)_2 SO_4$  въ растворъ переходитъ гипсъ.  
Въ 1850 году въ Англіи же появились обстоятельныя изслѣ-  
дованія Уэ (Way), который продѣлалъ опыты со многими  
почвами и различными веществами, пытаясь выяснитъ, какая  
составная часть обуславливаетъ поглощеніе. Проѣзжая че-  
резъ почву растворы калийныхъ и амміачныхъ солей, онъ  
наблюдалъ поглощеніе оснований, кислоты же, связанныя съ  
ними (сѣрная, соляная, азотная) оказывались въ растворѣ,  
большей частью въ видѣ солей извести, а частью и другихъ  
основаній; фосфорная кислота вела себя иначе — она тоже  
задерживалась почвой; если кали и амміакъ употреблялись  
въ соединеніи съ  $P_2O_5$ , то они поглощались сильнѣе. Уэ  
объясняетъ это явленіе реакціями взаимнаго обмѣна между  
растворомъ и почвой; сначала онъ думалъ, что въ почвѣ  
вступаютъ въ эти реакціи кремнекислая известь, но опыты  
съ этимъ веществомъ не подтвердили его предположенія.  
Тогда Уэ обратилъ вниманіе на такъ называемую цеолитную  
часть почвы — водныя двойныя соединенія кремнекислаго  
глинозема съ другими кремнекислыми основаніями, которыя,  
какъ предполагаютъ, образуются въ почвѣ при процессахъ  
вывѣтриванія непосредственно или путемъ вторичнымъ, при  
соприкосновеніи веществъ, являющихся продуктами этихъ  
процессовъ; онъ приготовилъ искусственный натровый цео-  
литъ, приливая растворъ натроваго стекла къ раствору квас-  
цовъ и констатировалъ его способность поглощать кали.  
Тожѣ показалъ онъ и для известковаго цеолита. При этомъ  
наблюдалась эквивалентность основанийъ входящихъ и выхо-  
дящихъ изъ состава цеолита. Такимъ образомъ опыты Уэ  
говорили за чисто химическую природу явленій поглощенія.

Опыты Уэ не обратили на себя должнаго вниманія, пока  
Либихъ въ 1858 г. не поднялъ вновь вопроса о поглотит-  
ельной способности почвы и не подчеркнул важность его  
съ точки зрѣнія питанія растений и удобрения. Онъ усумнился  
однако въ правильности толкованія Уэ относительно роли

цеолитовъ и относительно химической природы явленій поглощенія вообще; напротивъ Либихъ склонялся къ объясненію этихъ явленій чисто физическимъ путемъ. Основывался онъ на слѣдующихъ своихъ опытахъ. Процѣживая слабые растворы сѣрноокислаго кали черезъ почву разнаго состава, онъ наблюдалъ во всѣхъ случаяхъ почти полное истощеніе раствора (благодаря очень широкому отношенію между количествомъ взятой соли и вѣсомъ почвы); работая другимъ методомъ (взбалтываіе) съ растворами  $K_2SiO_3$  большей концентраціи, онъ хотя и нашелъ разное поглощеніе у разныхъ почвъ, но не замѣтилъ никакой связи ни съ содержаніемъ глинозема, ни съ содержаніемъ извести; поэтому онъ рѣшилъ, что явленія поглощенія не зависятъ отъ химическаго состава почвы, и должны отойти къ категоріи явленій физических<sup>1)</sup>. Для сравненія онъ указывалъ на способность угля задерживать красящія вещества и обезцвѣчивать такимъ образомъ процѣженный растворъ. Этой способностью дѣйствительно обладаютъ многія вещества въ тонко измельченномъ состояніи, какъ сѣра, мышьякъ, но нельзя сравнивать поглощеніе солей почвою съ этимъ поглощеніемъ, такъ какъ здѣсь задерживаются лишь трудно растворимыя вещества, трудно диффундирующія, съ высокимъ молекулярнымъ вѣсомъ. Соли же щелочныхъ и щелочноземельныхъ металловъ не задерживаются ни этими веществами, ни углемъ, если уголь не содержитъ минеральныхъ примѣсей. Адольфъ Майеръ приготовилъ свободный отъ золы уголь, осаждая сажу отъ коптящей керосиновой лампы на дно чашки съ холодной водой и затѣмъ прокаливая ее въ закрытомъ тиглѣ. Такъ приготовленный уголь не поглощалъ веществъ завѣдомо поглощаемыхъ почвою, напр., кали изъ растворовъ  $KCl$ ,  $K_2SO_4$ , и т. д.; титры профильтровываемыхъ жидкостей оставались безъ измѣненія, а красящія вещества этотъ же уголь осаждастъ.

Помимо того, что сравненіе съ углемъ является не подходящимъ, рядъ работъ по поглотительной способности, вы-

---

<sup>1)</sup> Впрочемъ позднѣе Либихъ самъ констатируетъ различіе между угольнымъ порошкомъ и почвою (см. „Химія въ приложеніи къ земледѣлію“, переводъ Ильенкова съ 7-го изд., стр. 93. Упомянутые въ текстѣ опыты Либиха подробнѣе изложены у *Густавсона*, Двадцать лекцій агрономической химіи, стр. 63.

званныхъ Либихомъ же, доставилъ рядъ фактовъ, подтверждающихъ взглядъ Уэ; тѣмъ не менѣе на выводахъ германскихъ изслѣдователей надолго отразилось вліяніе авторитета Либиха и многіе изъ нихъ старались доказать, что не химическимъ причинамъ принадлежитъ главная роль въ объясненіи явленій поглощенія.

Впрочемъ о Либихѣ нужно сказать, что онъ не отрицалъ участія химическихъ явленій; такъ онъ показалъ, что изъ слабыхъ растворовъ  $K_2SiO_3$  почвы богатая органическими кислотами поглощаютъ много кали и мало  $SiO_2$ , такъ что фильтратъ при выпариваніи даетъ студень; если же почву прокалить, или прибавить  $CaCO_3$ , то и  $SiO_2$  начнетъ поглощаться; химизмъ здѣсь очевидный, но Либихъ не находилъ возможнымъ признать его въ другихъ случаяхъ.

Переходимъ къ описанію и количественному изученію явленій поглощенія, какъ они выяснились на основаніи работъ Геннеберга и Стомана, Петерса, Раутенберга и др.

*Поглощеніе щелочей.* Не только кали, какъ мы видѣли изъ опытовъ Уэ, можетъ поглощаться почвой, но тоже и натръ, и амміакъ, причемъ кислота остается въ растворѣ (если только это не была фосфорная кислота или  $SiO_2$ ) въ связи съ другими основаніями, замѣняющими поглощенные въ эквивалентныхъ количествахъ. Но энергія, съ которой поглощается основаніе, различна; такъ, натръ значительно уступаетъ въ этомъ отношеніи кали, какъ это можно видѣть изъ слѣдующихъ цифръ:

Взято на 250 к. с. 0.155 gr. $Na_2O$ въ формѣ.	Поглощ. въ гр.	Въ % отъ взятаго колич.	Для кали.		%
			Взято	Погло- щено.	
Сѣрнокислой соли.	0.0216	13.9%	0.2355	0.0977	41.0
Азотнокислой . . .	0.0228	14.7	0.2355	0.0840	35.7
Фосфорнокислой. .	0.0414	26.7	0.2355	0.1271	53.9
Углекислой . . . .	0.0348	22.4	0.2355	0.1178	50.0

Амміакъ также уступаетъ по силѣ связыванія кали, но разница гораздо меньше, чѣмъ для натра. Такъ въ одномъ опытѣ слѣдующія количества  $CaO$  вытѣснены были  $K_2O$ ,  $(NH_4)_2O$ ,  $Na_2O$ .

$KCl$ . . . .	0.354	$CaO$
$NH_4Cl$ . . .	0.319	$CaO$
$NaCl$ . . . .	0.168	$CaO$

Концентрація растворовъ въ вышеприведенныхъ случаяхъ была 0.01 отъ нормальной т.-е. растворы были эквимолекулярны; употреблялось 250 куб. с. раствора.

Но нужно замѣтить, что размѣры поглощения того или другого основанія зависятъ еще отъ предшествующаго состоянія или искусственной обработки (т.-е. химической) почвы; такъ если обработать почву калииными солями, такъ сказать насытить ее кали, то ея поглотительная способность для натра возрастаетъ, какъ показали Петерсъ: его почва поглощала вначалѣ изъ 250 к. с. раствора съ 0.3609  $\text{Na}_2\text{O}$  (въ формѣ  $\text{NaCl}$ )—0.0270  $\text{Na}_2\text{O}$ , а послѣ обработки растворомъ кали—0.0621  $\text{Na}_2\text{O}$ . Тоже можетъ быть слѣдствиемъ и естественныхъ свойствъ почвы если въ пей много натра въ поглощенномъ состоянїи, то она будетъ поглощать его плохо, если же много  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ , то  $\text{Na}_2\text{O}$  будетъ хорошо поглощаться.

Величина поглощения не представляетъ чего-либо постояннаго, но находится въ зависимости и отъ условїи опыта; такъ, она зависитъ отъ того, съ какой кислотой соединено основанїе; затѣмъ концентрація раствора также сильно влїяетъ: чѣмъ крѣче растворъ, тѣмъ абсолютно больше изъ него беретъ почва, но процентно—меньше; слабые растворы истощаются поэтому сильнѣе, но никогда—до конца. Это можно видѣть на слѣдующихъ цифрахъ:

Изъ 500 частейъ воды растворено:	$\text{K}_2\text{O}$ поглощено:
0.585-mmg	0.190-mmg
1.170	0.250
2.340	0.390

Какъ видно, поглощенїе повышается не пропорціонально концентраціи, а медленнѣе. Бедекеръ пытался установить такое правило для этого: величина поглощенїа возрастаетъ при увеличенїи концентраціи въ 2, 3, 4 раза какъ  $\sqrt{2}$ ,  $\sqrt{3}$ ,  $\sqrt{4}$  и т. д. Но эта законность вѣрна лишь приблизительно; такъ вмѣсто 1,41 (т. е.  $\sqrt{2}$ ) получалось при удвоенїи концентраціи отъ  $\frac{1}{20}$  до  $\frac{1}{10}$  нормальн. раствора для  $\text{K}_2\text{CO}_3$ —1.21 (min.), для  $\text{KNO}_3$ —1,85 (max.).

Для высшихъ концентрацій отступленїа еще сильнѣе.

Мы здѣсь имѣемъ дѣло съ условіями подвижнаго равновѣсія; подобно тому, какъ количество газа раствореннаго въ жидкости зависитъ отъ парціального давленія, такъ и количество вещества поглощеннаго почвою зависитъ отъ содержанія его въ окружающемъ растворѣ послѣ поглощенія. Только здѣсь законность не столь проста, какъ въ случаѣ газовъ, такъ какъ взаимнъ поглощаемаго вещества выдѣляется другое и равновѣсіе опредѣляется не только количествами веществъ реагирующихъ, но и энергіей замѣщенія, различной для разныхъ веществъ. По опытамъ Беммелена кривая, выражающая эту зависимость, имѣетъ видъ параболы, т. е. поглощеніе вначалѣ быстро слѣдуетъ за концентраціей, а затѣмъ уже мѣняется очень медленно, какъ бы приближаясь къ точкѣ насыщенія. Поэтому и законъ Бедекера не можетъ быть всегда вѣренъ: для начальныхъ ступеней концентраціи можетъ существовать пропорціональность не корнямъ, а цѣлымъ числамъ, а для высшихъ ступеней возрастаніе поглощенія отстаетъ и отъ квадратныхъ корней, постепенно приближаясь къ постоянной величинѣ. Вотъ напр. цифры изъ опытовъ Кельнера <sup>1)</sup> (для большихъ концентрацій).

100 гр. почвы изъ	10 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	раствора	поглотили	0.855
" "	15 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	" "	" "	0.897
" "	20 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	" "	" "	0.909
" "	25 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	" "	" "	0.907

Величина поглощенія измѣняется также, если мы будемъ дѣйствовать разными количествами раствора одной и той же концентраціи, какъ это можно видѣть изъ слѣдующихъ данныхъ одного опыта:

100 гр. почвы	Взято кали:	Растворено:	Поглощено:	%	Отношеніе:
	0.5888 гр. K <sub>2</sub> O	въ 250 к.с.	0.1990 гр.	=33.8 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1.—
	1.1795 " " "	500 "	0.2517 "	=21.3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1.21
	2.3550 " " "	1000 "	0.2935 "	=12.4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1.47

И здѣсь опять поглощеніе возрастаетъ не пропорціонально количеству раствора, а слабѣе: это ясно и а priori; поло-

<sup>1)</sup> Landwirthschaftliche Versuchsstationen XXXII. Значительная часть другихъ примѣровъ цитирована по Sachsse, Lehrbuch d. Agriculturchemie, и Гейдену, Ученіе объ удобреніи.

жимъ, что изъ количества основанія  $A$ , раствореннаго въ 1 жидкости, почва поглотила  $a$  gr.; слѣдовательно въ жидкости осталось  $\frac{A - a}{1}$  gr.; при этомъ распредѣленіи существуетъ равновѣсіе въ притяженіи веществъ почвой и растворомъ.

Удвоимъ теперь объемъ раствора не мѣняя концентрации и допустимъ, что поглощеніе тоже удвоилось; тогда бы мы имѣли конечную концентрацію  $\frac{2A - 2a}{2}$ , т. е. тоже самое, что и раньше. Но такъ какъ нельзя въ этой подвижной реакціи заставить почву поглотить вдвое больше вещества при томъ же составѣ окружающаго раствора, то равновѣсіе нарушилось бы и началось бы выдѣленіе вещества изъ почвы въ растворъ; оно продолжается до нѣкоторой промежуточной между 1 и 2 ступеню, на которой осуществится равновѣсіе. Кромѣ того, увеличеніе поглощенія вслѣдствіе увеличенія объема жидкости уступаетъ увеличенію вслѣдствіе удвоенія концентрации, что опять таки ясно, такъ какъ 1-й случай отличается отъ 2-го лишь участіемъ двойного количества воды, слѣдовательно, вещество съ большей силой отнимается отъ почвы въ 1-мъ случаѣ, нежели во 2-мъ.

Величина поглощенія зависитъ также отъ времени дѣйствія раствора на почву; впрочемъ зависимость здѣсь не особенно рѣзкая: такъ въ одномъ изъ опытовъ Генненберга и Стомана изъ амміачнаго раствора поглотилось черезъ 4 часа — 0.050 g., черезъ 24—0.058 и черезъ 168—0.067 gr.

Зависимость отъ  $t^n$  нельзя еще считать достаточно выясненной; во всякомъ случаѣ вліяніе этого фактора не велико.

Относительно того, насколько отвѣчаютъ эквивалентамъ количества поглощаемыхъ основаній, даютъ возможность судить слѣдующія цифры Kellner'a, полученные имъ для 5 почвъ Испаніи (анализы агрономической лабораторіи въ Токки) <sup>1)</sup>.

При обработкѣ почвъ KCl поглотились слѣдующія количества  $K_2O$  на 100 gr. почвы:

1	2	3	4	5
2.483	1.700	1.940	1.524	1.583

<sup>1)</sup> Landw. Versuchsstationen. XXXIII.

При обработкѣ  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и перечисленіи  $(\text{NH}_4)_2\text{O}$  на  $\text{K}_2\text{O}$  получается:

2.510      1.712      1.980      1.562      1.610

Совпаденіе получается слѣдовательно достаточно полное. Цифры вычисленныя изъ опытовъ съ амміакомъ, какъ видимъ, всѣ выше нѣсколько найденныхъ опытомъ для кали; это зависитъ отъ того, что почва въ естественномъ состояніи всегда уже содержитъ замѣтныя количества кали въ поглощенномъ состояніи, они то и уменьшаютъ поглощеніе при опытѣ. Амміака же въ почвѣ всегда немного, такъ какъ онъ быстро превращается, какъ мы увидимъ ниже, въ азотную кислоту. Во всякомъ случаѣ выше приведенные два ряда цифръ достаточно близко сходятся между собою, чтобы служить доводомъ въ пользу эквивалентности поглощаемыхъ количествъ калия и аммонія.

Петерсомъ получены были также близкія къ эквивалентнымъ числа другимъ методомъ: дѣйствуя растворомъ  $\text{KCl}$  на почву, онъ въ фильтратѣ опредѣлялъ  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  и перечислялъ всѣ эти основанія на кали, получалось слѣдующее:

	Эквивалент. основ.	Поглощено $\text{K}_2\text{O}$ .
При 0,2944 $\text{K}_2\text{O}$ въ 250 к. с.	0.1241	0.381
" 0.5888	" 0.2061	0.1990
" 1.1776	" 0.3138	0.3124
" 2.3552	" 0.4540	0.4503

Что касается *щелочныхъ земель*, то ихъ поглощеніе происходитъ слабѣе поглощенія щелочей; магnezія поглощается съ большей энергіей, нежели известь, какъ это видно изъ слѣдующихъ цифръ:

Концентрація (норм. раств.=1).	Количество основанія.	Поглощено.
$\text{MgCl}_2$ 0.1	1.0 gr. на 250 к. с.	0.0985— 9.8 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
$\text{CaCl}_2$ 0.1	1.4 gr. "	0.0374— 2.7 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
$\text{MgCl}_2$ 0.01	0.1 "	0.0346— 34.6 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
$\text{CaCl}_2$ 0.01	0.14 "	0.0208— 15.0 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>

Опыты эти произведены были съ почвой бѣдной известью и магnezіей: въ ней было 0.24  $\text{CaO}$  (раств. въ  $\text{HCl}$ ) и 0,28

MgO, въ почвахъ же богатыхъ этими веществами поглощеніе естественно будетъ равно O, или даже, при извѣстныхъ условіяхъ, растворъ будетъ обогащаться известью или магнезіей

Разсмотрѣвши тѣ измѣненія, какія претерпѣваютъ растворы относительно содержанія основаній при соприкосновеніи съ почвой, обратимся теперь къ этой послѣдней и посмотримъ, какія изъ ея составныхъ частей и въ какой мѣрѣ участвуютъ въ поглощеніи основаній.

*Песокъ и невыѣтрившіеся минералы* видимо должны быть исключены изъ числа факторовъ поглощенія<sup>1)</sup>. Первый, состоя изъ кварцевыхъ зеренъ, представляетъ почти неизмѣняемое химически тѣло, противостоящее дѣйствию даже сильныхъ реактивовъ. Остаются слѣдовательно слѣдующія вещества: силикаты водные (являющіеся продуктомъ сложнаго выѣтриванія), гидраты окиси желѣза и глинозема, свободная водная SiO<sub>2</sub>, карбонаты, сульфаты, фосфаты и гуматы.

Что касается водныхъ силикатовъ, то они или представляютъ конечные продукты выѣтриванія, простые силикаты, какъ водный кремнекислый глиноземъ (каолинъ), водная кремнекислая магнезія (талькъ), или суть продукты выѣтриванія сложнаго, способные дальше разлагаться и обмѣниваться основаніями—двойные силикаты.

Начнемъ съ *каолина*, какъ наиболѣе распространеннаго соединенія, къ которому часто пытались свести поглотительную способность почвъ.

Когда Гаутенбергъ пробовалъ опредѣлить поглотительную способность отдѣльныхъ составныхъ частей почвы (1863 г.), то оказалось, что чистый каолинъ совершенно не поглощаетъ кали и амміака изъ среднихъ солей сильныхъ кислотъ. Тоже подтвердилъ Кнопъ, дѣлавшій опыты съ азотнокислымъ кали. Отсюда нужно заключить, что не каолину принадлежитъ *главная* роль въ дѣлѣ поглощенія. Все же каолинъ не лишенъ этой способности для солей кремнекислоты и фосфор-

---

<sup>1)</sup> Въ послѣднее время впрочемъ накаплиются данныя показывающія что безводные силикаты не безусловно стойки и поддаются дѣйствию растворовъ въ болшей мѣрѣ чѣмъ казалось ранѣе; значить ихъ роль въ поглощеніи можетъ быть не равна нулю; см. *К. Д. Глинка*, Изслѣдованія въ области процессовъ выѣтриванія, 1906, а также *Dittrich*, Bied. Centralblatt, 1902, 196.

ной кислоты. Кремнекислые щелочи поглощаются каолиномъ въ известной степени цѣликомъ безъ разложенія, образуя двойныя соли. Что же касается фосфорнокислыхъ соединений, то тутъ можетъ происходить отчасти обмѣнное разложение: образуется съ одной стороны фосфорнокислый глиноземъ, а съ другой—кремнекислое кали напр., это послѣднее можетъ связаться опять таки избыткомъ каолина.

*Цеоциты.* Что встрѣчающіеся въ природѣ цеолиты обладаютъ въ сильной степени способностью обмѣнивать свои основанія, показали опыты Эйхгорна и Лемберга. Первый изъ нихъ брать известковый цеолитъ (шабазитъ) въ мелко-истолченномъ состояніи (I) и обрабатывалъ его при обыкновенной  $t^{\circ}$  растворами поваренной соли (II), хлористаго аммонія (III), соды (IV), углекислаго аммонія (V) и KCl (VI). Вотъ составъ шабазита неизмѣненнаго и послѣ обработки этими растворами:

	I (шабаз.)	II (NaCl)	III(NH <sub>4</sub> Cl)	IV (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	V(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	(VI KCl)
SiO <sub>2</sub>	47.44	48.31	51.26	48.39	50.51	47.89
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.69	21.04	22.17	20.76	21.26	23.62
CaO	10.37	6.65	4.15	5.64	5.53	—
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> O	—	—	6.94	—	5.91	—
K <sub>2</sub> O	0.65	0.64	0.61	6.86	0.37	13.48
Na <sub>2</sub> O	0.42	5.40		—	—	—
H <sub>2</sub> O	20.18	18.33	14.87	18.46	15.72	14.58

Какъ видимъ, въ составъ цеолита можно было по произволу ввести кали, натръ, или амміакъ (кстати замѣтимъ, что этими опытами опровергается возраженіе Либиха противъ Уэ, что силикаты не должны связывать амміака).

Кромѣ способности обмѣнивать основанія, цеолиты могутъ еще поглощать свободныя основанія, выдѣляя въ амѣнъ ихъ воду; подобные примѣры имѣются въ опытахъ Лемберга, который повышалъ содержаніе кали въ цеолитѣ съ 5.34 до 17.7% дѣйствуя растворомъ КОН.

Разъ цеолиты обладаютъ въ такой сильной степени поглощательной способностью, естественно было объяснить ихъ присутствіемъ тѣ свойства, какими обладаетъ почва. Въ указанномъ отношеніи правда, мы не констатируемъ въ почвѣ

какихъ-либо опредѣленныхъ извѣстныхъ намъ цеолитовъ <sup>1)</sup>; не имѣемъ даже возможности выдѣлить изъ нея цѣликомъ цеолитную часть, за отсутствіемъ такого растворителя, который бы не разрушалъ цеолитовъ. По тѣмъ не менѣе объясненіе явленій поглощенія присутствіемъ цеолитовъ въ почвѣ имѣетъ извѣстную вѣроятность, такъ какъ все, что можетъ разрушать цеолиты, уничтожаетъ и явленія поглощенія и наоборотъ, все способствующее образованію цеолитовъ вызываетъ и усиливаетъ эти явленія.

Такъ, цеолиты разлагаются кислотами; и почва также при обработкѣ кислотами теряетъ въ значительной степени способность поглощать основанія. Петерсъ обрабатывалъ почву HCl при нагреваніи, затѣмъ промывалъ ее водою до исчезновенія реакціи на Cl; вліяніе раствора KCl на почву до и послѣ этой операціи было слѣдующее:

Оказалось въ растворѣ.	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	Поглощеніе водою K <sub>2</sub> O
До обработки HCl . .	0.0940	0.084	0.0261	0.1841
Послѣ обработки . . .	0.0136	—	0.0004	0.0227

Брустлейтъ наблюдалъ даже полное уничтоженіе поглощенія почвой амміака изъ NH<sub>4</sub>Cl послѣ обработки HCl одной изъ изслѣдованныхъ имъ почвъ. Но лишь долгая обработка HCl способна низводитъ поглощеніе на низкую степень; происходитъ это частью отъ трудности, съ какой цеолиты отдаютъ свои основанія, а затѣмъ и отъ того, что въ почвѣ силикаты находятся въ разныхъ степеняхъ вывѣтриванія: въ то время какъ одни продукты вывѣтриванія разрушаются кислотой, измѣняются подъ ея вліяніемъ, — вывѣтрившіеся силикаты даютъ водныя соединенія, способныя опять поглощать.

Кромѣ дѣйствія кислотъ водные силикаты измѣняются подъ вліяніемъ прокаливанія. Послѣ прокаливанія большинство изъ нихъ становится трудно доступными дѣйствію кислотъ, те-

<sup>1)</sup> Впрочемъ въ вышеназванной работѣ Глинки читаемъ: „Нерѣдко, однако, можно наблюдать цеолиты и среди горизонтовъ вывѣтриванія, даже въ предѣлахъ гумусовыхъ горизонтовъ мѣстныхъ слабо подзолистыхъ или дерновыхъ почвъ“. (Вывѣтриваніе цеолитовъ Цхра-Цкаро, I. с., 126). Въ общемъ же названный авторъ высказывается противъ признанія широкаго значенія цеолитовъ въ почвахъ.

риютъ воду и лишь очень медленно обмѣниваютъ свои основанія при соприкосновеніи съ растворами солей; такъ, шабазитъ въ опытахъ Эйхгорна теряетъ способность поглощать  $\text{NH}_3$ . Подобнымъ же образомъ дѣйствуетъ прокаливаніе и на почву. Въ опытахъ Vidermann'a изъ раствора съ 0.4283  $\text{K}_2\text{O}$  на 100 к. с. почва поглотила слѣдующія количества  $\text{K}_2\text{O}$ :

	Непрокаленная.	Прокаленная.
При постепенномъ увеличеніи соотношенія между количествомъ почвы и употребленнаго раствора:	0.0106	—
	0.0179	—
	0.0227	0 0095
	0.1228	0 0444
	0.2023	0 0444
	0.2796	0 1322

Съ другой стороны при прибавленіи цеолитовъ почва, лишенная поглотительной способности, приобретаетъ ее. Такъ, Раутенбергъ показавъ, что каолинъ не поглощаетъ основаній, взбалтывалъ этотъ каолинъ съ растворомъ хлористаго кальція и алюминія и затѣмъ приливалъ столько кремнекислой щелочи, чтобы сполна осадить известь и глиноземъ. Такимъ образомъ получался каолинъ съ разными количествами искусственнаго цеолита (смотря по количеству взятыхъ веществъ).

Поглощеніе амміака изъ раствора  $\text{NH}_4\text{Cl}$  получилось слѣдующее:

100 gr. каолина съ 5 <sup>0</sup> / <sub>100</sub> силиката	поглотили	0.1291
" " " 10 <sup>0</sup> / <sub>100</sub> "	" "	0.2324
" " " 20 <sup>0</sup> / <sub>100</sub> "	" "	0.3245

Такимъ образомъ каолинъ приобретаетъ способность поглощать основанія и притомъ тѣмъ въ большемъ количествѣ, чѣмъ больше было прибавлено цеолита.

Поглощеніе цеолитами основаній изъ растворовъ подчиняется тѣмъ же законностямъ, какъ и поглощеніе ихъ почвой. Armsby прослѣдилъ <sup>1)</sup> параллельно поглощеніе для нильской почвы и искусственно имъ приготовленнаго силиката, послѣдній представлялъ натрово-глиноземную водную соль

<sup>1)</sup> Land. Versuchsstationen, XXI; также LXV, 247.

кремнекислоты такого состава:  $\text{SiO}_2$ —48.42,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ —23.16,  $\text{Na}_2\text{O}$ —14.20 и  $\text{H}_2\text{O}$ —14.13; полученъ онъ былъ путемъ осажденія щелочнаго раствора глинозема растворомъ кремнекислаго натра. Въ зависимости отъ измѣненія концентраціи раствора поглощеніе въ обоихъ случаяхъ увеличивалось по одному и тому же закону; кривыя, выражающія измѣненіе поглощенія для почвы и для цеолита, получились весьма близкія между собой:



Вліяніе концентраціи раствора на енергію поглощенія почвой (1) и цеолитомъ (2).

Взамѣнъ поглощаемаго основанія цеолиты выдѣляютъ другое; если растворъ не мѣняется, то на извѣстномъ пунктѣ реакція останавливается, подъ вліяшемъ накопленія въ растворѣ вытѣсненнаго основанія; поэтому можно искусственно уменьшить размѣры поглощенія, введя въ растворъ соль вытѣсняемаго изъ цеолита основанія. Такъ, въ тѣхъ-же опытахъ съ натровыми цеолитами Armsby наблюдалъ слѣдующее поглощеніе изъ раствора  $\text{CaCl}_2$ , причеиъ въ одномъ случаѣ прибавлялся  $\text{NaCl}$ , а въ другомъ нѣтъ.

Взято силиката.	Поглощено безъ $\text{NaCl}$ .	Поглощено + $\text{NaCl}$ .
2.5	0.1151	0.1039
1.25	0.0663	0.0585
0.625	0.0389	0.0303
0.3125	0.0187	0.0143

Тоже наблюдалъ и Лембергъ въ своихъ многочисленныхъ опытахъ.

Затѣмъ, и порядокъ замѣщенія основаній тотъ же самый для цеолитовъ, какъ и для почвы: кали наиболѣе вытѣс-

няется и съ наибольшей энергіей замѣняетъ другія основанія при поглощеніи; натръ и известь ведутъ себя обратно.

Если цеолиты играютъ такую большую роль въ дѣлѣ поглощенія, естественно ожидать, что будетъ известная пропорциональность между ихъ содержаниемъ въ почвѣ и поглощательною способностью. Но до сихъ поръ такой параллелизмъ строго не могъ быть установленъ въ виду того, что у насъ нѣтъ точнаго мѣрила для количества цеолитовъ въ почвѣ. Кюионъ предлагалъ судить о содержаніи ихъ по количеству основаній, извлекаемыхъ изъ почвы соляной кислотой (исключивши, конечно, карбонаты); но у него не получалось полной послѣдовательности для всѣхъ отдѣльныхъ случаевъ; согласіе получалось лишь для среднихъ чиселъ. Да и трудно было бы ожидать здѣсь совершенной правильности: въ кислотахъ могутъ растворяться и другія основанія, напр., гидратъ окиси желѣза. Поэтому быть можетъ правильнѣе было бы опредѣлять поглощенные основанія, вытѣсняя ихъ аммоніемъ, путемъ промыванія почвы растворомъ  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Но и въ такомъ случаѣ, если бы мы могли точно опредѣлить поглощенные основанія, все же не имѣли бы точной мѣрки поглощенія цеолитами, такъ какъ одинъ и тотъ же цеолитъ можетъ быть въ разной степени насыщенъ основаніями; а затѣмъ разные цеолиты будутъ опять таки обмѣниваться основаніями съ различной легкостью, въ зависимости отъ характера основаній, входящихъ въ нихъ. Гейденъ наблюдаетъ приближительный параллелизмъ между количествомъ цеолитовъ и поглощеніемъ въ почвѣ, принимая за мѣрило количество кремнекислоты, выдѣляемой кислотами въ свободномъ состояніи и являющейся результатомъ разложенія цеолитовъ<sup>1)</sup>.

1) Въ послѣднее время D. Meuser указалъ еще на одно обстоятельство, по его мнѣнію доказывающее присутствіе цеолитовъ въ почвѣ. Именно, предложено было опредѣлять количество „дѣятельной“ извести въ почвѣ путемъ обработки ея хлористымъ аммоніемъ: если кипятить почву съ воднымъ растворомъ  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , то часть извести (именно углекислая), должна переходить въ растворъ въ видѣ  $\text{CaCl}_2$ , а аммоній превращается въ углекислый амміакъ и отгоняется, такъ что по количеству послѣдняго въ дистиллятѣ можно бы судить о количествѣ углекислой извести въ почвѣ; но оказывается, что этотъ способъ даетъ всегда повышенныя показанія противъ опредѣленія углекислой извести по количеству вытѣсняемой кислотами  $\text{CO}_2$ , что по Meuser'у и зависитъ отъ присутствія въ почвѣ цеолитовъ, такъ какъ сдѣланный съ цеолитами отдѣльный опытъ показалъ,

Во всякомъ случаѣ современное состояніе этого вопроса можетъ быть вкратцѣ охарактеризовано такимъ положеніемъ: явленія поглощенія въ почвѣ происходятъ такъ, какъ они должны бы происходить подъ вліяніемъ цеолитовъ, если не исключительнымъ, то преобладающимъ.

*Гидраты окиси желѣза и глинозема* также въ нѣкоторой мѣрѣ могутъ участвовать въ явленіяхъ поглощенія; первый заслуживаетъ большаго вниманія, такъ какъ принимаетъ болѣе замѣтное участіе въ составѣ почвы. Но поглощеніе это не похоже, конечно, на поглощеніе цеолитами, такъ какъ здѣсь нечему вступать въ обмѣнъ. Поэтому оба гидрата поглощаютъ непосредственно лишь свободныя основанія; и это процессъ чисто химическій, такъ какъ извѣстна способность этихъ веществъ вступать въ соединеніе съ щелочами. Но какъ реакція не идущая до конца, процессъ этотъ стоитъ въ зависимости отъ концентраціи раствора и количества его, обнаруживая тѣ же законности какъ и ранѣе разсмотрѣнныя явленія. Такъ

10 gr. Fe <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub> поглощали	при концентраціи раствора:
0.0396 gr. NH <sub>3</sub>	0.8417 на 200 к. с.
0.0462 „	1.6834 „
0.0478 „	3.6650 „
0.1264 gr. K <sub>2</sub> O	0.8482 на 200 к. с.
0.1468 „	1.6927 „
0.1577 „	3.4247 „

Кромѣ ѣдкихъ щелочей глиноземъ способенъ еще поглощать кремнекислосое кали, образуя цеолитообразное соединеніе. Хлористыя же, сѣрнокислыя и азотнокислыя соли почти совершенно не задерживаются. (По Варингтону, сѣрнокислыя щелочи нѣсколько всетаки задерживаются, что нужно объяснить образованіемъ основныхъ солей).

---

что они также отдають свою известь вытяжкѣ съ NH<sub>4</sub>Cl, при чемъ соотвѣтственная часть амміака переходитъ въ дистиллятъ. (Landw. Jahrbücher, XXIX.). Но съ другой стороны высказывается мнѣніе, что цеолитамъ въ настоящее время приписывается слишкомъ большая роль благодаря тому, что свойства другихъ силикатовъ (въ томъ числѣ и безводныхъ) являются плохо изученными.

Затѣмъ  $\text{Fe}_2(\text{OH})_6$  и  $\text{Al}_2(\text{OH})_6$  могутъ играть и косвенную роль въ поглощеніи, связывая кислоты, вводимыя въ почву вмѣстѣ съ поглощаемымъ основаніемъ.

*Гидратная  $\text{SiO}_2$*  не обладаетъ способностью задерживать щелочи изъ сѣрно-азотно-и солянокислыхъ солей, но поглощаетъ основанія карбонатовъ (не говоря, конечно, о свободныхъ щелочахъ); такъ  $\text{K}_2\text{CO}_3$  отдаетъ кремнекислотѣ часть своего кали, превращаясь въ двууглекислую соль: это происходитъ въ замѣтныхъ размѣрахъ, такъ у Беммелена изъ 200 к. с. съ 1.1040 gr.  $\text{K}_2\text{CO}_3$  поглощено было 45%  $\text{K}_2\text{O}$  20-ю граммами  $\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ <sup>1)</sup>; при этомъ въ растворѣ остается  $\text{KHCO}_3$ . Точно также въ случаѣ фосфорнокислыхъ щелочей возможно поглощеніе части основанія съ образованіемъ соответственныхъ кислыхъ солей. Но аммиакъ не связывается кремнекислотой, въ какой бы формѣ онъ ни былъ введенъ. Присутствіе гидратной кремнекислоты въ почвахъ обработанныхъ кислотами, является одной изъ причинъ неполной утраты ими поглощительной способности. У Беммелена такая почва (100 gr.) поглотила изъ 1.3818 gr.  $\text{K}_2\text{O}$  (въ 200 к. с.)—0.5828 gr., а изъ 0.4700 (на 250.)—0.2397, т. е. проявила весьма значительное поглощеніе относительно раствора углекислыхъ щелочей. Еще большую роль кремнекислота играетъ въ возстановленіи поглощительной способности почвы, какъ это обнаружилось въ опытахъ Гейдена. Онъ, послѣ обработки почвы соляной кислотой, кипятилъ ее съ содой, чтобы удалить  $\text{SiO}_2$ . Когда послѣ этой обработки онъ испыталъ дѣйствіе раствора  $\text{KCl}$ , то почва, вмѣсто ожидаемаго пониженія поглощенія показала увеличеніе его противъ почвы ничѣмъ не обработанной именно, почва вначалѣ поглощала 0.0524 gr.  $\text{K}_2\text{O}$ , а послѣ дѣйствія  $\text{HCl}$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ —0.1124, т. е. вдвое больше. Дѣло объясняется такъ. При дѣйствіи кислоты цеолиты отдаютъ ей свои основанія, выдѣляя  $\text{SiO}_2$ ; въ связи съ кремнекислотой остается лишь глиноземъ, слѣдовательно, получается каолинъ. При дѣйствіи углекислой щелочи на  $\text{SiO}_2$  получается кремнекислая щелочь, которая съ каолиномъ и даетъ опять цеолитъ; что же касается того, почему поглощеніе не только возстановляется, но и увеличивается, то во пер-

<sup>1)</sup> Landw. Versuchsstationen, XXIII.

выхъ всѣ бывшія въ почвѣ основанія замѣнены однимъ — натромъ, поэтому отсутствующія будутъ усиленно поглощаться; а во вторыхъ кислота можетъ еще измѣнять несполна вывѣтрившіяся силикаты, обогащать ихъ водными остатками, отнимая часть оснований, благодаря чему погложительная способность увеличивается.

Подобнымъ же образомъ какъ сода, въ другихъ опытахъ (Петерса) *углекислая известь* возстановляла и увеличивала погложительную способность почвы, промытой соляной кислотой. Беммеленъ показалъ, что въ присутствіи углекислой извести водная  $\text{SiO}_2$  способна поглощать щелочи въ небольшомъ количествѣ и изъ среднихъ солей, напр. изъ  $\text{KCl}$ . (Объясняетъ это онъ такъ: растворъ  $\text{KCl}$  способенъ растворять небольшія количества  $\text{CaCO}_3$ ; естественно допустить, что въ растворѣ будетъ существовать  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и  $\text{CaCl}_2$ ; тогда  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и будетъ реагировать съ  $\text{SiO}_2$  обычнымъ путемъ, съ образованіемъ  $\text{KHSiO}_3$ ).

*Перегнойныя вещества* почвы также участвуютъ въ процессахъ поглощенія. Что касается поглощенія ими оснований изъ среднихъ солей, то оно можетъ совершаться на подобіе цеолитовъ. Гуминовая кислота способна образовать сложныя соли; такъ, Дстмеромъ приготовлена была нерастворимая двойная известковоамміачная соль. Поэтому можно представить себѣ, что при дѣйствіи раствора щелочной соли на гуминовокислую известь, щелочь и известь будутъ отчасти обмѣниваться мѣстами. Это и наблюдалъ Раутенбергъ, дѣйствовавшій на гумусъ (происшедшій отъ разложенія буковаго дерева) растворомъ  $\text{NH}_4\text{Cl}$ : взамѣнъ поглощеннаго количества аммака выдѣлились въ соотвѣтствующемъ количествѣ известь и магнезія. При кипяченіи гумуса съ соляной кислотой погложительная способность его сильно уменьшалась. Свободныя гумусовыя кислоты способны отчасти прямо разлагать среднія соли, поглощая часть основанія и дѣлая растворъ кислымъ. Но сильнѣе всего перегнойныя вещества поглощаютъ ѣдкія и углекислыя щелочи. Такъ въ опытахъ König'a <sup>1)</sup> перегной (изъ *Sphagnum*) поглотилъ слѣдующія количества аммака (въ  $\frac{n}{o}$  отъ раствореннаго количества):

<sup>1)</sup> Biedermann's Centralblatt für Agriculturchemie, 1881.

Изъ $\text{NH}_4\text{OH}$ .....	82.0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	изъ $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ .....	57.2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
” $\text{NH}_4\text{Cl}$ .....	7.6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	” $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ .....	65.3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
” $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ .....	11.6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	” $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .....	8.2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
” $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ .....	44.8 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>		

*Карбонаты* извести и магнезій участвуют во 1-хъ въ поглощеніи кислотъ, дающихъ съ ними нерастворимыя соединения, какъ фосфорная, кремневая, а во 2-хъ они обуславливаютъ взаимное поглощеніе; если къ почвѣ, содержащей  $\text{CaCO}_3$ , будетъ притекать растворъ  $\text{MgCl}_2$ , то отчасти будетъ образовываться  $\text{MgCO}_3$ , а  $\text{CaCl}_2$  переходитъ въ растворъ; точно также и наоборотъ—содержаніе  $\text{MgCO}_3$  въ почвѣ можетъ вызвать поглощеніе извести изъ  $\text{CaCl}_2$ . Какъ направленіе реакціи, такъ и степень замѣщенія будетъ зависетьъ отъ количественнаго соотношенія реагирующихъ веществъ. Подобныя же реакціи карбонатовъ возможны, конечно и съ азотнокислыми и сѣрнокислыми солями. Но эти явленія играютъ второстепенную роль, сравнительно съ вышерассмотрѣнными.

Наконецъ, *фосфаты* и *сульфаты* тоже отчасти могутъ являться факторами поглощенія оснований, поскольку эти послѣднія способны давать нерастворимыя соединения вслѣдствіе реакцій обмѣна или образованія сложныхъ соединений, напр. фосфорная амміачно-магнезіальная соль.

*Поглощеніе кислотъ.* Фосфорная кислота поглощается наиболѣе, за нею слѣдуетъ кремневая и угольная; поглощеніе сѣрной, азотной и соляной кислотъ совершенно приближается къ нулю.

*Фосфорная кислота.* Здѣсь мы находимъ законности подобныя тѣмъ, какія видѣли при поглощеніи оснований: тоже абсолютное возрастаніе и процентное пониженіе при повышеніи концентрации. Вотъ цифры Петерса для  $\text{KN}_2\text{PO}_4$ .

24 часа.

3 недѣли.

100 gr. изъ 0.892 gr.  $\text{P}_2\text{O}_5$

раств. въ 250 к. с. погл. **0.3238**—36.3% **0.5141**—56.6%

100 gr. изъ 1.784 gr.  $\text{P}_2\text{O}_5$

раств. въ 250 к. с. погл. **0.5168**—29.0% **0.7196**—40.3%

Кромъ того данныя эти показываютъ, что вліяніе времени

сказалось здѣсь весьма существенно: увеличеніе срока дѣйствія оказалось равносильнымъ удвоенію концентраціи.

При поглощеніи фосфорной кислоты можетъ не происходить обмѣна, въ томъ смыслѣ, что никакой кислоты вмѣсто нея въ растворъ не переходитъ. Основаніе, въ связи съ которымъ дается фосфорная кислота, поглощается также, но въ количествахъ не всегда стоящихъ въ связи съ количествомъ поглощенной кислоты; такъ, для  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  оказалось, что поглощеніе было въ случаѣ различныхъ почвъ:

	1.	2.	3.	4.	5.
для $\text{Na}_2\text{O}$	0.143	0.233	0.233	0.355	0.286
для $\text{P}_2\text{O}_5$	0.070	0.177	0.229	0.289	0.514

Такимъ образомъ не наблюдается какого-либо постояннаго соотношенія между поглощеніемъ натра и  $\text{P}_2\text{O}_5$  <sup>1)</sup>. Тоже оказалось и при опытахъ съ калийными и амміачными солями. Но всетаки поглощеніе основанія и кислоты не идутъ вполне независимо другъ отъ друга; именно, первое можетъ косвенно повышать второе, взаимѣнь кали и натра въ растворъ переходитъ известъ, магнезія, способная связывать  $\text{P}_2\text{O}_5$  и поглощеніе ея усиливается. Обратное воздѣйствіе также можетъ имѣть мѣсто: разъ  $\text{P}_2\text{O}_5$  связываетъ известъ, напряженіе въ растворѣ и стремленіе обратно замѣщать напр. натръ—уничтожается, и новое количество натра можетъ выступить изъ раствора въ реакцію.

Если мы употребляемъ кислую фосфорнокислую соль для опыта, то на величину поглощенія можетъ существенно вліять температура. Это объясняется разложеніемъ карбонатовъ кислыми фосфатами, энергія котораго естественно увеличивается съ температурой; это же относится и къ вышеупомянутому вліянію *времени* на поглощеніе  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Кромѣ того, силикаты могутъ отдавать основанія кислымъ фосфатамъ и свободной  $\text{P}_2\text{O}_5$ : извѣстно что водные силикаты могутъ быть въ различной степени насыщены основаніями, основанія эти могутъ выходить изъ ихъ состава, замѣщаясь

<sup>2)</sup> Это очевидно зависитъ отъ природы основаній, которыя вытѣснялись натромъ: если въ однихъ почвахъ вытѣснялась преимущественно известъ, то фосфорная кислота связывалась больше; въ другихъ могло вытѣсняться кали, дающее растворимыя соли съ фосфорной кислотой.

водой, если для нихъ является какое либо болѣе сильно связывающее ихъ вещество, какимъ и можетъ явиться  $P_2O_5$  для извести и магнези.

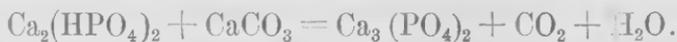
Такимъ образомъ силикаты способствуютъ поглощенію фосфорной кислоты двояко: или они отдаютъ связывающія ее основанія (Ca, Mg) *въ обмѣнъ* на щелочи, если мы вводимъ въ почву фосфорнокислыя щелочи, или отдаютъ ихъ благодаря прямому дѣйствию свободной или не вполне связанной фосфорной кислоты.

Большая роль въ поглощеніи  $P_2O_5$  принадлежитъ  $CaCO_3$ ,  $Fe_2(OH)_6$ ,  $Al_2(OH)_6$ ; въ виду важности этого вопроса для разъясненія превращеній фосфорнокислыхъ удобрений въ полѣ разсмотримъ ~~его~~ подробнѣе. Наичаще фосфорная кислота съ цѣлью удобрения вносится въ почву въ видѣ  $Ca(H_2PO_4)_2$  — одноизвесткового фосфата, растворимаго въ водѣ (это соединеніе находится въ суперфосфатахъ); затѣмъ существуетъ еще двуосновной фосфатъ  $CaHPO_4$ , нерастворимый въ водѣ, но растворимый въ лимонной кислотѣ и лимоннокислымъ амміакъ; его называютъ поэтому полурстворимымъ фосфатомъ; наконецъ, трехъосновный фосфатъ  $Ca_3(PO_4)_2$  принадлежитъ къ веществамъ нерастворимымъ ни въ водѣ, ни въ лимоннокислымъ амміакъ; онъ поддается лишь дѣйствию кислотъ.

Представимъ, что вносимый въ почву монофосфатъ приходитъ въ соприкосновеніе съ  $CaCO_3$ ; вслѣдствіе кислаго характера перваго соединенія происходитъ выдѣленіе  $CO_2$  изъ  $CaCO_3$  и воспріятіе извести:



Реакція идетъ тѣмъ лучше, чѣмъ въ болѣе тонкихъ частицахъ находится  $CaCO_3$ . При благоприятныхъ условіяхъ (избытокъ  $CaCO_3$ ) реакція можетъ идти и дальше:



Но даже и въ первой стадіи фосфорная кислота является поглощенной, не переходящей въ растворъ.

Съ полутороокисями фосфорная кислота образуетъ соединенія вообще въ водѣ нерастворимыя, но они могутъ быть

при меньшемъ количествѣ основанія растворимы въ лимоннокисломъ амміакѣ. Паичаще встрѣчается въ почвѣ  $\text{Fe}_2(\text{OH})_6$ ; смотря по количеству онъ отнимаетъ большее или меньшее количество  $\text{P}_2\text{O}_5$  у известковаго монофосфата и переводить его въ ди- или трифосфатъ. Желѣзо также можетъ выходить изъ состава силикатовъ и связываться съ  $\text{P}_2\text{O}_5$ , а въ силикатъ войдетъ основаніе фосфорнокислой соли.

Гейденъ показалъ, что послѣ обработки почвы  $\text{HCl}$  поглощеніе ею  $\text{P}_2\text{O}_5$  спускается до незначительной величины; это совершенно понятно, такъ какъ  $\text{HCl}$  удаляетъ большую часть основаній связывающихъ  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Наоборотъ, при обработкѣ почвы известковой водой или прибавленіи къ ней  $\text{Fe}_2\text{Cl}_6$  поглощеніе  $\text{P}_2\text{O}_5$  увеличивалось.

*Азотная, сѣрная и соляная кислоты.* Ни одна изъ этихъ кислотъ не поглощается сколько нибудь правильно и въ замѣтныхъ количествахъ. Вотъ цифры Кюпа для  $\text{HNO}_3$ , полученныя въ опытахъ съ черноземомъ (100 gr. почвы):

	1) дано 26 к. с. N найдено 24
свободная $\text{HNO}_2$	2) " 13.5 " 15
	3) " 17.0 " 15
	4) " 17.0 " 17
	5) " 25.0 " 25
	1) " 13.5 " 16
въ видѣ $\text{KNO}_3$	2) " 32.0 " 32
	3) " 64.0 " 64

Незначительное уменьшеніе въ некоторыхъ случаяхъ не можетъ быть отнесено насчетъ поглощенія: отчасти оно можетъ быть слѣдствіемъ возстановленія подъ вліяніемъ органическихъ веществъ, или дѣятельности микроорганизмовъ, способныхъ разрушать нитраты при маломъ доступѣ воздуха <sup>1)</sup>.

Для сѣрной кислоты также не наблюдается поглощенія, а часто происходитъ обогащеніе раствора ею, если почва содержала сѣрнокислыя соли въ замѣтномъ количествѣ. Тоже относится и къ соляной кислотѣ. Что касается объясненія тѣхъ случаевъ, когда все-таки наблюдается поглощеніе и

1) Gutzei впрочемъ высказалъ мнѣніе, что могутъ существовать трудно растворимыя соединенія кальція съ азотной и гуминовой кислотами (Vers. Stat. Bd. LXV); но его предположеніе не провѣрено. О разрушеніи нитратовъ при 48-часовомъ настаиваньи почвы см. работу Фрау-фурта и Дуричкина, Вѣстникъ Сахарной Промышленности 1906.

этихъ кислотъ (въ очень слабыхъ размѣрахъ), то можно предположить образование основныхъ солей съ полутороокисями почвы; такъ, Варингтонъ наблюдалъ, что  $\text{Fe}_2(\text{OH})_6$  дѣлаетъ щелочными растворы  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  <sup>1)</sup>.

Затѣмъ нѣкоторые щелочно-глиноземные силикаты способны образовывать двойныя соединенія съ сѣрникоокислыми щелочами. Въ такихъ случаяхъ возможно присоединеніе соли цѣликомъ, безъ разложенія.

*Кремневая кислота* поглощается почвой по тѣмъ же причинамъ, какъ и фосфорная: она также образуетъ трудно нерастворимыя соединенія съ известью, желѣзомъ и глиноземомъ. Перегнойныя вещества почвы, представляя изъ себя довольно сильныя кислоты, могутъ помѣшать кремнекислотѣ вступить въ подобныя соединенія и потому ихъ присутствіе понижаетъ способность  $\text{SiO}_2$  поглощаться почвой, какъ это наблюдалъ Либихъ.

Уничтоженіе кислотности почвы путемъ прибавленія  $\text{CaCO}_3$  или прокаливанія увеличиваетъ поглощеніе кремнекислоты.

Изъ предыдущаго изложенія видно, что явленія поглощенія сводятся главнымъ образомъ къ причинамъ химическимъ; причины физическія не исключаются совершенно, но ихъ роль является подчиненной <sup>2)</sup>.

Остановимся на значеніи поглотительной способности для питанія растеній и ея вліяніи на дѣйствіе удобреній.

---

1) Jahresbericht für Agriculturchemie 1868 г.

2) Кромѣ явленій поглощенія въ собственномъ смыслѣ какъ онѣ выше описаны различаютъ еще „адсорпцію“ и „абсорпцію“. Подъ адсорпціей разумѣютъ неравенство концентраціи раствора, окружающаго почвенныя частицы, въ зависимости отъ разстоянія отъ поверхности частицы, именно для большинства солей концентрація эта будетъ нѣсколько повышена у самой поверхности частицы по сравненію съ пунктами болѣе удаленными; поэтому растворы такихъ солей обнаруживаютъ *положительную адсорпцію*, т.-е. послѣ взбалтыванія раствора съ почвой (или рядомъ другихъ мелко измелченныхъ веществъ) нѣсколько понижаютъ свои концентраціи, слѣдовательно часть соли задерживается почвой (но цѣликомъ, безъ обмѣннаго разложенія, имѣющаго мѣсто при типичномъ поглощеніи). Подъ абсорпціей разумѣютъ способность коллоидовъ поглощать изъ растворовъ то часть основанія, то часть кислоты (смотря по природѣ коллоида) и такимъ образомъ нарушать нейтральную реакцію среды, дѣлать ее то кислой, то щелочной (См. литературу въ статьѣ *Гедройи* „Почвенный растворъ etc“, Журналъ Опытной Агрономіи, 1906 г., стр. 540).

Изъ физиологіи растений извѣстно, что корни растений воспринимаютъ пищу изъ весьма слабыхъ растворовъ: при водныхъ культурахъ употребляются растворы 1—3 на тысячу; 5 pro mille часто оказывается уже излишнимъ. Въ почвѣ, именно благодаря явленіямъ поглощенія, концентрація поддерживается на должной степени; при процессахъ вывѣтриванія питательныя вещества могутъ накапливаться въ значительныхъ количествахъ; поглощаясь они находятся въ состояніи всегда готовомъ для воспріятія корнями, но не дѣйствуютъ разрушающимъ образомъ на нихъ. Ходъ усвоенія нужно представлять себѣ такъ: растеніе поглощаетъ изъ слабого раствора питательныя вещества въ большей пропорціи, чѣмъ остальные (не по какой-либо особой *избирательной способности*, а просто потому, что вещества усвояемыя исключаются изъ сферы дѣйствія, и постоянно въ клѣточку можетъ проникать новое количество усвоеннаго вещества). Разъ извѣстныхъ веществъ въ растворѣ стало меньше, цеолиты отдадутъ вновь часть ихъ, вслѣдствіе нарушенія равновѣсія и растеніе вновь можетъ усвоить ихъ и т. д.

Точно также при внесеніи въ почву удобренія въ видѣ растворимыхъ солей концентрація повышалась бы чрезмѣрно, если бы тѣ вещества, напряженіе которыхъ въ растворѣ наибольшее, не поглощались бы съ наибольшей силой. Поглодительная способность является такимъ образомъ регуляторомъ почвеннаго раствора со стороны *концентраціи* его. Болѣе того, она обезпечиваетъ и *разнообразіе* почвеннаго раствора <sup>1)</sup>, какъ это ясно изъ вышесказаннаго: при внесеніи въ почву, напр., солей натра, часть его поглотится и замѣнъ его выдѣлится кали, известь, магнезія и др. Поэтому никакое удобреніе не дѣйствуетъ только прямо, а вызываетъ въ почвѣ рядъ измѣненій, дѣйствуетъ и косвенно (особенно въ большихъ количествахъ въ качествѣ косвеннаго удобренія употребляется известь).

Затѣмъ поглодительная способность сохраняетъ въ почвѣ цѣлый рядъ питательныхъ веществъ, противодействуя ихъ вымыванію. Разсмотримъ поэтому отношеніе поглощенныхъ веществъ къ водѣ нѣсколько подробнѣе.

<sup>1)</sup> Замѣтимъ, что полученіе почвеннаго раствора въ неизмѣненномъ видѣ въ цѣляхъ изслѣдованія его состава требуетъ особыхъ пріемовъ; см. между прочимъ статью *Ишеркова*, Журн. Опытной Агрономіи 1907, 147.

Для изучения этого вопроса или дѣлаютъ опытъ въ совершенно опредѣленныхъ условіяхъ, т.-е. съ почвой известнаго состава, поглотившей известное количество вещества, извлечение котораго водой и наблюдаютъ; или анализируютъ дренажныя воды, т.-е. профильтровывающіяся черезъ почву атмосферные осадки, собранные проложенными въ подпочвѣ дренажными трубами. Первымъ методомъ работалъ напр, Петерсъ. Подѣйствовавши на почву растворомъ  $KCl$  онъ промывалъ ее затѣмъ водой и въ послѣдовательныхъ обработкахъ получилъ слѣдующія цифры для различныхъ почвъ:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Поглощеніе кали . . . .	0.2036	0.1928	0.1801	0.1686	0.1572	0.1497
Кали въ ра- створѣ . . .	—	0.0109	0.0127	0.0115	0.0114	0.0081

Въ среднемъ Петерсъ нашелъ, что 1 часть поглощеннаго кали растворяется въ 27,600 частяхъ воды. Значительно сильнѣе растворяется кали въ водѣ, содержащей углекислоту: 1 часть на 9200 ч. воды. Такимъ образомъ, столь легко растворимое вещество, какъ кали, благодаря поглотительной способности переводится въ форму трудно вымываемую, но все же постоянно находящуюся въ растворѣ въ небольшихъ количествахъ. Основания, поглощаемыя съ меньшей энергій, легче переходятъ въ растворъ, это отражается и на составѣ дренажной воды, какъ показываютъ слѣдующія цифры:

На 1000 ч.	$K_2O$	$Na_2O$	$CaO$	$MgO$		
Случай а)	Слѣды	0.014	1.069	0.019		
„ б)	0.003	0.020	0.083	0.013		
На 1000 ч.	$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	$SiO_2$	$Cl$	$SO_3$	$P_2O_5$	$NH_3$
Случай а)	0.006	0.014	0.010	0.025	слѣды	0.0003
„ б)	0.005	0.009	0.017	0.045	0.001	0.0003

Какъ видимъ, преобладаютъ въ дренажныхъ водахъ известь, натръ, сѣрная кислота. Это различное отношеніе кали и натра къ циркулирующей въ почвѣ водѣ сказалось и на составѣ морской воды: уносящіяся водами натръ скопился въ ней въ гораздо большемъ количествѣ, нежели кали,

тоже можно сказать объ извести; изъ кислотъ соляная и сѣрная преобладаютъ въ морѣ также сообразно съ отноше-  
нiемъ почвы къ нимъ.

Такія важныя питательныя вещества какъ кали и фосфор-  
ная кислота вымываются лишь въ незначительныхъ количе-  
ствахъ. Аммиакъ также, какъ энергично поглощаемое осно-  
ванiе, не попадаетъ почти въ дренажныя воды какъ тако-  
вой (въ опытахъ Фелькера при вымываннн поглощаемаго  $\text{NH}_3$   
водою 1 часть его растворялась въ 1500 ч. воды). Но дѣло  
въ томъ, что въ формѣ аммиака въ почвѣ находится обычно  
небольшая часть азота: аммиакъ является лишь переходной  
ступеню при превращеннн азотистыхъ веществъ; образуется  
онъ отъ разложеннн сложныхъ азотистыхъ соединеннн и вскорѣ  
затѣмъ подъ влияннемъ дѣятельности микроорганизмовъ пре-  
вращается въ азотную кислоту. Эта послѣдняя какъ мы ви-  
дѣли, не поглощается почвой и поэтому содержится постоянно  
въ дренажныхъ водахъ въ количествахъ гораздо большихъ  
нежели аммиакъ. Вымыванне нитратовъ представляетъ важ-  
ный источникъ потерь азота, особенно въ мѣстностяхъ бога-  
тыхъ осадками (напр. Англія); вымыванне это происходитъ  
въ меньшихъ количествахъ, если поле занято раститель-  
ностью: тогда азотная кислота по мѣрѣ образованн въ зна-  
чительной степени улавливается корнями растений. Сильно  
повышается количество  $\text{N}_2\text{O}_5$  въ дренажныхъ водахъ при  
искусственномъ внесенн селитры въ почву; въ одномъ слу-  
чаѣ  $\text{N}_2\text{O}_5$  было на 1000 ч. воды съ неудобреннаго участка  
0.0056 и 0.0408 — на удобренномъ селитрой; поэтому азот-  
нокислыя соли не рекомендуютъ вносить задолго до посѣва,  
напр. съ осени, такъ какъ значительная часть можетъ про-  
пасть безъ пользы.

Кромѣ азотной кислоты изъ питательныхъ веществъ легко  
вымываются известъ и сѣрная кислота; но онѣ не такъ  
цѣнны для сельскаго хозяина, такъ какъ почва въ нихъ  
обыкновенно не нуждается въ такой степени, какъ въ азотѣ  
 $\text{P}_2\text{O}_5$  и  $\text{K}_2\text{O}$ .

Но и для кали отношенiе къ раствору можетъ мѣняться,  
если дѣйствуетъ не чистая вода, а содержащая соли. Осно-  
ваннн этихъ солей могутъ вытѣснять кали изъ поглощеннаго  
состояннн, если на помощь имъ является дѣйствіе массы;  
тогда кали переходитъ въ почвенный растворъ и частью по

глощается нижележащими слоями почвы, частью же переходит и глубже, уходя изъ сферы дѣйствія корней. Такъ называется напр, на почвѣ вліяніе гипса. Дегеревъ смѣшивалъ почвы съ 10% гипса и послѣ нѣкотораго времени промывалъ водой, и опредѣлялъ кали. Результатъ получился слѣдующій:

	Растворилось •K <sub>2</sub> O		Изъ 1 кило почвы.
	съ гипсомъ:	безъ гипса:	
Почва 1	0.138 гр.	0.048 гр.	}
" 2	0.138 "	0.028 "	
" 3	0.067 "	0.003 "	

Какъ видимъ, дѣйствіе гипса на различныя почвы было не одинаково; это можетъ происходить отъ разнаго состава цеолитной части; если въ ней преобладаетъ натръ, то онъ и будетъ преимущественно вытѣсняться известью гипса, а на кали вліяніе окажется менѣ замѣтно.

Подобно дѣйствію гипса сказывается удобрение и другими солями, напр. поваренной солью. Франкъ дѣйствовалъ на почву въ одномъ случаѣ растворомъ хлористаго калия, а въ другомъ—калія и натрія вмѣстѣ; въ первомъ случаѣ кали почти совершенно было задержано на глубинѣ 1½ ф., а во второмъ оно прошло на 4 ф. глубины.

Такимъ образомъ явленія поглощенія необходимо принимать во вниманіе при внесеніи удобренья. Глинистая почва, богатая цеолитами, иначе относится къ удобренью, нежели песчаная: послѣдняя, обладая малой поглотительной способностью, легко допускаетъ излишнее повышеніе концентраціи почвеннаго раствора; этимъ объясняется явленіе „выгоранія“ посѣвовъ на песчаной почвѣ въ сухое лѣто подъ вліяніемъ обильнаго удобренья; затѣмъ въ дождливое время года песчаная почва легко подвергается вымыванію; глинистая почва, напротивъ, проявляетъ отношеніе совершенно противоположное; отсюда правило практическихъ хозяевъ: песчанья почвы надо удобрять небольшими порціями, но чаще, глинистыя же можно удобрять сразу большими количествами и дѣйствіе навоза сказывается постепенно и на нѣсколько лѣтъ.

## Органическое вещество почвы.

Мы познакомились съ тѣмъ, какъ относятся главныя минеральныя составныя частей почвы къ вносимому удобренію.

Органическія вещества почвы также не ведутъ себя пассивно по отношенію къ вносимымъ въ почву матеріаламъ; помимо того, что они являются источникомъ углекислоты, дѣйствующей какъ слабый растворитель, они иногда обуславливаютъ кислотную реакцію почвы, и энергично растворяютъ напр. фосфаты; далѣе они являются источникомъ азота для растений, который выдѣляется при ихъ разложени въ видѣ амміака и превращается далѣе обычно въ азотную кислоту. Органическія вещества мы также вносимъ въ почву въ видѣ удобреній, какъ навозъ, кровяная мука, зеленое удобреніе, и намъ важно составить представленіе о дальнѣйшихъ ихъ превращеніяхъ.

Характеръ разложенія органическихъ веществъ въ почвѣ зависитъ отъ большаго или меньшаго притока кислорода воздуха. При достаточномъ притока кислорода разложеше находящихся въ почвѣ органическихъ веществъ идетъ до образованія (полна окисленныхъ) продуктовъ: клѣтчатка превращается въ углекислоту и воду; въ обратномъ случаѣ клѣтчатка расщепляется на менѣе окисленный продуктъ, метанъ и болѣе окисленный—углекислоту; эти процессы обычно изображаются такими схемами:



Условія этого разложенія органическаго вещества съ выдѣленіемъ разныхъ объемовъ углекислоты и метана можно осуществить на опытѣ (Шлезингъ, Омелянскій), но такъ какъ въ почвѣ разлагается обычно не только клѣтчатка, но бѣлки и другія составныя части растений, то процессъ усложняется и при анаэробномъ разложеніи въ числѣ продуктовъ разложенія получается  $H_2S$ ,  $PH_3$ ,  $H$ ,  $N$ ; преимущественно же выдѣляются углекислота и метанъ<sup>1)</sup>.

1) Замѣтимъ еще, что кромѣ метановаго броженія для самой клѣтчатки существуютъ и другія типы анаэробнаго распада, такъ, Омелян-

Энергія разложенія не одинакова въ обоихъ случаяхъ: при доступѣ воздуха обычное разложеніе происходитъ сильнѣе, нежели безъ него. Это видно напр., изъ опытовъ Гэйона (Gayon), который помѣщалъ навозъ въ ящики съ сплошными и продыравленными стѣнками и наблюдалъ температуры разложенія. Въ ящикахъ съ продыравленными стѣнками, при болѣе свободномъ доступѣ кислорода воздуха на шестой день опыта температура была  $58^{\circ}$  (близь стѣнокъ), а внутри ящика  $44^{\circ}$ , между тѣмъ какъ въ ящикахъ съ непродыравленными стѣнками она колебалась около  $11-12^{\circ}$  (была близка къ  $t^{\circ}$  окружающей среды).

Не трудно однако придти къ заключенію, что приведенныя выше схемы разложенія клѣтчатки съ распадомъ до воды и углекислоты или метана и углекислоты не охватываютъ всей сложности процесса, такъ какъ въ противоположномъ случаѣ клѣтчатка должна бы разлагаться безъ остатка, на дѣль же происходитъ измѣненіе состава неразложеннаго остатка; можно представить, что подобно тому какъ на примѣръ, при сухой перегонкѣ дерева идутъ одновременно два рода распаденія, такъ и при анаэробномъ броженіи клѣтчатки, вообще говоря сходномъ съ процессомъ сухой перегонки, съ одной стороны мы имѣемъ глубокое распаденіе основнаго ядра клѣтчатки на болѣе простыя молекулы, при чемъ одни атомы углерода оказываются связанными съ кислородомъ ( $\text{CO}_2$ ), другія съ водородомъ ( $\text{CH}_4$ ), съ другой же— процессъ выдѣленія элементовъ воды при сохраненіи (или даже конденсаціи) основнаго углероднаго ядра; отсюда постепенное относительное обогащеніе углеродомъ остатка отъ разложенія, тѣмъ большее, чѣмъ дальше это разложеніе продолжалось.

Слѣдующіе примѣры могутъ служить къ поясненію сказаннаго <sup>1)</sup>:

---

скій наблюдалъ, что въ зависимости отъ внѣшнихъ условій при зараженіи иломъ (или конскимъ навозомъ) устанавливается то метановое, то водородное броженіе клѣтчатки, при чемъ въ послѣднемъ случаѣ образуется большое количество летучихъ органическихъ кислотъ (около  $64\%$  отъ вѣса клѣтчатки). См. докладъ *Омелянскаго* на XI сѣздѣ естествоиспытателей и врачей (Труды, стр. 129), а также его работы напечатанныя въ *Архивъ биологическихъ наукъ*.

1) Цитировано по Cross et Bevan, La Cellulose, 1900, стр. 339.

	Древесина дуба.	Продукты ея постепеннаго разло- женія:		
		1.	2.	3.
		Углерода . . . . .	50,2%	53,5%
Водорода . . . . .	6,1	5,1	5,1	4,9
Кислородъ + азотъ .	43,7	41,3	40,1	39,1

Еще дальше тотъ же процессъ выдѣленія элементовъ воды и процентнаго обогащенія углеродомъ заходитъ при образованіи каменнаго „угля“:

	Лигнитъ (бурый уголь).	Каменный уголь различнаго качества:			Антрацитъ.
		1.	2.	3.	
		Углеродъ . . . . .	67,8%	78,5%	
Водородъ . . . . .	5,8	8,1	5,7	5,3	3,3%
Кислородъ + азотъ .	23,4	13,7	10,5	6,7	3,9%

Въ связи съ подобными же причинами продуктами разложения органическихъ веществъ въ почвѣ являются темноокрашенныя вещества, носящія въ совокупности своей название *перегноя* или *гумуса*. При аэробномъ разложении обычно получается нейтральный перегной, при анаэробномъ же чаще всего кислый. Въ обоихъ этихъ случаяхъ также происходитъ относительное обогащеніе остатковъ разложения и азотомъ, по сравненію съ подвергавшимся разрушенію веществомъ. Такъ, свѣжіе листья дуба содержали 1.7% азота, послѣ разложения при доступѣ воздуха количество азота поднялось до 2.01. Въ листьяхъ бука до разложения было азота 1.78%, послѣ разложения 2.00%.

При анаэробномъ разложеніи, наблюдающемся напр. при образованіи торфа, по мѣрѣ углубленія (т. е. перехода къ болѣе старымъ отложениямъ) процентное содержаніе азота также увеличивается, при томъ относительно быстрѣе чѣмъ углерода:

	Сверху	на 7 ф. глуб.	на глуб. 14 фут.
Содержаніе С	57.8	62.0	64.1
„ Н—измѣняется	очень мало, колеблется около 5%		
„ О	36.0	30.7	26.8
„ N	0.8	2.1	4.1
„ Зола	2.7	7.4	9.2

Увеличеніе процентнаго содержанія азота объясняется тѣмъ обстоятельствомъ, что обычно газообразные продукты рас-

пада содержать углеродъ, водородъ и кислородъ, комбинированные попарно, но не азотъ (за нѣкоторыми исключениями); поэтому понятно, что относительное обогащеніе органическихъ остатковъ азотомъ идетъ быстрѣе, чѣмъ это имѣетъ мѣсто для углерода; такъ, въ приведенномъ примѣрѣ для торфа наблюдается увеличеніе содержанія азота въ 5 разъ противъ первоначальнаго.

Если наблюдать измѣненіе не элементарнаго состава, а ближайшихъ составныхъ частей, то вообще раньше разрушаются менѣе стойкія вещества; напр. пентозаны разрушаются относительно скорѣе, что видно изъ слѣдующихъ цифръ:

Въ торфѣ на глубинѣ	10 сант.	количество ихъ	17.4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
"	50	"	10.3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
"	100	"	5.3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
"	200	"	1.6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Наоборотъ, смоль, какъ веществъ болѣе прочныхъ, по мѣрѣ разложенія органическихъ соединеній накапливается относительно больше; кромѣ того смолы, обволакивая и пропитывая другія вещества, мѣшаютъ ихъ смачиванью водой и препятствуютъ ихъ разложенію. Вольни пробовали выдѣлять смолы изъ торфа эфиромъ и тогда разложеніе шло энергичнѣе; эфиръ извлекъ изъ торфа 5.1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> смоль; до обработки торфа эфиромъ выдѣлялось углекислоты 25.9 объема на 1000 объемовъ протянутого черезъ него воздуха; послѣ обработки торфъ подвергнутый разложенію давалъ — 50.6. Дубильныя вещества также трудно разлагаются и также задерживаютъ разложеніе; Вольни смачивали различные матеріалы растворомъ таннина различной концентраціи и чѣмъ больше была концентрація раствора, тѣмъ слабѣе шло разложеніе. Такъ, листья сои, смоченные растворомъ таннина

въ	1	2	4	8 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
дали CO <sub>2</sub>	19.9	19.0	18.0	16.0 <sup>1)</sup>

Въ результатѣ разложенія органическихъ веществъ являются темно окрашенныя гуминовые соединенія. Повидимому, цвѣтъ ихъ обусловленъ родомъ дѣйствующихъ при разложеніи микроорганизмовъ, которые являются главнымъ факто-

1) Wollny, Zersetzung der organischen Substanz 1897.

ромъ разложенія, такъ какъ кислородъ воздуха самъ по себѣ, при обычныхъ температурахъ, дѣйствуетъ ничтожно, и его дѣйствіе значительно лишь при высокихъ температурахъ, которыя не имѣютъ мѣста въ обычныхъ условияхъ. Имѣются наблюдения, показывающія, что темный цвѣтъ продуктовъ разложенія органическаго вещества происходитъ только лишь при условіи появленія гифовыхъ грибовъ; бактерии же не даютъ темноцвѣтныхъ продуктовъ, обозначаемыхъ общимъ названіемъ гуминовыхъ веществъ (Костычевъ). Всякая прибавка къ органическому веществу ядовитыхъ для микроорганизмовъ соединений (карболовой кислоты, хлороформа), повышение температуры (за извѣстный предѣлъ) приближаютъ разложеніе къ нулю. Если принять за 100 количество выделяющейся углекислоты при нормальныхъ условіяхъ разложенія торфа, то послѣ прибавки карболовой кислоты углекислоты выделяется 5.7, послѣ нагрѣванія до  $115^{\circ}$  — 2.3. То обстоятельство, что выдѣленіе  $\text{CO}_2$  въ двухъ послѣднихъ случаяхъ не прекращается совсѣмъ, объясняется отчасти тѣмъ, что ткани растений механически удерживаютъ  $\text{CO}_2$ , образовавшуюся рапѣ, и продолжаютъ затѣмъ отдавать ее окружающему воздуху.

Нѣкоторое вліяніе на ходъ разложенія органическихъ веществъ оказываютъ животныя: слизи, дождевые черви, личинки мухъ и т. п. Дождевые черви напр., измельчаютъ растительные остатки, пропускаютъ ихъ черезъ кишечникъ и тѣмъ измѣняютъ ходъ разложенія. Смотря по тому, присутствуютъ или нѣтъ дождевые черви и другія животныя, структура гумуса получается различной, почему нѣкоторые авторы предлагаютъ различать гумусъ: 1) *копрогенный*, при образованіи подвергавшійся предварительному воздѣйствію животныхъ организмовъ и 2) *торфяной* гумусъ, образовавшийся безъ участія ихъ, благодаря чему строеніе растительной массы долго сохраняется <sup>1)</sup>.

Примѣръ энергичнаго участія личинокъ мухъ въ разрушеніи органическаго вещества находимъ между прочимъ въ работахъ Костычева („Почвы черноземной области Россіи, ихъ происхожденіе, составъ и свойства“, стр. 79):

„При опытахъ, для которыхъ сѣно, березовыя листья и

<sup>1)</sup> См. Müller, Studien über die natürlichen Humusformen. стр. 220 и слѣд.

еловая хвоя разлагались предварительно въ большихъ плоскихъ чашкахъ, однажды замѣчено было, что въ чашкѣ, сохранившей до 150 gr. вещества, листья превратились въ однообразный бурый порошокъ, въ которомъ было множество маленькихъ мухъ, принадлежащихъ къ роду *Sciara*. Въ другихъ чашкахъ, гдѣ мухъ не было, листья сохранили свое строеніе. Такъ какъ было очевидно, что измельченіе листьевъ было произведено личинками, то небольшое число ихъ пересажено было въ другую чашку съ неизмельченными листьями, которые вскорѣ превратились тоже въ однообразный черный порошокъ. Превращеніе это совершается чрезвычайно быстро, такъ что на первый взглядъ трудно повѣрить, чтобы такія мелкія насѣкомыя могли въ короткій срокъ измельчать такія значительныя количества растительныхъ остатковъ (150 gr. вещества измельчены были въ мѣсяцъ съ небольшимъ)“.

Микроорганизмы работаютъ съ различной энергіей въ зависимости отъ температуры среды, влажности и притока кислорода воздуха. При аэробномъ разложеніи прибавка кислорода увеличиваетъ энергію разложенія, но лишь до известнаго предѣла. Вольни наблюдалъ разложеніе органическихъ веществъ при различномъ содержаніи кислорода:

	0	2	8	15	21%
Соотвѣтственно выдѣлилось $\text{CO}_2$	3.3	3.6	10.0	10.8	12.5

Вліяніе влажности весьма существенно, но часто кромѣ непосредственнаго воздѣйствія она измѣняетъ ходъ разложенія въ связи съ доступомъ воздуха. До известна о предѣла разложеніе тѣмъ энергичнѣе, чѣмъ больше содержаніе влаги; въ опытѣ Вольни, влажность, взятая въ процентахъ отъ полной влагоемкости почвы была:

	6.8%	26.8%	46.8%
Соотвѣтственно выдѣлилось $\text{CO}_2$ на 1000 ч. протянутаго воздуха. . . .	2	18	35 частей

При небольшомъ количествѣ влаги разложеніе особенно замедляется, если количество ея падаетъ ниже гигроскопическаго содержанія влаги въ органическомъ веществѣ:—по видимому микроорганизмы требуютъ для сколько нибудь замѣтной дѣятельности влаги значительно больше, чѣмъ содер-

жить ее въ гигроскопическомъ состояніи данное вещество. Въ опытѣ Костычева при влажности березовыхъ листьевъ,

3,6%	11,7%	38,7%	
0	0,0023	0,5184	gr въ сутки.

Изъ этихъ трехъ случаевъ во второмъ влажность приближалась къ гигроскопичности. Сильное повышение влажности, вследствие вытѣсненія воздуха изъ поръ вещества, уменьшаетъ разложеніе; такъ, въ одномъ изъ опытовъ Костычева влажность была:

16%	42%	59%	72%	отъ влагоемкости
126	1665	2066	1648	mgr. CO <sub>2</sub> .

Это обстоятельство приходится имѣть въ виду напр. при храненіи навоза, гдѣ является возможность въ известной мѣрѣ вліять ходъ разложенія, измѣняя степень насыщени навоза влагой.

Вліяніе температуры на процессъ разложенія также весьма существенно: при повышеніи температуры, въ естественныхъ условіяхъ разложенія, энергія послѣдняго сильно увеличивается; при дальнѣйшемъ повышеніи температуры наступаетъ optimum энергіи разложенія, за которымъ начинается съ дальнѣйшимъ поднятіемъ температуры паденіе. Вотъ данныя одного опыта Костычева:

Температура разложенія	0.5°	17°	35°	50°	65°
Энергія разложенія въ mgr. CO <sub>2</sub>	195	378	1491	518	381

Этотъ optimum температуры связанъ, очевидно, съ оптимальной температурой для развитія микроорганизмовъ и не является постояннымъ, а зависитъ отъ рода разлагающихся веществъ и природы микроорганизмовъ, подъ влияніемъ которыхъ происходитъ это разложеніе. Для болѣе стараго перепноя напр. optimum температуры болѣе высокъ. Предполагали, что при повышеніи температуры выше optimum'a разложенія, наконецъ, прекращается выдѣленіе CO<sub>2</sub>, а наблюдаемая при этомъ слѣды ея объясняли цѣликомъ присутствіемъ ранѣе образовавшейся углекислоты, задержанной тканями; но еще у Костычева есть указанія, (см. его книгу: „Почвы черноземной области Россіи, ихъ происхожденіе, составъ и свойства“), что при долгой обработкѣ почвы при

100° углекислота всетаки выдѣляется. Дегеренъ показалъ, что при высокихъ температурахъ начинается уже непосредственное воздѣйствіе кислорода воздуха на органическое вещество; онъ замѣтилъ, что при нагрѣваніи почвы въ запаянныхъ трубкахъ кислородъ воздуха потребляется и замѣщается углекислотой. Изслѣдовавъ ближе это явленіе, онъ пришелъ къ слѣдующимъ выводамъ: за optimum'омъ температуры, когда „біологическая“ кривая разложенія падаетъ, постепенно начинаетъ подниматься кривая непосредственнаго дѣйствія кислорода воздуха (химическая кривая), слѣдуя за повышеніемъ температуры; при приближеніи къ 100° и выше энергія разложенія отъ причинъ химическихъ возрастаетъ и можетъ даже за извѣстнымъ предѣломъ превышать энергію выдѣленія углекислоты подѣ влияніемъ микроорганизмовъ при optimal'ныхъ условіяхъ ихъ дѣятельности. Въ лабораторныхъ опытахъ это обстоятельство необходимо имѣть въ виду, но оно имѣетъ малое значеніе въ обычныхъ условіяхъ. Здѣсь наблюдается почти исключительно законность разложенія, выражаемая поднимающейся съ повышеніемъ температуры части „біологической“ кривой.

При разложеніи органическихъ веществъ играютъ роль и другіе факторы. Напр. кислая реакція среды, вообще говоря, мѣшаетъ разложенію органическихъ веществъ, а присутствіе щелочей облегчаетъ этотъ процессъ, такъ какъ органическія вещества въ щелочной средѣ вообще легче окисляются, нежели въ средней и кислой. При разложеніи подѣ влияніемъ бактерій накопленіе кислотъ также является препятствіемъ къ дальнѣйшему разложенію, такъ какъ онъ подавляетъ дѣятельность микроорганизмовъ; поэтому прибавка  $\text{CaCO}_3$  обыкновенно новышаетъ разложеніе органическаго вещества, если мы имѣемъ дѣло съ кислымъ перегноемъ. Однако, если вносится избытокъ углекислой извести, во много разъ превосходящій количество, необходимое для нейтрализаціи кислотъ, то этотъ избытокъ или оказывается безъ влиянія или даже вызываетъ нѣкоторое пониженіе энергии разложенія<sup>1)</sup>. Внесеніе  $\text{CaO}$  можетъ создать въ началѣ сильно щелочную среду, задерживающую разложеніе; но по мѣрѣ

<sup>1)</sup> См. работу Коссовича и Третьякова. „О влияніи углекислаго кальция на разложеніе органическихъ веществъ“ въ Журналѣ Опытной Агрономіи, 1902 г., стр. 450.

приближенія реакціи къ нейтральной, (вслѣдствіе связыванія СаО органическими кислотами и СО<sub>2</sub>) количество выдѣляемой СО<sub>2</sub> увеличивается въ связи съ увеличеніемъ разложенія (впрочемъ, вліяніе извести иногда бываетъ сложнымъ; ср. ниже главу о косвенныхъ удобреніяхъ).

Самый характеръ органическаго вещества также весьма сильно вліяетъ на разложеніе: въ свѣжихъ матеріалахъ разложеше идетъ энергичнѣе, такъ какъ части легче разрушаемыя исчезаютъ первыми, а остающіеся, какъ болѣе прочныя, труднѣе подвергаются разложенію. Энергія разложенія тѣмъ больше, чѣмъ выше содержаніе пентозаповъ, углеводовъ, бѣлковъ и тѣмъ ниже, чѣмъ больше смоль и древесны въ разлагающемся веществѣ.

Вольни дѣлалъ опыты съ навозомъ свѣжимъ, съ навозомъ разлагавшимся 8 недѣль и 20 недѣль, (соотвѣтственно содержаніе углерода въ сухомъ веществѣ было 24%, 30% и 34%); углекислоты выдѣлилось на 1000 ч. воздуха: 13, 11 и 8 частей.

Для торфа по мѣрѣ углубленія (и возрастанія относительнаго содержанія углерода) энергія разложенія также наблюдалась убывающая:

Глубина:....	0—20	50—80	110—140	сант.
% углерода:	40%	42%	45%	
выдѣлилось:	2.9 ч.	2.5 ч.	2.2 ч.	СО <sub>2</sub> на 1000 объемовъ воздуха.

Продуктамъ разложенія органическихъ веществъ еще Тэеромъ было дано названіе *гумуса*, однако и до сихъ поръ гумусъ еще не изученъ достаточно. Несомнѣнно, что гумусъ есть смѣсь органическихъ (органоминеральныхъ) тѣлъ. Сложность этой смѣси, неспособность ея перегоняться и растворяться въ водѣ, а часто и въ другихъ реактивахъ, особенно же неспособность ея къ кристаллизации до сихъ поръ не позволили установить удовлетворительной классификаціи ея составныхъ частей. За неимѣніемъ другой приведемъ обычную группировку по Мульдеру. Онъ раздѣляетъ гумусъ на двѣ части, именно *индифферентныя* тѣла и *кислоты*; къ первымъ относятся *ульминъ*—желтоватобураго цвѣта, часто сохраняющій еще строеніе древесины, продуктомъ разложенія которой онъ является, и *гуминъ*—болѣе темный, продуктъ

дальнѣйшаго разложенія; оба имѣютъ нейтральную реакцію, не растворяются въ водѣ и щелочахъ.

При долгомъ кипяченіи со щелочами изъ этихъ тѣлъ образуются вещества *кислотнаго* характера—*ульминовая* и *гуминовая кислоты*, обычно являющіяся главными составными частями гумуса и въ природѣ; лучше изучена гуминовая кислота. Въ почвѣ гуминовая кислота встрѣчается чаще всего въ видѣ кальціевой соли, нерастворимой въ водѣ, какъ и самая кислота; щелочныя же соли гуминовой кислоты растворяются въ водѣ. Для извлеченія гуминовой кислоты изъ почвы послѣдняя обрабатывается HCl, а потомъ обработкой амміакомъ гуминовая кислота удаляется въ видѣ аммонійной соли. Можно также сразу обработкой  $(NH_4)_2 CO_3$  перевести гуминовую кислоту въ растворъ, при чемъ происходитъ обмѣнное разложеніе съ образованиемъ гуминово-кислаго аммонія и  $CaCO_3$ .

Гуминовая кислота очищается повторнымъ осажденіемъ (HCl) и раствореніемъ въ амміакѣ; въ высушенномъ состояніи онъ представляется въ черныя блестящія неправильной формы частички; въ водѣ почти нерастворима. По элементарному составу гуминовую кислоту пытались приблизить къ углеводамъ (минусъ часть воды) и приписывали ей формулу  $C_{24}H_{18}O_9$ . (Мульдеръ). Дѣло въ томъ, что Мульдеръ, получивъ изъ сахара дѣйствіемъ крѣпкихъ кислот (HCl,  $H_2SO_4$ ) вещества подобныя гумусу почвы, полагалъ, что и послѣдній въ чистомъ видѣ не долженъ содержать азота, какъ гѣтъ азота въ гумусѣ полученномъ искусственно изъ углеводовъ съ помощью водоотнимающихъ средствъ. Отсюда стремленіе многихъ авторовъ „очистить“ гумусъ отъ „примѣси“ азотистыхъ веществъ; но оказывается что изъ гуминовой кислоты даже сильныя кислоты не удаляютъ совершенно зольныхъ веществъ; содержаніе азота подъ вліяніемъ щелочей убываетъ также лишь постепенно, и до конца выдѣлить его не удается. При такихъ условіяхъ наличность въ гуминовой кислотѣ азота, фосфорной кислоты и другихъ веществъ объяснять примѣсями было бы трудно<sup>1)</sup>.

1) Интересно, что иногда послѣ извлеченія перегноя щелочью и осажденія раствора кислотой получаютъ осадки даже болѣе богатые азотомъ, чѣмъ исходный матеріалъ; такъ, при опытахъ Эггерца наблюдалось слѣдующее:

	1.	2.	3.	4.
Въ торфѣ было: . . . . .	3,61%	3,46	2,96	2,89% N.
Въ осажденномъ препаратѣ: .	5,09	— 4,85	— 4,03	— 3,84.

Кромѣ того  $P_2O_5$  ведетъ себя здѣсь обратно, нежели въ минеральныхъ соединеніяхъ: она находится въ растворѣ, пока онъ имѣетъ щелочную реакцію, осаждается при подкисленіи. Безъ азота, и зольныхъ частей гуминовая кислота была получена также Бертло при дѣйствіи на сахаръ соляной кислотой, но она не вполне тождественна съ природной гуминовой кислотой.

Мульдеръ получилъ еще двѣ растворимыя въ водѣ кислотой: *креновую* и *апокреновую* (или „*ключевую*“ и „*осадочно-ключевую*“). Апокреновая кислота представляетъ аморфную буроватую массу, легко растворимую въ водѣ; она является продуктомъ окисленія гуминовой кислоты и можетъ быть получена изъ нея искусственно, дѣйствіемъ  $HNO_3$ , а при возстановленіи ея получается неокрашенная креновая (водородомъ *in statu nascendi*). Обѣ кислоты переходятъ въ растворъ вмѣстѣ съ гуминовой кислотой при обработкѣ почвы растворомъ углекислага аммонія <sup>1)</sup>, затѣмъ гуминовая кислота выдѣляется изъ раствора  $HCl$ ; фильтратъ нейтрализуется и въ присутствіи уксусной кислоты основной уксусно-мѣдной солью осаждается апокреновокислая мѣдь. Въ фильтратѣ остается креновокислая мѣдь, которая выдѣляется при нейтрализаціи раствора амміакомъ. Въ процессѣ образованія подзолистыхъ почвъ сѣвера Россіи этимъ кислотамъ приписываютъ значительную роль, благодаря ихъ способности давать растворимыя соли съ известью и большею частью основаній и такимъ образомъ содѣйствовать выщелачиванью почвы.

При повтореніи работъ Мульдера и другихъ предшественниковъ <sup>2)</sup>, Эггерцъ показалъ, что тождество искусственнаго и естественнаго гумуса не полное: если растворъ перегнойныхъ веществъ въ амміакѣ выпарить до суха, то остатокъ растворяется въ водѣ; если сдѣлать тоже самое съ гумино-

<sup>1)</sup> Но если почва обрабатывается сначала соляной кислотой и затѣмъ щелочью, то креновая и апокреновая должны попасть въ солянокислую вытяжку, а гуминовая—въ щелочную. Поэтому, если гуминовая кислота, полученная по послѣднему способу, не сполна осаждается изъ щелочнаго раствора кислотой, а оставляетъ въ растворѣ часть продуктовъ, подобныя хъ креновой и апокреновой кислотѣ, то эти продукты являются результатомъ вторичныхъ превращеній самой гуминовой кислоты подъ вліяніемъ реактивовъ, а не первичной составной частью почвы.

<sup>2)</sup> Мы ради краткости не касались здѣсь работъ Детмера и цѣлаго яда другихъ авторовъ; см. *К. Д. Глинка*. Почвовѣдѣніе, 1908 г., стр. 111.

вымъ веществомъ изъ крахмала, то получается остатокъ почти нерастворимый въ холодной водѣ.

Азотъ въ гуминовой кислотѣ не находится въ формѣ амміака, такъ какъ напр. въ гумусѣ лежавшемъ нѣсколько лѣтъ на воздухѣ при повторномъ смѣшиваньи съ СаО амміакъ не выдѣлился, какъ не выдѣлялся онъ и при отгонкѣ съ MgO; даже при кипяченіи со щелочами лишь очень медленно происходитъ отщепленіе амміака.

Минеральныя вещества природной гуминовой кислоты также болѣе прочно связаны съ органической ея частью, чѣмъ основанія солей гуминовой кислоты.

Самый составъ осадковъ отъ HCl въ амміачныхъ вытяжкахъ отличается значительнымъ разнообразіемъ въ зависимости отъ исходнаго матеріала; вотъ каковы колебанія состава по Эггерцу:

C . . . . .	40	—56 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
H . . . . .	4.3	— 6.6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
O . . . . .	35	—40 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
N . . . . .	2.6	—6,0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
SiO <sub>2</sub> . . . . .	0.37	—10.5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.15	— 7.5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
S . . . . .	0.5	— 2.09 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> и Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.3	— 3.9 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Такимъ образомъ органическія вещества почвы не могутъ быть получены совершенно свободными отъ золы и азотистыхъ веществъ.

Это постоянное присутствіе въ гумусѣ зольныхъ веществъ дало возможность предполагать нѣкоторымъ ученымъ, что гумусъ служитъ для питанія растений, если не непосредственно, какъ это думалъ Тэеръ, то какъ посредникъ между минеральными составными частями почвы съ одной стороны и растеніемъ съ другой, какъ это предполагалъ Соссюръ, а болѣе опредѣленно высказалъ основатель органо-минеральной теории питанія растений Грандо.

Грандо, изслѣдуя различныя почвы (между прочимъ и нашу черноземъ) постоянно находилъ при своихъ работахъ несоотвѣтствіе между запасомъ питательныхъ веществъ въ почвахъ и ихъ плодородіемъ.

Изслѣдуй органическое вещество этихъ почвъ (такъ наз. „matière noire“ — терминъ, вошедшій въ общее употребленіе въ агрономической литературѣ), которое Грандо получалъ при помощи амміака изъ промытой кислотой почвы <sup>1)</sup>, онъ находилъ въ немъ всегда присутствіе P и S; по эти элементы, находясь въ перегноѣ, ведутъ себя иначе по отношенію къ нѣкоторымъ реактивамъ: такъ напр. ни P, ни S обычными реактивами въ растворѣ „matière noire“ не открываются въ то время какъ напр. фосфорнокислая известь растворяется въ кислотахъ и осаждается щелочами, фосфоръ гуминовой кислоты находится вмѣстѣ съ ней въ растворѣ при щелочной реакціи и вмѣстѣ же съ ней осаждается при подкисленіи. Тоже можно сказать и о K и Fe. Количество органическаго вещества, переходящаго въ амміачный растворъ, было весьма различно для разныхъ почвъ.

Возьмемъ въ качествѣ примѣра цифры Грандо для 4-хъ почвъ:

- I—мергельная почва, дающая хорошіе урожан, но только при періодическомъ удобреніи;
- II—черноземная—дающая урожан безъ удобренія втеченіи значительнаго ряда лѣтъ;
- III—огородная почва (скорѣе „парниковая земля“);
- IV—торфяная почва.

Въ нихъ общее количество органическихъ веществъ было таково (на 100 gr. почвы).	I.	II.	III.	IV.
Matière noire . . . . .	11.9 gr.	7.1	46.4	35.9
Зольныхъ веществъ въ matière noire . . . . .	0.94	4.2	4.3	1.0
Количество золы въ отъ вѣса органическаго вещества . . . . .	0.12 gr.	2.16	0.07	0.02
	13.7%	51.4%	1.6%	2.0%

Такимъ образомъ почва, которую Грандо считалъ очень плодородной именно нашъ черноземъ оказалась выдающей-

<sup>1)</sup> Если беру въ растворѣ углекислаго аммонія, то предварительно промываніе почвы соляной кислотой становится не нужнымъ.

ся по количеству *matière poire* и содержанию золы въ послѣдней; отсюда Грандо предположилъ, что содержаніе *matière poire* и  $\frac{0}{0}$  золы въ ней и является условіемъ, опредѣляющимъ плодородіе почвъ. Если высчитать количество напр. фосфорной кислоты въ *matière poire* для черноземныхъ почвъ Россіи, то получается около 3150 килограммовъ на десятину, а въ вышеупомянутой мергельной почвѣ (I)—155 kg.

Если раздѣлить количество  $P_2O_5$ , находящееся въ *matière poire* русскихъ черноземовъ, на количество необходимое для одного урожая, то въ черноземѣ этого запаса хватитъ приблизительно на 321 годъ, между тѣмъ, какъ для мергельной почвы Франціи (I) запасъ фосфорной кислоты въ *matière poire* всего лишь въ 16 разъ превосходитъ ежегодное потребленіе  $P_2O_5$  урожаями.

Эти данныя были опорными для Грандо при построении его теоріи; онъ предположилъ, что органо-минеральное вещество (*matière poire*), легко поглощая питательныя вещества, столь же легко отдаетъ ихъ растеніямъ, что растенія легче воспринимаютъ элементы пищи черезъ эту посредствующую инстанцію, чѣмъ прямо изъ почвы.

Чтобы еще больше подтвердить свои соображенія, Грандо помѣщалъ *matière poire* въ діализаторъ и при этомъ наблюдалъ, что иногда до 90 $\frac{0}{0}$  зольныхъ веществъ проходили у него черезъ перепонку; отсюда онъ заключилъ, что корни (имѣющіе слегка кислыя выдѣленія) тѣмъ легче будутъ воспринимать эти зольныя вещества *matière poire*, которыя такъ легко проходятъ черезъ перепонку діализатора. Дальше Грандо показалъ на опытѣ, что если почву лишить *matière poire*, то она становится безплодной и наоборотъ, при внесении въ безплодную почву этого вещества, плодородіе ея повышается. Такъ онъ извлекалъ изъ почвы, обработанной HCl, органическое вещество амміакомъ; плодородіе почвы сильно падало. Наоборотъ, внесене органическаго вещества повышало плодородіе почвы. Однако въ заключеніяхъ изъ этихъ опытовъ Грандо есть погрѣшность. При обработкѣ почвы въ вышеуказанныхъ условіяхъ помимо органическихъ многія другія вещества напр., растворимыя въ кислотахъ, удаляются изъ почвы. Прибавленіе органическаго вещества въ свою очередь вноситъ много постороннихъ веществъ и

кромѣ того — азотъ, не говоря объ измѣненіи физическихъ свойствъ почвы; такъ что повышеніе урожая отъ внесенія перегноя можетъ быть объяснено независимо отъ органоминеральной теоріи. Точно также при промываніи почвы растворомъ углекислаго амміака уносятся изъ почвы, помимо *matière noire*, многія другія вещества, напр. основанія вытяснимаемые изъ цолитовъ. Далѣе показаніе Грандо относительно содержанія золы въ органоминеральномъ веществѣ несомнѣнно преувеличено еще и по другой причинѣ: темно окрашенная амміачная вытяжка содержитъ въ взмученномъ состояніи оставшійся незамѣченнымъ трудно отдѣляемый тонкій илъ<sup>1)</sup>.

При повтореніи опытовъ Грандо въ химической лабораторіи Петровской Академіи Гавриловымъ приняты были во вниманіе первый источникъ погрѣшностей: чтобы отдѣлить *matière noire* отъ растворенныхъ попутно солей, амміачная вытяжка не прямо выпаривалась, и обрабатывалась соляной кислотой; тогда растворенныя соли оставались въ жидкости, а органоминеральное вещество осѣдало; послѣ промыванія опредѣленіе показало, что *matière noire* содержитъ всего только 12<sup>0</sup>/<sub>10</sub> золы<sup>2)</sup>; а при дальнѣйшихъ опытахъ въ той же лабораторіи сдѣлана была поправка и на вторую погрѣшность — на взмученный илъ, отдѣлить который отъ раствора можно лишь протягивая его черезъ порозный глиняный фильтръ. Если сдѣлать это, то *matière noire* получается уже далеко не съ такимъ количествомъ золы, а значительно меньше (работа Г. Ф. Нефедова; см. Труды Вольно-Экономическаго Общества 1894 г., № 4-й).

Позднѣе Эггерцъ<sup>3)</sup> произвелъ новѣрку опыта Грандо съ діализомъ и получилъ также иные результаты; онъ бралъ взвѣшенное количество перегноя и наблюдая количество  $P_2O_5$ , проходящей черезъ перепонку діализатора, нашель, что количества эти вообще не велики. Если брать вещество не об-

1) Этимъ обстоятельствомъ очевидно объясняется странный результатъ, полученный для нильскаго ила и другихъ почвъ Тухен'омъ: найдено гумуса 1,65%, *matière noire* 2,64 (L. Vers Stat, 26,120).

2) Объ опытахъ Гаврилова упоминается въ курсѣ *Густавсона*, Двадцать лекцій агрономической химіи.

3) См. работы Эггерца въ изложеніи Костычева: Сельское Хозяйство и Лѣсоводство 1889 г., октябрь.

работанное соляной кислотой, то изъ навѣски 1.749 гр. проходить черезъ перепонку въ теченіе 12 дней. 0.026 gr.; черезъ слѣдующіе 6 дней—0.002 gr. Послѣ обработки гуминовой кислоты HCl проходятъ черезъ перепонку только слѣды P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Напр., опытъ шелъ въ теченіе 64 дней и прошло только 0.005 gr. Замѣтимъ, что было бы и невѣроятно, чтобы минеральныя вещества, не извлекаемыя соляной кислотой изъ органическаго вещества (при промываніи ею почвы), столь легко отщеплялись отъ него при подобныхъ опытахъ.

Далѣе Грандо указываетъ, что удаленіе изъ почвы *matière poigr* понижаетъ плодородіе, но Эггерцъ показалъ, что уже одна обработка HCl безъ удаленія чернаго вещества понижаетъ плодородіе, такъ какъ при этомъ извлекается много питательныхъ веществъ.

Необработанная HCl почва даетъ напр., для овса:

Растенія . . . . .	высотой 83 см. съ 28 метелками
Для вики . . . . .	„ 41 3 кобамн
Послѣ же обработки HCl	{ овесъ „ 22 2 метелки
	{ вика „ 6 0

Здѣсь органическое вещество было налицо, тѣмъ не менѣе урожайность пала просто вслѣдствіе удаленія усвояемыхъ минеральныхъ веществъ. Эггерцъ показалъ, что прибавляя смѣсь солей необходимыхъ для питанія растений, можно возстановить плодородіе почвы; точно также *прокаливанье* такой почвы (разрушеніе органическаго вещества) *повышало* ея плодородіе, вслѣдствіе освобожденія зольныхъ частей изъ органоминеральныхъ соединеній.

Вообще можно думать, что минеральныя вещества гумуса, наоборотъ, менѣе доступны, чѣмъ минеральныя вещества почвы и только послѣ распада этихъ органическихъ веществъ, они становятся доступными для культурныхъ растений. Если почву оставить долгое время на воздухѣ, то будетъ происходить, какъ извѣстно, разложеніе органическихъ веществъ; приэтомъ наблюдалось напр. слѣдующее въ одномъ изъ опытовъ Эггерца:

Почва въ 1881 году содержала 0.059 gr. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, извлекаемой соляной кислотой; послѣ четырехлѣтняго лежанія на воздухѣ, безъ растительнаго покрова („черный нарѣ“), фос-

фосфорной кислоты получилось уже 0.114 gr.; въ другомъ опытѣ соотвѣтствующія величины были 0.077% и 0.150%.

Въ какой формѣ находится фосфоръ въ органическомъ веществѣ до сихъ поръ въ точности еще не извѣстно. Можно предполагать, что онъ находится тамъ—но крайней мѣрѣ отчасти—въ видѣ  $P_2O_5$ , такъ какъ иногда достаточно дѣйствія не очень сильныхъ агентовъ, чтобы обнаружить отщепленіе фосфорной кислоты. Напр. въ нѣкоторыхъ случаяхъ при нагрѣваніи почвы до  $150^\circ$  и  $160^\circ$  фосфорная кислота уже подвергается какому то измѣненію, при этомъ образуется болѣе легко растворимая въ HCl форма; при одномъ опытѣ съ торфяной почвой:

Изъ неизмѣненной почвы HCl извлекала. . . 0.156%  $P_2O_5$   
 Послѣ нагрѣванія съ водой подъ давленіемъ. 0.282 —  
 Послѣ озоленія. . . . . 0.307%  $P_2O_5$

Основываясь на томъ, что такъ ведетъ себя  $P_2O_5$  въ нуклеинахъ, которые сравнительно легко отдѣляютъ  $P_2O_5$  при нагрѣваніи выше  $150^\circ$ , Schmoeger высказалъ предположеніе, что фосфорная кислота органическаго вещества находится въ такомъ же состояніи, какъ и въ нуклеинахъ. Подобныя же данныя получены были въ лабораторіи проф. Н. Я. Демьянова Я. П. Королевымъ, который работалъ съ уфимскимъ черноземомъ; именно, въ зависимости отъ подготовки почвы переходило въ солянокислую вытяжку слѣдующее количество  $P_2O_5$  (въ % отъ вѣса почвы):

	0,5% HCl	12% HCl
Первоначальная почва: . . . .	0,034%	0,082%
Послѣ 3 час. нагрѣванія съ паромъ при 3 атмосферахъ: . .	0,109%	0,150%
Черезъ 6 часовъ нагрѣванія: . .	0,120%	0,172%
Черезъ 9 часовъ . . . . .	—	0,181%

Такимъ образомъ нагрѣваніе въ автоклавѣ (напр. въ цѣляхъ стерилизаціи почвы) способно значительно измѣнить растворимости фосфорной кислоты, очевидно способствуя ея отщепленію отъ соединенія съ органическимъ веществомъ почвы. Есть указанія даже, что и простое высушиваніе почвы не представляетъ вполнѣ безразличной операціи. Оказывается, что иногда наблюдается разница въ результатахъ вегетаціон-

ныхъ опытовъ, смотря потому, подвергается почва высушиванью до наполненія ею сосудовъ, или же нѣтъ; напр. высушенная почва при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ дала урожаи 59.9 gr., а не сушеная 27.2 (опыты Tacke); въ первомъ случаѣ въ урожаѣ содержалось 249 mgr.  $P_2O_5$ , а во второмъ—79 mgr.<sup>1)</sup>

Существованіе нестойкихъ соединеній фосфорной кислоты съ гуминовыми веществами находитъ себѣ подтвержденіе и въ явленіяхъ обратнаго порядка, т.-е. въ поглощеніи фосфорной кислоты изъ растворовъ гуминовой кислотой; если наприимѣръ взять растворъ гуминовокислой щелочи и осажда-ть фосфорной кислотой, то выпадающая гуминовая кислота связываетъ около 6%  $P_2O_5$ ; еще больше связывается въ фосфорной кислоты, если осажда-ть растворомъ однокальціева фосфата: тогда осадокъ содержитъ 8—12%  $P_2O_5$ , неуступающей дѣйствию не только воды, но и разведенной уксу-сной кислоты *Dumont*, реф. въ *Biedermann's Centralblatt* 1907, 433). По даннымъ Н. П. Кулисича гуминовыя кис-лоты изъ разныхъ почвъ связывали 0,13—0,25%  $P_2O_5$  въ формѣ не поддающейся дѣйствию воды, подкисленной соля-ной кислотой; но искусственная гуминовая кислота не об-наружила поглощенія при такой постановкѣ опыта (работа сдѣланная у проф. Демьянова, цитировано по рукописи).

Сѣра въ органическомъ веществѣ содержится въ формѣ, необнаруживаемой обычными реакціями на  $SO_3$ . Если взять растворъ органическаго вещества и осадить его  $BaCl_2$ , то получается осадокъ, растворимый въ соляной кислотѣ, т. е. сѣра находится здѣсь не въ видѣ сѣрной кислоты. Только при окисленіи органическаго вещества получается сѣрная кислота которую и можно обнаружить  $BaCl_2$ .

Тоже относится и къ Fe, Ca и K. Для калия впрочемъ есть основанія предполагать, что онъ находится въ состояніи близкомъ къ поглощенному (Berthelot).

Органическое вещество почвы содержитъ и азотъ, въ связи съ чѣмъ нѣкоторыя почвы довольно богаты азотомъ. Черно-земъ въ этомъ отношеніи превосходитъ многія почвы: такъ, онъ можетъ содержать до 0,5 и даже 0.6% азота, что не

<sup>1)</sup> Однако, въ упомянутыхъ опытахъ Королева нагрѣваніе почвы до 100° не увеличило количества  $P_2O_5$  въ солянокислой вытяжкѣ по сравненію съ воздушно-сухой почвой.

ть содержанію азота въ навозѣ средняго достоинства (считая на сырое вещество навоза); уже одно такое соображеніе говоритъ за то, что азотъ въ почвахъ находится въ формѣ не усвояемой растеніями непосредственно. Если черноземѣ посчитать азотъ только на органическое вещество, то его получится напр. около 5%, т. е. значительно больше нежели въ растительныхъ остаткахъ еще неразложившихся. Оказывается, что большее или меньшее содержаніе азота въ органическомъ веществѣ почвы зависитъ отъ климата и положенія: чѣмъ суше почва, благодаря климату или условіямъ зазеленія, тѣмъ богаче органическое вещество ея азотомъ. Для калифорнійскихъ почвъ, напр., получаютъ по Hilgard'у слѣдующіе результаты опредѣленія азота: если почва лежитъ въ низинѣ, то азота содержится около 5.2%; для нѣкотораго промежуточнаго рода почвъ—10%, а для возвышенныхъ (сухихъ) мѣстностей азота въ органическомъ веществѣ около 15.8%.

Относительно того вопроса, въ какомъ видѣ находится азотъ въ органическомъ веществѣ, Костычевымъ высказано было предположеніе, что азотъ этотъ принадлежитъ бѣлкамъ. При своихъ работахъ на эту тему онъ примѣнялъ методы опредѣленія азота бѣлковъ къ азоту почвы. Такъ, въ перегнившихъ листьяхъ онъ нашелъ, напр. 2.73% бѣлковаго азота и 0.25% азота небѣлковаго. Тѣ черноземы, которые изслѣдовалъ Костычевъ, содержали около 5% азота въ органическомъ веществѣ. Почвы эти населены массой различныхъ микроорганизмовъ, которые окисляютъ органическое вещество въ углекислоту и воду. Пусть почва получаетъ запасъ углеводовъ въ видѣ соломистаго навоза, или пожнивныхъ остатковъ. Микроорганизмы дѣятельно принимаются за ихъ разложеніе, и процентъ азота постепенно будетъ расти (вслѣдствіе траты углеводовъ на дыханіе) и дойдетъ, наконецъ, до 5%—это ровно столько азота, сколько содержится его въ тканяхъ самого организма (т. е. грибовъ и бактерій, по Костычеву). Дальше затрудняется размноженіе ихъ вслѣдствіе недостатка углеводовъ, начинается частичное отмираніе, и азотъ будетъ освобождаться въ формѣ  $\text{NH}_3$  и  $\text{HNO}_3$  и будетъ улавливаться корнями растеній или вымываться въ подпочву; содержаніе его въ органическомъ веществѣ не повысится болѣе, чѣмъ это отвѣчаетъ содержанію азота

въ тѣлѣ грибовъ. Такимъ образомъ микроорганизмы почвы являются регуляторомъ содержанія азота въ органическомъ веществѣ ея.

Такова, въ основѣ, гипотеза Костычева, но нужно указать, что методы анализа, которыми онъ пользовался при своихъ работахъ, какъ напр. осажденіе бѣлковъ по Плетцелеру, не могли быть примѣнены въ данномъ случаѣ, такъ какъ при этомъ способѣ всякое нерастворимое въ водѣ азотистое соединеніе будетъ причислено къ бѣлкамъ, а значитъ къ нимъ будетъ отнесенъ и азотъ гуминовыхъ веществъ. Можетъ быть въ дѣятельности грибовъ и бактерій дѣйствительно можно видѣть регуляторъ содержанія азота въ органическомъ веществѣ почвы, но число 5% не остается постояннымъ, да и сказать, сколько въ почвѣ приходится азота на бѣлки собственно пока еще трудно<sup>1)</sup>. Можно указать еще, что кромѣ бѣлковъ организмы почвы могутъ оставлять и другія вещества содержащія азотъ; такъ, клѣточные стѣнки грибовъ состоятъ не изъ обыкновенной клѣтчатки, а въ нихъ входятъ и азотистыя вещества (какъ это показалъ Винтерштейнъ) и эти вещества должны отличаться значительной стойкостью.

Были высказаны и другія предположенія о характерѣ азотистыхъ органическихъ веществъ почвы. Бергло напр., полагалъ, что азотъ находится тамъ въ видѣ амидной группы. Этому предложенію было дано фактическое подтвержденіе въ послѣднее время въ лабораторіи проф. Демьянова. Оказалось, дѣйствительно, что при дѣйстви  $\text{HNO}_2$  на органическое вещество почвы около половины азота его выдѣлялось въ видѣ газообразнаго  $\text{N}$ , какъ это происходитъ при дѣйстви  $\text{HNO}_2$  на амидо-группу. Можно различать два положенія амидной группы,  $\text{RNH}_2\text{COOH}$  и  $\text{RCONH}_2$ ; во второмъ случаѣ (амиды кислотъ) при кипяченіи съ соляной кислотой происходитъ отщепленіе амміака, въ первомъ же случаѣ (амидо-кислоты) амидная группа отличается большой стойкостью и не поддается дѣйствию соляной кислоты; такимъ образомъ можно опредѣлить въ отдѣльности группу  $\text{RCONH}_2$  (кипяченіе съ  $\text{HCl}$  и отгонка амміака) и группу  $\text{RNH}_2\text{COOH}$  (дѣвствіе  $\text{HNO}_2$  на остатокъ отъ предыдущаго опредѣленія); по опре-

<sup>1)</sup> См. нѣкоторыя сюда относящіяся данныя у *Shigehiro Suzuki*, Studies on Humus formation (Bulletin of Agriculture, Tokyo, 1907).

дѣленіямъ А. Г. Дояренко для нѣкоторыхъ черноземныхъ почвъ наблюдались слѣдующія относительныя доли амидо-кислотнаго и амиднаго азота:

	$\%$ N въ гуминовой к.	$\%$ отъ всего N на $\text{RNH}_2\text{COOH}$	приходится $\text{RCONH}_2$
№ 1-й (Нижегородск. г.).	2,73 $\%$	49,1 $\%$	11,3 $\%$
№ 2-й (Тульск. г.) . . .	3,38 $\%$	53,5 $\%$	12,1 $\%$
№ 3-й (Самарск. г.) . . .	2,64 $\%$	49,2 $\%$	11,0 $\%$
№ 4-й (Самарск. г.) . . .	3,33 $\%$	70,3 $\%$	9,6 $\%$
№ 5-й (Тульской г.) . . .	4,59 $\%$	22,0 $\%$	10,5 $\%$

Въ какой формѣ находится остальная часть азота гуминовой кислоты, не поддающаяся дѣйствию обоихъ названныхъ выше реактивовъ ( $\text{HCl}$  и  $\text{HNO}_2$ ), остается пока неизвѣстнымъ<sup>1)</sup>. Еще въ 1881 году Тарховымъ было констатировано<sup>2)</sup>, что органическое вещество почвы способно удерживать азотъ амміака и переводить его въ состояніе болѣе прочнаго. Если напр., на гуминовую кислоту дѣйствовать  $\text{NH}_3$  и высушить это вещество, то не удастся уже отдѣлить амміакъ при помощи отгонки съ  $\text{MgO}$ , что говоритъ за то, что N удерживается уже болѣе крѣпко, чѣмъ если бы онъ находился въ видѣ гуминовоамміачной соли. Тоже самое подтверждено было Эггерцомъ въ 1888 году; при этомъ связываются не какіе-нибудь слѣды азота, а 4—5 $\%$  отъ вѣса гуминовой кислоты<sup>3)</sup>. Этотъ переходъ амміачнаго азота въ форму болѣе стойкую идетъ и въ растворахъ (безъ высушиванья), но не въ столь сильной мѣрѣ.

Въ выше названной работѣ Дояренко прослѣжена ближе судьба поглощаемаго амміачнаго азота; при этомъ оказалось, что по мѣрѣ поглощенія увеличивается количество амиднаго азота, т.-е. въ группы  $\text{RCONH}_2$ .

Интересно, что поглощеніе это идетъ при соприкосновеніи гуминовой кислоты съ растворами не только углекислаго, но и сѣрникоислаго аммонія.

1) См. Дояренко. Гуминовыя вещества какъ азотистая составная часть почвы. Извѣстія М. С. Х. И., 1901.

2) См. работы Тархова въ Извѣстіяхъ Петровской Академіи 1881 года.

3) Эггерць не зналъ о работѣ Тархова, такъ какъ она была напечатана только по русски. и, какъ большинство такихъ работъ, осталась совершенно неизвѣстной для западно-европейскихъ изслѣдователей.

Такъ какъ переходъ азота гуминовыхъ веществъ въ форму доступную высшимъ растениямъ есть въ концѣ концовъ процессъ окислительный, то представляютъ извѣстный интересъ опыты окисленія чисто химическаго характера въ которыхъ учитываются постепенные переходы азота изъ сложныхъ соединений въ простѣйшія. Поэтому приведемъ слѣдующія данныя относительно дѣйствія перекиси водорода на превращенія гуминовой кислоты изъ работы А. Г. Дояренко (цитировано по рукописи).

При нагреваніи гуминовой кислоты съ перекисью водорода на водяной банѣ, она постепенно переходитъ въ растворъ, приобретающій реакцію и темнобурый цвѣтъ; значительная часть раствореннаго вещества ведетъ себя какъ апокреновая кислота (осажденіе въ видѣ мѣдной соли), при чемъ эта часть содержала 44% отъ всего азота взятой навѣски гуминовой кислоты, но 56% этого азота оставалось въ растворѣ послѣ осажденія гуминовой кислоты, при томъ часть въ видѣ амміака (около 24,0%), часть въ видѣ амидовъ (16%) и амидокислотъ (16%). Потерь азота при окисленіи не происходило. Въ абсолютныхъ цифрахъ распределеніе азота по группамъ до окисленія и послѣ окисленія выражается слѣдующими величинами (миллиграммы):

	Н общій	Амидо-к-ти.	Амид-выд.	Гумино-выд <sup>1)</sup>	Амміач-выд N.	
Въ 10 г. гуминовой кислоты...	360	135	27	198	0	
Послѣ окисленія	{ в апокре- вой к-тѣ.. { в фильтратѣ послѣ ея осажденія...	157	127	28	0	
		203	58	57	0	

Точно также при повторномъ раствореніи гуминовой кислоты въ щелочи и осажденіи кислотой происходитъ постепенное уменьшеніе количества „гуминового“ азота и увеличеніе на счетъ его растворимыхъ формъ (амиднаго и амміачнаго азота); возможно, что и въ природныхъ условіяхъ образо-

<sup>1)</sup> Подъ „гуминовымъ“ азотомъ разумѣется та часть его, которая не входитъ ни въ одну опредѣленную категорію изъ вышеназванныхъ).

ванне амидосоединеніи является промежуточной стадіей, предшественной образованію амміака <sup>1)</sup>.

Извѣстно что для выснихъ растений наиболѣе доступнымъ источникомъ азота являются не органическія соединенія, а простѣйшія и при томъ главнымъ образомъ окисденныя, именно азотнокислыя соли. Поэтому для насъ важно знать тѣ условія, при которыхъ азотъ перегноя превращается въ азотъ амміака и нитратовъ. Анализы показываютъ, что нитратовъ въ почвѣ содержится мало. Буссенго пашель, напр., что въ одной изъ почвъ, имъ изслѣдованныхъ, при общемъ содержаніи въ органическихъ веществахъ азота въ 1.43 gr. (на 1 кило почвы) на долю амміака приходилось 0.004, а на долю нитратовъ—0.040 gr. Такое распределеніе азота является обычнымъ для большинства почвъ: но не смотря на малое количество нитратовъ, обнаруживаемое анализомъ, культурныя растения могутъ пользоваться этимъ источникомъ, благодаря его постоянству: взаи́мъ потребленной (или вымытой дождемъ, при отсутствіи растений) азотной кислоты образуются новыя количества ея.

*Нитрификація.* Какъ уже было говорено выше, процессъ *нитрификаціи* давно обратилъ на себя вниманіе, но лишь Буссенго показалъ, что источникомъ азота въ данномъ случаѣ является именно перегной (а не атмосферный воздухъ). Изъ его опытовъ обнаружилось также, что необходима прибавка непрокаленной *почвы*, чтобы вызвать нитрификацію какого-нибудь азотистаго матеріала; что отдѣльныя составныя части почвы (песокъ, известь) сами по себѣ нитрификаціи не вызываютъ. Буссенго высказывалъ предположеніе, что причина здѣсь біологическая, что виновниками являются вѣроятно „*les champignons de Pasteur*“. Самъ Пастеръ также указывалъ (1862 г.) на необходимость разработки вопроса о нитрификаціи на почвѣ новаго ученія о броженіи. Осуществленіе этого дано было въ работахъ Шлезинга и Мюнца съ одной стороны, Виноградскаго—съ другой.

Шлезингъ и Мюнцъ <sup>2)</sup> натолкнулись на это явленіе, занимаясь вопросомъ объ обезвреживаніи сточныхъ водъ го-

---

1) Объ отношеніи микроорганизмовъ почвы къ разнымъ категоріямъ азота перегноя см. нѣкоторыя данныя у *Никитинскаго* (jun.) въ его работѣ о разложеніи гуминовой кислоты. (Извѣстія С. Х. Инст. за 1902 г.)

2) Ср. *Chimie agricole par Schloesing* (X т. Энциклопедии Fremy).

рода Парижа. При фильтраціи черезъ почву такихъ водъ азотъ органическаго вещества переходитъ въ форму окисленную, т. е. идетъ нитрификація. Шлезингъ и Мюнцъ, изучая роль отдѣльныхъ составныхъ частей почвы въ обезвреживаніи водъ, повторили опыты Буссенго съ прокаленнымъ пескомъ, фильтруя черезъ него клоачныя воды, но вели опытъ значительно дольше, чѣмъ Буссенго; при этомъ (казалось, что черезъ 20 дней послѣ фильтрованія у нихъ начали появляться нитраты. По аналогіи съ уксуспокислымъ броже-шемъ, которое пачишается при приготовленіи уксуса изъ разведеннаго спирта на буковыхъ стружкахъ не сразу, а спустя нѣсколько дней (когда развѣлся ферментъ), Шлезингъ и Мюнцъ сдѣлали допущеніе, что нитрификація обяза-на своимъ существованіемъ организмамъ почвы. Они стали примѣнять стерилизацію и констатировали, что все, что подавляетъ жизнедѣятельность бактерій, останавливаетъ и про-цессъ нитрификаціи. Достаточно было ввести хлороформъ— нитрификація останавливалась. Точно также нагреваніе поч-вы до  $100^{\circ}$  останавливало нитрификацію; но достаточно было прибавить къ такой почвѣ немного почвы нестерилизованной (или водной вытяжки изъ нея)—процессъ возобновлялся, очевидно вслѣдствіе зараженія соответствующимъ микроор-ганизмомъ. Однако Шлезингу и Мюнцу не удалось выдѣлить этихъ микроорганизмовъ въ совершенно чистомъ видѣ. Это сдѣлалъ Виноградскій, показавшій, что процессъ идетъ въ двѣ фазы подъ влияніемъ двухъ организмовъ: сначала обра-зуется азотистая, а затѣмъ уже азотная кислота.

Извѣстно, что Виноградскій воспользовался для изолиро-ванія нитрифицирующихъ бактерій именно той ихъ отличи-тельной чертой, которая явилась препятствіемъ для другихъ авторовъ, работавшихъ въ томъ же направленіи: нитрифи-цирующія бактеріи не растутъ на желатинѣ (столь благо-приятной средѣ для развитія большинства микроорганизмовъ), но развиваются хорошо лишь на минеральныхъ субстратахъ (непригодныхъ для другихъ бактерій). Виноградскій культи-вировалъ ихъ сначала въ водѣ, содержащей  $(\text{NH}_4)$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{KH}_2$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{MgCO}_3$  и  $\text{CaCO}_3$  (по 1 грамму на литръ). Такая жид-кость, зараженная одной каплей жидкости уже нитрифици-рованной, и налитая не толстымъ слоемъ, чтобы не затруд-нить доступа воздуха, даетъ черезъ 2—3 дня интенсивное

сине окрививанье съ дифениламиномъ (извѣстная реакція на азотную кислоту); черезъ 2 педѣли весь амміакъ оказывается уже окисленнымъ, а бактеріи—сильно размножившимися и облекающими частички осадка, состоящаго изъ  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$ ; эти вещества (карбонаты) доставляютъ основаніе, необходимое для нейтрализаціи азотной кислоты. Еще болѣе совершенныя (чистыя) культуры Виноградскій получилъ, замѣнивши желатину также студнеобразной, но минеральной средой—студенистой кремнекислотой, позволяющей вызвать образованіе отдѣльныхъ колоній этихъ своеобразныхъ бактерій. Этимъ путемъ удалось показать, что въ процессѣ превращенія амміака въ азотнокислыя соли участвуютъ два рода бактерій: одни доводятъ окисленіе лишь до азотистой кислоты (*Nitrosomonas*), а другія продолжаютъ его до азотной кислоты (*Nitrobacter*); какъ первыя не способны образовать азотную кислоту, такъ вторыя не способны окислять амміакъ; функціи ихъ строго раздѣлены; но такъ какъ въ природѣ обѣ формы встрѣчаются совмѣстно, то азотистая кислота не накапливается въ почвахъ, но тотчасъ превращается въ азотную<sup>1)</sup>.

Не могла не остановить на себѣ вниманіе Виноградскаго способность этихъ организмовъ размножаться въ отсутствіи органическаго вещества; подвергая количественному анализу свои культуры, онъ констатировалъ приростъ органическаго вещества въ 20—30 mgr. на каждые 100 к. с. жидкости; приходится, слѣдовательно, признать, что эти бактеріи способны разлагать углекислоту карбонатовъ или углекислоту воздуха (ср. Godlewsky, O nitrifikacyi) и брать изъ нея углеродъ, необходимый для образованія органическаго вещества, используя для этой цѣли энергію окисленія амміака

---

1) Изъ того, что въ почвѣ образованіе окисленныхъ соединеній насчетъ амміака разсматривается какъ слѣдствіе дѣятельности бактерій не слѣдуетъ, что инымъ путемъ это окисленіе вовсе не происходитъ; есть чисто химическіе процессы, идущіе въ томъ же направленіи, но только роль ихъ является совершенно второстепенной по сравненіи съ процессами біологическими; такъ, Sestini (Pisa) показали, что гидратъ окиси желѣза при обыкновенной температурѣ способствуетъ образованію азотистой кислоты изъ амміака, при условіяхъ исключающихъ возможность вмѣшательства микроорганизмовъ; но количество азотистой кислоты могущее образоваться такимъ путемъ, не учтено, во всякомъ случаѣ оно невелико (см. Landw. Versuchs-Stationen, Bd. 60, стр. 103).

въ азотную кислоту (взаимѣнь энергій свѣтового луча, которой пользуются хлорофиллозные организмы). По Виноградскому, на каждые 35 mgr. азота, перешедшаго въ окисленную форму, приходится 1 mgr. углерода, усвоеннаго бактеріями изъ углекислыхъ солей.

Если это имѣеть мѣсто, то понятными будутъ такіе факты, какъ нахожденіе нитрифицирующихъ бактерій на горныхъ вершинахъ, непокрытыхъ почвой: углекислый амміакъ, приносимый въ небольшихъ количествахъ дождемъ и чисто минеральный субстратъ (горныя породы) доставляютъ имъ пищу, и онѣ энергично воздѣйствуютъ на этотъ субстратъ выдѣляемой азотной кислотой, ускоряя процессъ вывѣтриванья.

Чтобы познакомиться съ зависимостью процесса нитрификации отъ окружающихъ условій, возвратимся еще къ работамъ Шлезинга и Мюнца.

Шлезингъ и Мюнцъ старались точно опредѣлить вліяніе на ходъ нитрификации внѣшнихъ условій, каковы притокъ кислорода, влажность и температура воздуха. Оказалось, что при увеличеніи доступа кислорода воздуха, повышалась энергія процесса нитрификации, т. е. повторяется тоже, что и при аэробномъ разложеніи органическаго вещества съ выдѣленіемъ  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Такъ оказалось, напр. что при содержаніи:

	1.50%	6%	11%	16%	21%	кислорода
Энергія нитрификации:	45.7	95.7	132.5	162.6	246.6	mgr $\text{HNO}_3$

Количество воды вліяеть точно также до тѣхъ поръ, пока она не въ избыткѣ и не затрудняетъ доступъ  $\text{O}_2$  къ нитрифицирующимъ организмамъ; напр.: при содержаніи  $\text{H}_2\text{O}$

	9%	14%	16%	20%	отъ вѣса почвы
Получ. нитратовъ	28.9	48.8	53.0	86.6	mgr.

Вліяніе температуры весьма замѣтно; вотъ цифры, данныя Шлезингомъ и Мюнцемъ:

t°:	5—8°	14—16	23°	27°	33	37°	43	49°	56°С
	2.3	19.5	39.4	59.7	81.8	98.9	40.3	5.1	0.0 mgr. $\text{N}_2\text{O}_3$

Въ этихъ опытахъ optimum лежалъ при 37°; но позднѣе Müntz et Lainé наблюдали болѣе низкое положеніе optimum'a въ значительной серіи опытовъ, напр.:

t°:	14,3°	18,5°	23,9°	29,9°	35,8°	41,6°
Нитрификація: 1)	38	66	88	117	82	5 mgr.
2)	88	229	338	390	322	146 mgr.

По мнѣнію названныхъ авторовъ эти передвиженія optimum'a зависятъ отъ стадіи развитія нитрифицирующихъ бактерій, именно въ періодъ размноженія optimum лежитъ выше (35 — 37°), впоследствии же выгоднѣе поддерживать температуру при 27 — 28; но возможно, что кромѣ названной причины на положеніи optimum'a могутъ вліять и другія обстоятельства, такъ напр. концентрація раствора и реакція среды. Во всякомъ случаѣ изъ названныхъ опытовъ видно, что эти микроорганизмы весьма чувствительны къ повышенію температуры 1).

Точно также чувствительны эти организмы и къ измѣненію реакціи среды; такъ, кислая реакція задерживаетъ нитрификацію, такъ же какъ и сильно щелочная. Напротивъ слабо щелочная реакція (или еще лучше, наличие основныхъ веществъ, не вызывающихъ щелочной реакціи) благоприятна для нитрификаціи, такъ какъ благодаря ей нейтрализуется получающаяся свободная азотная кислота, избытокъ которой вредилъ бы нитрификаціи. При опытахъ съ  $\text{KHSO}_3$  прибавка соли до 2.5 на 1000 повышала нитрификацію, а за этими предѣлами уже вредила. Лучше всего дѣйствуютъ  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$ , предупреждая полученіе кислой реакціи.

Нужно замѣтить, что тенденція къ кислой реакціи зависитъ не только отъ накопленія вновь образованной азотной кислоты, но и отъ освобожденія кислоты, связанной ранѣе съ амміакомъ; если напр. нитрификація подвергается  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , то нужно дать столько основанія, чтобы связать и образующуюся азотную и остающуюся сѣрную кислоту. При нейтральной средѣ концентрація исходнаго и конечнаго про-

1) По даннымъ Boulanger et Massol нитритныя бактеріи отличаются большей чувствительностью и гибнутъ уже черезъ 5 минутъ нагреванія при 45°, нитратныя же—при 55°С (Annales de l'Institut Pasteur, t. 17).

дукта можетъ за извѣстнымъ предѣломъ (5:1000) подавлять нитрификацію. Впрочемъ по даннымъ Müntz et Lainé для сѣрниокислаго аммонія можно поднимать концентрацію до 9 граммовъ на литръ воды, содержащейся въ почвѣ, не мѣшая энергій нитрификаціи<sup>1)</sup>; что касается до  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , являющагося главнымъ продуктомъ реакціи, то его накопленіе (напр. при повторномъ введеніи сѣрниокислаго аммонія) можетъ идти до болѣе высокихъ концентрацій безъ замѣтнаго уцѣрба для энергій нитрификаціи.

Избытокъ неразложенныхъ органическихъ веществъ (особенно растворимыхъ углеводовъ) также вреденъ для этого процесса; этотъ фактъ стоитъ отчасти въ связи съ особенной способностью нитрифицирующихъ организмовъ разлагать углекислыя соли и усвоить изъ нихъ углеродъ. По присутствіе перегнойныхъ веществъ не мѣшаетъ нитрификаціи, какъ это видно на примѣрѣ черноземныхъ почвъ, способныхъ при правильной обработкѣ пара накапливать значительныя количества селитры. Точно также торфъ при смачиваніи растворомъ амміачной соли оказывается хорошимъ субстратомъ для нитрифицирующихъ бактерій, если конечно позаботиться о должной вентиляціи и о поддержаніи нейтральной реакціи<sup>2)</sup>.

Первоначально Шлезингъ и Мюнцъ наблюдали лишь конечное образованіе нитратовъ насчетъ азота органическихъ веществъ, не изслѣдуя промежуточныхъ стадій этого процесса, но затѣмъ Шлезингъ обнаружилъ, что амміакъ введенный въ почву нитрифицируется очень легко, и далѣе—что это вещество въ природѣ является именно промежуточной ступенью въ разложеніи органическихъ веществъ съ конечнымъ образованіемъ нитратовъ. Онъ демонстрировалъ это слѣдующимъ опытомъ; если на короткое время пагрѣть почву до  $90^{\circ}$ , то нитрифицирующій ферментъ, какъ нестойкій, погибаетъ, нитрификація въ такой полустерилизованной почвѣ прекращается, но за то наблюдается способность накапливать значительныя количества амміака (одновременно съ обычнымъ раз-

1) Въ этомъ отношеніи замѣчается неполное совпаденіе у разныхъ авторовъ, вѣроятно въ связи съ измѣненіемъ другихъ условій, быть можетъ также возрастомъ культуры и пр. (см. *Boullanger et Massol*, *Annales de l'Institut Pasteur*, t. 17 и 18).

2) *Müntz*, *L'établissement des nitrifières a hauts rendements*, въ *Annales de l'Institut agronomique*, Paris, 1907).

ложениемъ, съ выдѣленіемъ  $\text{CO}_2$ ). Амміакъ этотъ образуютъ другіе организмы, болѣе стойкіе чѣмъ нитрифицирующіе, и потому не погибшіе при  $90^\circ$ ; отсюда естественно заключить, что такое же образование амміака постоянно идетъ въ почвахъ, но такъ какъ онъ по мѣрѣ образования нитрифицируется, то мы и не можемъ констатировать въ нормальныхъ почвахъ значительныхъ количествъ амміака. Образование амміака изъ органическаго вещества не является функціей какого-нибудь особаго организма: цѣлый рядъ бактерій и плѣсней способенъ развиваясь на органическомъ веществѣ переводить азотъ бѣлковъ и другихъ сложныхъ соединений въ форму амміака.

Если почва, достаточно богатая перегноемъ, поддерживается въ рыхломъ и влажномъ состояніи, то въ ней происходитъ накопленіе нитратовъ часто превышающее тѣ количества, которыя вносятся съ полнымъ удобреніемъ селитрой; этотъ случай мы имѣемъ напр. для нашихъ черноземныхъ почвъ: если они находятся подъ паромъ правильно обработаннымъ, то они не склонны реагировать на азотистыя удобрения благодаря естественному обогащенію селитрой за счетъ азота перегноя; и чѣмъ богаче черноземъ перегноемъ, тѣмъ менѣе нуждается онъ въ азотистомъ удобреніи<sup>1)</sup>. Въ другихъ же почвахъ, не столь богатымъ перегноемъ, для достиженія энергичной нитрификаціи необходимо внесеніе удобрений содержащихъ азотъ въ видѣ органическихъ соединений или амміачныхъ солей.

Но процессъ нитрификаціи является общимъ лишь для почвъ болѣе или менѣе вентилируемыхъ; въ почвахъ же заболоченныхъ, гдѣ вентиляція происходитъ очень медленно или отсутствуетъ совсѣмъ, и гдѣ продукты разложенія органическаго вещества имѣютъ кислотный характеръ, нитрификація не идетъ. Такъ, напр., въ опытахъ Мюнца было взято три рода почвъ и прибавлена въ каждую въ качествѣ азотистаго удобрительнаго вещества, способнаго въ конечномъ результатѣ къ нитрификаціи, кровяная мука. Послѣ

<sup>1)</sup> О накопленіи нитратовъ въ черноземныхъ почвахъ въ связи съ обработкой и удобреніемъ см.: 1) сводъ работъ Плотнянской опытной станціи за десятилѣтія 1895—1904 г. (*Вельбель и Бычихинъ*). 2) Труды сѣти опытныхъ полей, 1907 г., III, (*Франкфуртъ и Душечкинъ*). 3) Труды Ивановской опытной станціи за трехлѣтіе 1904—6 гг. (*Рождественскій и Сазановъ*).

прибавленія кровяной муки почвы оставались въ умѣренно-влажномъ состояннн въ теченіе 8 мѣсяцевъ; потомъ опредѣлено было содержаніе амміака и нитратовъ, оно оказалось:

	Амміака.		Нитратовъ.	
	Неуд.	Съ кров. мукой.	Неуд.	Съ кров. мукой.
Первая почва (огородная) заключала въ 100 gr.	0.9	23.9	24.4 mgr.	99.3
Вторая (торфяная) почва.	2.1	39.7	0.0	0.0
Третья (вересковая) почва	2.5	73.9	0.0	0.0

Тѣ же самыя результаты получены были и для другого азотистаго удобрения (кожаной муки).

Такимъ образомъ разложеніе азотистыхъ веществъ въ кислыхъ, заболоченныхъ почвахъ не идетъ до образованія азотной кислоты, а по большей части образуется только амміакъ.

*Потери нитратовъ.* Благодаря важной роли, которую играютъ въ дѣлѣ питанія растеній азотнокислыя и амміачныя соединенія почвы, вопросъ о разрушеннн нитратовъ, потеряхъ ихъ изъ почвы привлекъ вниманіе многихъ изслѣдователей. Способы, при помощи которыхъ нитраты могутъ тратиться безвозвратно для растеній, сводятся къ слѣдующимъ: возстановленіе нитратовъ, связанное съ образованіемъ свободнаго азота (денитрификація), и вымызаніе ихъ изъ почвы, какъ легко растворимыхъ въ водѣ соединеній азотной кислоты, непоглощаемыхъ почвой; кромѣ того, возможна временная убыль нитратовъ, зависящая отъ образованія на ихъ счетъ органическихъ азотистыхъ соединеній (напр. бѣлковыхъ веществъ) организмами почвы.

*Вымываніе нитратовъ* сильно зависитъ отъ различныхъ условій; большаго или меньшаго количества осадковъ и размѣровъ испаренія въ данной мѣстности, отъ присутствія или отсутствія растительнаго покрова, отъ рода и степени развитія культурнаго растенія, отъ строенія почвы и пр. О количествѣ нитратовъ, теряемыхъ почвой, можно заключать по содержанію азотнокислыхъ солей въ дренажныхъ водахъ съ даннаго участка. Напр., на неудобренной почвѣ занятой пшеницей нитратовъ было въ дренажныхъ водахъ 1.2 килограмма, а въ водахъ съ участка бывшаго подъ паромъ 15.1 килогр.

(Ротамстедъ). Надо замѣтить, что накопленіе нитратовъ для обезпеченія развитія озимыхъ считается одной изъ цѣлей оставленія земли подъ паромъ. Дегеренъ напр. сравниваетъ паръ съ кучей, служащей для добыванія селитры (т. наз. селитряныя бурты), такъ какъ и здѣсь и тамъ почва намѣренно обогащается органическимъ веществомъ, поддерживается въ извѣстномъ состояніи скважности, содержаніе влаги стараются регулировать etc., только въ пару производство селитры является гораздо болѣе экстензивнымъ. Растенія потребляютъ нитраты и тѣмъ предохраняютъ ихъ отъ вымыванія, между тѣмъ какъ въ паровомъ полѣ, жизнедѣятельностью бактерій постепенно накапливаются значительныя количества нитратовъ, за отсутствіемъ растений они не потребляются и паръ не въ состояніи предотвратить ихъ отъ этого вымыванія, если выпадаетъ много осадковъ. Если паръ былъ удобренъ, то потери нитратовъ достигали значительно большей величины (для условій Англій).

Во влажномъ климатѣ, съ продолжительной и теплой осенью, является возможность значительнаго вымыванія нитратовъ при незанятой почвѣ, такъ какъ большое количество осадковъ, при маломъ испареніи имѣетъ прямымъ слѣдствіемъ увеличеніе количества дренажныхъ водъ, а послѣднее влечетъ и болѣе вымываніе, какъ показываютъ такія наблюденія въ Ротамстедѣ (возьмемъ цифры для трехъ слѣдующихъ одинъ за другимъ годовъ):

Дренаж. водъ: 25.3 40.7 65.9 сант.

Потеря азота: 30.7 43.6 54.1 килограммовъ въ годъ на гектаръ.

Значить, чѣмъ больше было дренажныхъ водъ, тѣмъ больше терялось нитратовъ. Вольни оцѣниваетъ въ среднемъ эти потери въ 60 марокъ на гектаръ (около 30 р. на десятину), считая азотъ нитратовъ по рыночной цѣнѣ азота въ формѣ чилійской селитры. Но нужно помнить, что эти цифры относятся къ почвѣ незанятой озимыми и къ англійскимъ условіямъ. Въ присутствіи растений потери уменьшаются во много разъ, особенно невелики онѣ могутъ быть при климатѣ континентальномъ. Насколько сильно вліяетъ степень развитія растений на вымываніе нитратовъ, можно видѣть изъ слѣдующаго опыта (Петермана).

На неудобренномъ участкѣ урожай	64	кило;	дрен. водѣ	281	kg	Потери N	0.229	kg.
„ минеральномъ удобр. безъ N	236	„	„	237	„	„	0.176	„
„ минер. удобр. + N (селитра)	445	„	„	191	„	„	19.025	„
„ „ „ + N (въ видѣ NH <sub>3</sub> )	447	„	„	184	„	„	12.869	„
„ „ „ + кровяна. мука	809	„	„	145	„	„	4.519	„

Изъ этихъ цифръ видно, что чѣмъ больше была масса растений на данномъ участкѣ (а слѣдовательно—чѣмъ больше было испарено воды), тѣмъ меньше было дренажныхъ водъ, тѣмъ меньше утрачено нитратовъ. Количество потеряннаго азота далѣе сильно мѣняется въ зависимости отъ того, внесли азотистыя удобрения или нѣтъ, и въ какой формѣ: внесеніе селитры вызываетъ большія потери, чѣмъ внесеніе сѣрноокислаго амміака, по понятнымъ причинамъ. Кровяная мука дала наименьшія потери, какъ матеріаль, постепенно доставляющій нитраты развивающимся растеніямъ (опытъ сдѣланъ въ Бельгій).

Всѣ работы, изъ которыхъ приведены были примѣры, отличались незначительной величиной той площади, которая служила для опыта; размѣры вымыванія нитратовъ были преувеличены, благодаря тѣмъ условіямъ, въ которыя ставились эти участки почвы (сильное разрыхленіе, часто обильное удобреніе).

Чтобы избѣжать неточности прежнихъ опытовъ, Шлезингъ опредѣлялъ содержаніе нитратовъ въ водѣ рѣки а потомъ, зная количество проходящей за извѣстное время воды въ рѣкѣ и зная величину площади бассейна ея, онъ опредѣлялъ общее потерянное почвой количество нитратовъ съ единицы площади данной мѣстности. Шлезингъ выбралъ для своихъ изслѣдованій бассейнъ р. Сепы и ея притоковъ.

Для большей вѣроятности результатовъ подобныхъ расчетовъ надо имѣть въ виду, что вода, получающаяся весной отъ таянія снѣга, вода большихъ дождей лишь весьма въ небольшомъ количествѣ просачиваются въ землю, а въ значительной степени стекаютъ съ полей; это будетъ понижать концентрацію растворенныхъ въ водѣ нитратовъ. Кроме того вода проходя черезъ почву можетъ растворять и уносить въ рѣки азотъ, не принадлежащій къ нитратамъ почвы; а также и то, что часть азота можетъ быть потреблена послѣющими воду растеніями. Благодаря всему этому наиболѣе характернымъ является содержаніе нитратовъ въ водѣ рѣкъ въ зимнее

время, когда вліяніе всѣхъ этихъ источниковъ погрѣшностей сводится до minimum'a. Такъ въ опытахъ Шлезинга количество азотной кислоты въ водахъ р. Сены въ зависимости отъ времени года колебалось такимъ образомъ (миллиграммы на литръ):

	р. Сена.	р. Москва. (по Ключареву).
Февраль 1895 г.	8.67 м.	1.27 м.
Апрѣль	5.15 "	0.99 "
Іюль	4.15 "	0.87 "
Сентябрь	3.85 "	0.57 "
Декабрь	7.13 "	1.40 "
Февраль 1896 г.	8.94 "	"

Содержаніе азотной кислоты въ водѣ достигаетъ своего maximum'a въ февраль и остается низкимъ во всѣ лѣтніе мѣсяцы.

Шлезингъ, принимая во вниманіе цифры, относящіяся къ холоднымъ мѣсяцамъ года, рассчитывалъ годовую потерю на 1 гектаръ; оказалось, что потери нитратовъ въ такомъ случаѣ равнялись отъ 5 до 8 килограммовъ азота съ общей площади полей. Шлезингъ считаетъ, что потери эти съ избыткомъ покрываются тѣмъ азотомъ, который поглощается изъ атмосферы почва. Аналогичная работа для нашихъ условій (почвы Петровскаго-Разумовскаго и воды Москвы-рѣки) произведена А. В. Ключаревымъ. Потери нитратовъ у насъ оказываются еще меньшими, но общая законность для измѣненія титра нитратовъ въ рѣчной водѣ по временамъ года остается той же самой. Въ опытахъ съ лизиметрами, наполненными почвой естественнаго сложенія (опытное поле), получились слѣдующія величины потерь азота (по расчету на гектаръ).

Въ пару . . . . .	42 кил.
Подъ викою . . . . .	5.25 "
Подъ овсомъ . . . . .	0.23 "
Подъ ячменемъ . . . . .	0.27 "

Судя по этому, на одну десятину при трехпольномъ хо-

зйствѣ въ Московской губерніи, теряется около 14 кило (почти 1 пудъ) азота <sup>1)</sup>, за годъ благодаря вымыванію.

*Денитрификація.* Шлезингъ еще въ 1873 г. сдѣлалъ наблюденіе, что почва насыщенная водой или инымъ способомъ лишенная доступа воздуха не только не накопляетъ вновь нитратовъ, но утрачиваетъ и то ихъ количество, которое въ ней содержалось, причемъ замѣчается выдѣленіе свободного азота. Первое указаніе на микроорганизмовъ, какъ на виновниковъ этого возстановительнаго процесса, принадлежитъ повидимому Meusel'ю (1875 г.), который наблюдалъ, что вода изъ источника, содержащая азотнокислыя соли, при стояніи обнаруживала значительное образованіе азотистой кислоты; этой переменны не замѣчалось, если къ водѣ прибавлялась карболовая кислота или вода стерилизовалась кипяченіемъ.

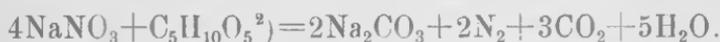
Аналогичное наблюденіе сдѣлалъ Дегеренъ (около 1882 г.) именно, онъ запаивалъ почву, содержащую нитраты, въ стеклянныя трубки; черезъ нѣкоторое время нитраты исчезали, (небольшое количество воздуха въ трубкахъ оказывается вскорѣ потребленнымъ на образованіе углекислоты); если въ трубку ввести хлороформъ, то нитраты сохраняются; значитъ, въ процессѣ участвуютъ микроорганизмы. Одновременно Gayon и Dupetit выдѣлили изъ почвы и изъ сточныхъ водъ 2 микроорганизма, которые почти пачисто разлагали селитру (въ присутствіи органическаго вещества) съ выдѣленіемъ  $N_2$  и образованіемъ  $K_2CO_3$  или  $Na_2CO_3$ .

Затѣмъ Вгеал констатировалъ присутствіе денитрифицирующихъ бактерій на соломѣ, сѣнѣ люцерны, Giltay и Aber-son (Голландія) нашли форму распространенную въ воздухѣ, въ водѣ и почвѣ, обладающую той же способностью; частью подъ вліяніемъ работъ Вагнера (Дармштадтъ) Stuzer и Burri, (а также Широкихъ, Егуповъ, Северинъ и др.), занимаясь изученіемъ бактерій соломы и твердыхъ экскрементовъ с. х. домашнихъ животныхъ, нашли и въ этихъ матеріалахъ нѣ-

<sup>1)</sup> См. Извѣстія нашего Института, 1901 и 1902 г. Отчасти эта потеря покрывается тѣмъ приходомъ, который даютъ осадки (ср. примѣчаніе на стр. 28); вполне сравнимыхъ данныхъ, правда, мы не имѣемъ, но по опредѣленіямъ Плотнянской станціи почвой получается около 4 кгг. связаннаго азота за годъ съ осадками, что для той мѣстности уже покрываетъ потери отъ вымыванія.

сколько формъ близкаго физиологическаго типа; словомъ, бактеріи этой группы оказываются довольно распространенными и при томъ бактеріи почвы и навоза между собой повидимому не тождественны<sup>1)</sup>. Одни изъ этихъ бактерій способны разлагать селитру съ выдѣленіемъ свободнаго азота, какъ организмы выдѣленные Gayon'омъ и Dupetit; другія же достигаютъ того же эффекта лишь при совмѣстной работѣ (такъ что одна форма даетъ азотисто-кислыя соли, а другая уже разлагаетъ послѣднія до конца). Обыкновенно разумѣютъ подъ денитрифицирующими бактеріями (если не сдѣлано оговорки) бактерій первой категоріи.

Описываемый процессъ является противоположнымъ нитрификаціонному не только по самому направленію реакціи, но и (въ связи съ этимъ) по роду зависимости отъ окружающихъ условій; такъ, нитрификація требуетъ доступа воздуха, а типичные денитрификаторы являются наиболѣе энергичными именно въ отсутствіи кислорода. Далѣе, нитрифицирующій ферментъ страдаетъ отъ избытка неразложеннаго органическаго вещества, а денитрификація необходимо связана съ наличностью такихъ веществъ; денитрифицирующіе ферменты пользуются кислородомъ селитры для окисленія органическаго вещества, съ образованіемъ углекислоты и воды; углекислота соединяется съ основаніемъ нитрата, а азотъ выдѣляется какъ таковой. Приблизительно процессъ этотъ можетъ быть выраженъ такимъ уравненіемъ:



Часть углекислоты остается въ жидкости, образуя двууглекислыя соли, часть выдѣляется (смотря по составу среды,

<sup>1)</sup> Такъ по Kühnemann'у въ почвѣ чаще встрѣчаются *Bacillus pascuaneus*, *Bacillus fluorescens liquefaciens* и *Bac. denitrificans* III; въ навозѣ рогагаго скота — *Bac. denitrificans* I + *Bacterium coli*; въ навозѣ лошадей — *Bacillus denitrificans* II (*Landw. Versuchs-Stationen*, 1898 г.); по данныя эти оспариваются Höfflich'омъ (*Bied. Centralblatt*, 1903, 521).

<sup>2)</sup> Здѣсь взята пентоза, такъ какъ пентозаны по нѣкоторымъ наблюденіямъ особенно склонны вызывать денитрификацію; но если не придавать значенія этому обстоятельству, то можно просто смотрѣть на приводимое уравненіе, какъ на примѣрную схему (есть указанія, что и клѣтчатка способна служить для питанія денитрификаторовъ; см. работу Van-Iterson, рефъ въ *Bied. Centralblatt*, 1905, стр. 709).

въ большемъ или меньшемъ количествѣ); азотъ же почти весь удаляется какъ свободный азотъ.

Въ сущности, здѣсь медленно происходитъ тоже самое, что при взрывѣ пороха осуществляется моментально.

Значеніе органическаго вещества для процесса денитрификаціи констатировано было не одинъ разъ; но много значитъ также степень усвояемости органическаго вещества.

Такъ, Дегеренъ показалъ, что крахмаль способенъ сильно увеличивать денитрификацію (или точнѣе, вызывать исчезновеніе нитратовъ); напр. въ одномъ случаѣ при внесеніи крахмала количество нитратовъ понижалось такимъ образомъ:

13 окт.	31 окт.	2 дек.	23 дек.	черезъ 1 годъ
100	88.3	33.2	24.6	1.11

Обстоятельство это имѣетъ извѣстное значеніе при удобреніи непрерывнымъ навозомъ, съ которымъ вносятся пентозаны, клѣтчатка и др. углеводы.

Въ опытахъ Дегерена при внесеніи соломы количество нитратовъ въ опытѣ параллельномъ съ только что приведеннымъ уменьшилось такимъ образомъ:

13 окт.	2 дек.	23 дек.	черезъ годъ
100	69.6	76.7	74.3

Здѣсь потери нитратовъ уже не такъ велики, но во всякомъ случаѣ избытокъ непрерывнаго матерьяла въ навозѣ можетъ сказываться дурно на содержаніи нитратовъ въ почвѣ (а значитъ и на урожаяхъ), если количество вносимаго удобренія велики и если между внесеніемъ навоза и посѣвомъ промежутокъ малъ<sup>1)</sup>. Подробнѣе объ этомъ будемъ говорить въ главѣ о навозѣ.

<sup>1)</sup> Последнее объясняется тѣмъ обстоятельствомъ, что убыль нитратовъ при внесеніи углеводовъ вызывается не всегда денитрификаціей въ собственномъ смыслѣ слова, (т.-е. безвозвратной потерей азота въ газообразной формѣ), но часто имѣетъ мѣсто лишь временное потребленіе нитратовъ благодаря переходу ихъ азота въ сложныя органическія соединенія (бѣлки, грибная клѣтчатка и пр.); черезъ нѣкоторое время, когда избытокъ углеводовъ будетъ потребленъ въ процессѣ дыханія микроорганизмами, азотъ этотъ снова можетъ переходить въ форму амміака и нитратовъ.

Какъ было ранѣе сказано, подъ удобрениями мы понимаемъ вещества, вносимыя въ почву съ цѣлью повышенія урожая. Повышеніе это въ однихъ случаяхъ происходитъ потому, что вносимымъ удобрениемъ мы непосредственно повышаемъ въ почвѣ содержаніе какого либо необходимаго питательнаго вещества; такія удобрительныя средства называются *прямыми удобрениями*. Прямые удобрения могутъ содержать или одно только питательное вещество, тогда они называются *односторонними*; или они содержатъ въ различныхъ количествахъ всѣ питательныя вещества необходимыя для растенія и тогда они называются *полными удобрениями*.

При внесении другого рода удобрительныхъ веществъ, мы вызываемъ въ почвѣ реакціи, въ результатѣ которыхъ освобождается то или другое необходимое для растеній питательное вещество; удобрения, дѣйствующія такимъ образомъ, называются *косвенными удобрениями*.

Мы начнемъ разсмотрѣніе удобрительныхъ матерьяловъ съ первой изъ названныхъ категорій, т.-е. удобрений *прямыхъ*, а изъ нихъ поставимъ впереди болѣе простыя, *одностороннія удобрения*.

Смотря по содержанію (или преобладанію) одного какого либо вещества въ *прямыхъ одностороннихъ удобренияхъ*, они дѣлятся на *азотистыя, фосфорнокислыя и калиныя*; въ этомъ порядкѣ мы ихъ и рассмотримъ.

---

## Одностороннія удобрительныя вещества.

### А. Азотистыя удобрения.

Рис. 2-й. Гречиха на подзолѣ.



Безъ азота.

Селитра.

Цианъ-амидъ.

Азотъ, какъ одинъ изъ четырехъ элементовъ, являющихся необходимымъ для образования бѣлковыхъ веществъ, представляетъ изъ себя питательное вещество, погребляемое растениями въ весьма значительныхъ количествахъ ( $\frac{1}{6}$  часть отъ вѣса образованнаго бѣлка). Если взять наши главные растенія, хлѣбные злаки, то средній урожай съ десятины уносить въ зерпѣ и соломѣ (по даннымъ Стебута) около  $2\frac{1}{2}$  пудовъ азота, а наибольшій возможный урожай (по Вагнеру) — до 8 пудовъ азота на десятину <sup>1)</sup>; для картофеля сред-

<sup>1)</sup> По даннымъ Плотянской станціи въ разные годы, въ связи съ колебаніями въ урожаяхъ оз. пшеница „банакка“ уносить въ надземныхъ

нее потребленіе принимается въ 4 пуда, а для кормовой свеклы—въ 7 пудовъ (считая и листья). Правда, значеніе этихъ цифръ нѣсколько смягчается тѣмъ обстоятельствомъ, что часть азота въ соломѣ (или ботвѣ) возвращается на поля въ видѣ навоза; но солома, остающаяся въ хозяйствѣ, содержитъ меньше азота, чѣмъ зерно, отчуждаемое изъ хозяйства; затѣмъ, при храненіи навоза еще нѣкоторая часть азота неизбежно теряется <sup>1)</sup>). Поэтому навозное удобреніе въ зерновомъ хозяйствѣ обычно не въ состояніи пополнить потребности культурныхъ растений въ азотѣ; для устраненія этого недостатка хозяевамъ приходится прибѣгать или къ специальнымъ азотистымъ удобрениямъ или къ культурѣ растений изъ группы „азотосбирателей“—бобовыхъ.

Азотистыя удобрения представляютъ изъ себя съ одной стороны продукты съ преобладаніемъ сравнительно простыхъ соединений (селитра, амміачныя соли, цианъ-амидъ) или же отбросы органическаго происхожденія, содержащія сложныя (бѣлковыя) вещества или продукты ихъ распада (кровяная мука, шерсть, рога, жмыхи, гуано и пр.).

### 1. Чилийская селитра ( $\text{NaNO}_3$ ).

Чилийская селитра привозится въ Европу изъ Южной Америки, гдѣ наиболѣе богатыя залежи ея находятся въ Чили (пустыня Атакама) и Перу (плоскогоріе Рампа Negra, на 1000 м. надъ уровнемъ моря, между Кордильерами и грядой прибрежныхъ возвышенностей), а также и въ нѣкоторыхъ районахъ Боливіи <sup>2)</sup>). Селитряныя залежи достигаютъ

---

частяхъ отъ 3,5 до 6,5 пудовъ азота, яровая пшеница „улька“ отъ 2,6 до 5,0 пуд., (снимая рожь отъ 4,3 до 5,5 пуд. на десятину (см. Сводъ рапортъ Плотянской станціи за десятилѣтіе 1895—1904 гг., стр. 206).

1) Для болѣе точнаго расчета слѣдовало бы, конечно, принять во вниманіе, что въ навозъ попадаетъ еще азотъ изъ сѣна съ луговъ, но съ другой стороны и изъ хозяйства вывозятся еще азотистыя продукты въ видѣ молока, мяса, шерсти и пр., да и луга, состоящіе преимущественно изъ злаковой растительности, въ свою очередь погребуютъ азотистаго удобрения.

2) Въ 1880 г. между Перу и Чили возникла война изъ-за селитряныхъ залежей, вслѣдствіе которой провинція Тарапака отошла отъ Перу къ Чили; этимъ объясняется несовпаденіе указаній старыхъ и новыхъ авторовъ на относительное значеніе чилийскихъ и перуанскихъ залежей.

толщины от 1 до 5 метровъ и обычно бываютъ покрыты нескомъ п глиной; иногда прослойки этихъ примѣсей встрѣчаются въ перемежку съ слоями селитры.

Относительно происхожденія залежей селитры мы не имѣемъ точныхъ данныхъ. Нужно думать, что здѣсь игралъ роль процессъ нитрификаціи, столь энергично идущій въ тѣхъ климатическихъ условіяхъ; матеріаломъ для нитрификаціи могли послужить, напр., отложенія гуано, или, по предположенію другихъ авторовъ, массы морскихъ водорослей, выброшенныя на берегъ океаномъ (или скорѣе оставшіяся въ бассейнѣ, отрѣзанномъ отъ моря при процессахъ горообразовательныхъ, и затѣмъ высохшемъ).

Но если селитра могла произойти такимъ образомъ, то не на тѣхъ мѣстахъ, гдѣ она теперь отложена. Это слѣдуетъ думать на томъ основаніи, что при разложеніи органическаго вещества должна оставаться на мѣстѣ фосфорная кислота, обычно въ видѣ известковыхъ солей. Залежи селитры не содержатъ этого вещества, отсюда можно думать, что селитра перенесена сюда изъ другихъ мѣстъ водою. Далѣе предполагали, что въ процессѣ образованія селитры принимала участіе морская вода, такъ какъ въ почвѣ при разложеніи органическаго вещества чаще образуется не  $\text{NaNO}_3$ , а  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ; замѣщеніе же  $\text{Ca}$  при помощи  $\text{Na}$  легче всего объяснить участіемъ морской воды, тѣмъ болѣе, что реакція эта имѣетъ мѣсто въ томъ случаѣ, если смѣшать растворъ  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{NaCl}$ ; при выпариваніи смѣси выкристаллизовывается  $\text{NaNO}_3$ , а  $\text{CaCl}_2$  остается въ растворѣ. Въ связи съ составомъ морской воды стоитъ, по этой гипотезѣ, присутствіе въ натровой селитрѣ (помимо примѣси  $\text{NaCl}$ ) іодноватой и бромноватокислыхъ  $\text{K}$  и  $\text{Na}$ .

Въ послѣднее же время высказывается мнѣніе, что селитра эта *обычнаго почвеннаго происхожденія*, что она постепенно выщелачивалась со склоновъ Кордильерской цѣпи, а на плоскогоріи подпочвенныя воды, благодаря непроницаемости подстилающихъ глинистыхъ сланцевъ и кристаллическихъ породъ, благодаря препятствію къ дальнѣйшему движенію въ видѣ береговой цѣпи возвышенности, должны были скопляться и, выступая на поверхность, испаряться и выдѣлять отложенія селитры и другихъ солей, непоглощаемыхъ полей; сходство же съ составомъ морской воды не представляетъ чего

либо особеннаго, такъ какъ соли морской воды принесены въ нее рѣками и тоже выщелочены изъ почвъ<sup>1)</sup>. Кромѣ того, въ мѣстахъ отложенія селитры отсутствуютъ указанія на близость моря въ прошломъ (камни не окатаны etc).

Сырая, только что добытая масса селитры состоитъ такимъ образомъ изъ  $\text{NaNO}_3$  въ смѣси съ хлористымъ натромъ, сѣрно-кислымъ натромъ, глиной, пескомъ и др. примѣсами; иногда встрѣчаются и калийныя соли; вотъ данныя двухъ анализовъ (см. Müntz, Les engrais II).

(Перу)	(Чили)
60.97% $\text{NaNO}_3$ . . . . .	47.2% (съ колебаніями 20—80%).
16.85 $\text{NaCl}$ . . . . .	7.4%
4.56 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ и $\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	26.0%
песокъ, глина . . . . .	18.7%
0.73 іодноватокислаго кали . . . . .	0.2—0%

При добываніи обычно твердую массу взрываютъ порохомъ, крупные комки примѣсей отбираютъ руками, а потомъ обрабатываютъ полученную массу горячей водой; послѣ декантации растворъ выпаривается, изъ него при охлажденіи выкристаллизовывается селитра, представляющая продажный матеріалъ, содержащій около 95%  $\text{NaNO}_3$ . Такое дѣйствіе однократной перекристаллизаціи объясняется тѣмъ обстоятельствомъ, что для селитры растворимость рѣзко мѣняется въ зависимости отъ температуры, для примѣшаннаго же къ ней хлористаго натра она измѣняется очень мало; поэтому при охлажденіи горячаго раствора вынадеетъ преимущественно селитра, а  $\text{NaCl}$  остается главнымъ образомъ въ маточной жидкости.

Высушенная на солнцѣ перекристаллизованная масса нагруженная въ мѣшки прежде выюками (на ослахъ) доставлялась къ гаванямъ (Pisagua и Iquique), въ настоящее же время къ большей части крупныхъ гаваней, проложены рельсовые пути<sup>2)</sup>.

1) Что касается отсутствія скопленія селитры въ морской водѣ, то оно объясняется постепеннымъ ея потребленіемъ растительными организмами; при условіяхъ же образованія залежей въ Чили растительность очевидно не могла развиваться благодаря высокой концентраціи раствора солей.

2) Подробности относительно добыванія селитры см. въ книгѣ въ Weitz'a „Der Chilisalpeter“, 1905.

Чистая натровая селитра должна содержать по формулѣ 16.47% азота; продажная же селитра содержитъ до 15—16% азота; такое содержаніе и считается достаточнымъ показателемъ чистоты продукта и гарантируетъ отъ примѣсей (благодаря высокой цѣнѣ селитру иногда фальсифицируютъ различными малоцѣнными веществами, какъ-то поваренной солью, глауберовой солью, пескомъ и т. п.).

Что касается потребленія селитры, то лишь около  $\frac{1}{10}$  части ея потребляется въ Америкѣ, остальное количество вывозится въ Европу, главнымъ образомъ Германію, Францію, Бельгію. Въ концѣ 80-хъ годовъ вывозилось ежегодно до 30 милліоновъ пудовъ селитры и рассчитывали, что при такомъ потребленіи однихъ залежей въ Таранахъ хватить на 100 лѣтъ; но вывозъ ея быстро повышается (около 90 милліоновъ пудовъ въ 1903 г.; изъ этого количества  $\frac{4}{5}$  идутъ на нужды сельскаго хозяйства, а  $\frac{1}{5}$  потребляется промышленностью) и теперь предсказываютъ истощеніе залежей черезъ 40—50 лѣтъ, а быть можетъ ранѣе; тогда предстоитъ обратиться исключительно къ приготовленію селитры изъ азота и кислорода воздуха (электрической разрядъ); въ этомъ направленіи уже имѣются весьма благопріятные результаты. Для Россіи это удобреніе считается обычно еще экономически менѣе выгоднымъ чѣмъ на западѣ, такъ какъ пудъ селитры у насъ стоитъ дороже (пока не менѣе 2 р.) а пудъ хлѣба—дешевле. чѣмъ тамъ. Тѣмъ не менѣе намъ важно познакомиться съ селитрой, такъ какъ она является прототиномъ всѣхъ азотистыхъ удобреній и съ ней сдѣлано больше всего опытовъ, позволяющихъ судить о вліяніи азотистыхъ удобреній на растенія. Изученіе ее важно еще потому, что всякое азотистое удобреніе, будучи внесено въ почву, прежде чѣмъ подействовать, образуетъ въ почвѣ азотнокислыя соли благодаря процессу нитрификаціи. Кромѣ того, и прямое употребленіе селитры у насъ уже начинаетъ практиковаться, и расширеніе его есть вопросъ ближайшаго будущаго.

*Дѣйствіе селитры на растенія.* Ни одна группа удобреній не представляетъ такихъ различій въ отношеніи къ разнымъ растеніямъ, какъ группа удобреній азотистыхъ, селитра—въ частности: такъ, приходится исключить всѣ растенія сем. бобовыхъ изъ числа растеній удобряемыхъ селитрой. Нельзя сказать, чтобы селитра на эти растенія совер-

шенно не дѣйствовала, по дѣйствию это, если оно и имѣеть мѣсто, мало по размѣрамъ и дѣлаеть употребленіе селитры подь бобовыя экономически невыгоднымъ. Мало того, иногда оно можетъ быть и прямо вреднымъ, напр. при культурѣ зерновыхъ бобовыхъ, когда избытокъ азота, затыгивая развитіе растенія и усиливая образованіе вегетативныхъ органовъ, понижаетъ урожай зерна; но это частный случай, болѣе общей причиною является просто нерентабельность.

Контрастъ бобовымъ представляютъ все остальные культуры растенія; урожай ихъ настолько правильно повышается въ зависимости отъ количества усвояемаго азота, что являются попытка подсчета, сколько же нужно внести азота въ формѣ селитры, чтобы достигнуть такого-то повышения урожая. Заимствуемъ примѣръ изъ Вагнера „Удобреніе азотомъ“ (1894), съ нѣкоторымъ упрощеніемъ цифръ.

Пусть средній урожай зерна озимаго хлѣба равенъ 100 пуд., соломы 250 п. съ десятины; мы же хотимъ получить урожай въ 150 пуд. зерна; приросту 50 пуд. зерна соотвѣтствуетъ приростъ 125 пуд. соломы; если считать въ среднемъ въ зернахъ два процента азота, то потребуется 1 пудъ азота для прироста 50 пуд. зерна и (примѣрно) 1 пудъ азота на 125 пуд. соломы, всего 2 пуда азота, слѣдов. около 12 пуд. селитры.

Но въ эти разсужденія нужно внести поправку: ни одно растеніе не используетъ всего азота удобрения до конца и въ почвѣ всегда останется нѣкоторое количество его, хотя бы мы внесли растворимую соль. Если принять за 100 количество внесеннаго въ почву азота, то для овса коэффициентъ использованія будетъ 73, для пшеницы 60, для моркови 90. Въ общемъ коэффициентъ использованія равенъ приблизительно  $\frac{2}{3}$ , а поэтому для разсматриваемаго нами случая надо брать селитры не 12, а 18 пудовъ. Эта цифра и соотвѣтствуетъ приблизительно обычнымъ нормамъ удобрения въ западно-европейской практикѣ (15 — 18 пуд. на десятину). При благоприятныхъ условіяхъ этотъ рассчетъ оправдывается на дѣлѣ, но если какого-либо фактора произрастанія не хватаетъ, то вышеуказанное количество селитры полного дѣйствія не окажетъ.

Чтобы взять примѣръ изъ русской дѣйствительности, приведемъ результаты опытовъ А. В. Ключарева съ овсомъ,

произведенныхъ въ Ряжскомъ уѣздѣ въ 1899 и 1902 годахъ; здѣсь дѣйствіе селитры было очень рѣзко:

	1899 г.		1902 г.	
	Зерно.	Солома.	Зерно.	Солома.
Безъ удобренія . . . . .	88 п.	83 п.	78	102
Селитра . . . . .	132	105	147	205
Томасовъ шлакъ . . . . .	—	—	108	140
Шлакъ и селитра . . . . .	—	—	177	227

Если такіе благопріятные результаты и способны окунуть внесеніе 15 — 20 пудовъ селитры, то все же постоянными они являются не будутъ; отсюда стремленіе — понизить дозу селитры у пашь, давать небольшое ея количество весной, въ качествѣ импульса къ болѣе энергичному росту; имѣющіеся благопріятные случаи такого внесенія меньшихъ дозъ селитры вѣроятно объясняются тѣмъ, что при нашемъ быстромъ переходѣ отъ зимы къ веснѣ нитрификація не успѣваетъ еще достигнуть должныхъ размѣровъ къ началу роста хлѣбовъ и поддержка азотистаго питанія въ эту первую стадію является для нихъ существенной.

Весьма часто пытаются характеризовать дѣйствіе селитры, устанавливая эмпирическимъ путемъ — какое увеличеніе урожая даетъ 1 пудъ селитры. Вагнеръ считаетъ, что 1 пудъ селитры даетъ приростъ зеренъ: 3 пуда для пшеницы и ржи, 4 для ячменя, до 4—5 п. для овса, 35 пуд. клубней картофеля и 60 пуд. корней свеклы <sup>1)</sup>; но само собою разумѣется, что эти цифры колеблются въ зависимости отъ цѣлаго ряда условий; онѣ могутъ служить лишь примѣрнымъ указателемъ, чего можно ожидать при отсутствіи задержекъ въ развитіи, отъ засухи, недостатка другихъ питательныхъ веществъ и пр.

Эти цифры позволяютъ въ то же время приблизительно судить о предѣлѣ рентабельности примѣненія селитры: если напр. пудъ селитры стоитъ 2 р., а пудъ пшеницы — 50 к., то ясно, что селитру нельзя въ этихъ условіяхъ примѣнять подъ пшеницу; но если цѣна на пшеницу будетъ 1 руб. за пудъ или выше, то употребленіе селитры можетъ быть выгоднымъ. Поэтому въ Россіи естественно ожидать постепен-

<sup>1)</sup> Такой значительный приростъ свеклы и картофеля сравнительно съ другими растеніями объясняется тѣмъ, что въ нихъ много воды и мало N.

наго распространения селитры съ запада и паденія ея сбыта къ востоку, такъ какъ въ этомъ направленіи падаютъ цѣны на хлѣбъ и увеличивается цѣна на селитру вслѣдствіе большей стоимости провоза; около большихъ городовъ можно ждать возникновенія мѣстныхъ центровъ выгоднаго примѣненія селитры, благодаря высокимъ цѣнамъ напр. на овесъ.

Нужно однако замѣтить, что вышеприведенныя отношенія (1 : 3, 1 : 4) установлены западно-европейской практикой при высокихъ дозахъ селитры. При употребленіи малыхъ дозъ весной въ качествѣ стимула къ развитію корневой системы въ периодъ пока нитрификація еще слаба, возможны болѣе крупныя приросты зерна на каждый пудъ внесенной селитры, и слѣдовательно мыслимо, что удобреніе селитрой въ этихъ условіяхъ можетъ оказаться рентабельнымъ и при невысокихъ цѣнахъ на зерно.

Понятно, что размѣръ дѣйствія селитры на урожай хлѣбовъ въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ зависитъ отъ цѣлаго рода условій; отмѣтимъ, какъ весьма существенное изъ этихъ условій, вліяніе рода предшествующихъ культуръ; если въ сѣвооборотъ входятъ бобовыя (азотособиратели), особенно многолѣтнія (клеверъ, люцерна), то они оставляютъ въ корневыхъ остаткахъ столько азота, что дѣйствіе селитры на хлѣба будетъ ослаблено; если же такихъ растений въ сѣвооборотѣ нѣтъ, то дѣйствіе будетъ болѣе рѣзкимъ<sup>1)</sup>. Такая замѣна дорогой селитры накопленіемъ въ почвѣ азота насчетъ атмосферы при помощи азотособирателей является при введеніи полевого травосѣянія, весьма крупнымъ плюсомъ, существенно дополняющимъ непосредственное его значеніе („больше корма, больше скота, больше навоза“, больше азота въ кормѣ и навозѣ).

Въ то время какъ для нечерноземной Россіи массовымъ приемомъ для замѣны дорогихъ пока азотистыхъ удобрений является культура клевера, для черноземной полосы можетъ играть значительную роль использование запасовъ азота въ перегноѣ, являющагося при правильной обработкѣ пара обильныхъ источниковъ нитратовъ.

Азотистое удобреніе вліяетъ не только на количество, по

<sup>1)</sup> Иллюстраціи къ этому см. напр. въ статьяхъ М. А. Вонзблейна „Объ опытахъ съ минеральными удобрениями на надѣльныхъ земляхъ“ въ Вѣстникѣ Сельскаго Хозяйства за 1908 г., январь.

и на качество урожая. „Внутренняя часть зеренъ панихъ хлѣбныхъ растений состоитъ изъ клѣтокъ, содержащихъ много крахмала; промежутки между зернами крахмала заняты отчасти воздухомъ, отчасти же ссохнушою массою азотистыхъ веществъ; иногда, однако, азотистыхъ веществъ въ зернѣ бываетъ такъ много, что всѣ промежутки между крахмальными зернами выполняются ими почти сплошь. Въ обоихъ случаяхъ зерна отличаются между собою какъ снаружи, такъ въ особенности — и въ изломѣ: при маломъ количествѣ азотистыхъ веществъ они бываютъ мучнистыя, а при большомъ содержаніи ихъ — стекловидныя. Азотистыя удобрения, увеличивая въ зернахъ процентное содержаніе азотистыхъ веществъ, способствуютъ стекловидности зеренъ“ (Костычевъ „Ученіе объ удобрении почвъ“ стр. 66). Отмѣтимъ, впрочемъ, что связь между строеніемъ зерна и его стекловидностью недостаточно еще выяснена; но во всякомъ случаѣ несомнѣнно, что подъ влияніемъ азотистаго удобрения растенъ  $\frac{0}{100}$  бѣлковъ въ зернахъ, число зеренъ стекловидныхъ увеличивается на счетъ зеренъ крахмалистыхъ; это было неоднократно констатировано путемъ полевыхъ опытовъ для пшеницы, это хорошо извѣстно хозяевамъ культивирующимъ ячмень для пивоваренія—такой ячмень долженъ быть мучнистымъ въ изломѣ, а потому подъ него избѣгаютъ принять селитру. Это, конечно, случай специальный, въ большинствѣ же случаевъ увеличить содержаніе бѣлковъ въ зернахъ желательно. Пасколько это повышеніе можетъ быть значительнымъ видно напр. изъ опытовъ Kreuzler'a, въ которыхъ наблюдалось для пшеницы повышеніе съ  $16,3\frac{0}{100}$  до  $22,6\frac{0}{100}$  бѣлка въ зернахъ. Не останавливаясь далѣе на результатахъ полевыхъ опытовъ, для примѣра приведемъ результаты опытовъ въ песчаныхъ культурахъ, произведенныхъ у насъ въ 1896 году (С. М. Кузнецовымъ):

Кол. азота въ удобрении растенъ какъ:	1	2	4	6
Урожай зеренъ . . . . .	1.6	2.6	3.5	5.5
$\frac{0}{100}$ содержаніе азота. . . . .	1.46	1.50	1.85	2.00

т.-е. урожай повышался съ увеличеніемъ количества вносимаго азота, вмѣстѣ съ тѣмъ повышалось и  $\frac{0}{100}$  содержаніе бѣлковъ въ зернахъ.

Одностороннее внесение селитры изменяет также отношение зерна к соломе: хотя количество зерна абсолютно увеличивается, но прирост соломы идет еще в большей степени, и чем больше вносится в почву азота, тем отношение зерна к соломе становится менее выгодным; это довольно общее правило для полевых опытов. Из опытов Штупера оказалось, что если считать количество соломы пшеницы за 100, то без азотистого удобрения зерна будет 57%, при удобрении 47%; для ржи соответствующие цифры будут 62 и 53. Некоторые авторы возражают против обобщения выказанного положения; так, Вагнер говорит, что вышеуказанное отношение зерна к соломе при удобрении азотом зависит просто от способа внесения азотистых удобрений: они вносятся обыкновенно при начале развития растений, причем большая часть азота скоро используется, а ко времени образования зерна азота остается в почве немного, поэтому пропорционального прироста зерна и не должно замечаться. Чтобы доказать свое положение, Вагнер вносил селитру в различные фазы развития растений. Его опыты, действительно, подтверждают в известной мере справедливость его предположений; напр., опыт с овсом: если селитра внесена при посеве, то зерна получается 51 часть на 100 ч. соломы; если половина внесена при посеве, а половина после кущения, то зерна 53; если вся селитра внесена после кущения, зерна получилось 57, и, наконец, при внесении всей селитры перед созреванием, зерна получилось 64 части. Следовательно, внесением азота в последний период роста растений можно увеличить отношение зерна к соломе. По практически положению Вагнера не применимо вследствие необходимости внесения азотистых удобрений в начале роста растения, так как коэффициент использования удобрения тем меньше, чем оно поздно внесено; кроме того, неудобно разбрасывать удобрение при высоком стоянии хлеба; чтобы внесенное поздно удобрение подействовало, необходимо еще, чтобы вскоре после этого прошел дождь. Очевидно, с нежелательным уменьшением отношения между зерном и соломою практичнее бороться одновременным внесением других (фосфорнокислых) удобрений.

К числу неблагоприятных влияний азотнокислых удобре-

ній при одностороннемъ внесеніи надо отнести и то, что при употребленіи одной селитры созрѣваніе растеній можетъ запаздывать; кромѣ того, растенія богатыя бѣлковыми веществами скорѣе и чаще подвергаются дѣйствию ржавчины.

Въ нѣкоторыхъ (исключительныхъ) случаяхъ замѣчается даже пошженіе урожаяевъ отъ употребленія селитры. Въ сухое лѣто, напр., удобренные селитрой участки могутъ сильнѣе пострадать, чѣмъ неудобренные, такъ какъ на первыхъ сильнѣе развивается листва и почва сильнѣе иссушается, при чемъ возможно и излишнее повышение концентрации растворовъ въ почвѣ при обильномъ удобреніи. При избыткѣ удобренія и достаточной или избыточной влажности можетъ произойти полеганіе хлѣбовъ, вслѣдствіе взаимнаго затѣненія сильно кустящихся растеній, которое обуславливаетъ малое развитіе древесины и недостаточную толщину клѣточныхъ стѣпокъ. Такимъ образомъ, комбинаціи различныхъ условій могутъ дать иной разъ отрицательные результаты при внесеніи азотнокислыхъ удобреній и съ этимъ необходимо считаться при примѣненіи селитры<sup>1)</sup>.

Во всякомъ случаѣ заботы о томъ, какъ избѣжать неблагопріятныхъ послѣдствій избыточнаго внесенія селитры (поле-

1) Нѣкоторое вліяніе на физическія свойства почвы вытекають не изъ первичныхъ свойствъ самой селитры, а изъ тѣхъ измѣненій, которыя вызываються дѣятельностью растенія, изъ такъ называемой „физиологической щелочности“ этой соли; такъ какъ растение беретъ кислоту (азотную) и оставляетъ основаніе (натръ), то среда окружающая корни обогащается постепенно щелочью, преимущественно углекислымъ натромъ (углекислота образующаяся при дыханіи корней, соединяется съ основаніемъ, оставшимся отъ селитры); эта щелочная реакція замѣтна въ водныхъ и песчаныхъ культурахъ, можетъ проявиться и въ почвахъ, но чѣмъ больше поглонительная способность почвы, чѣмъ больше въ ней органическихъ веществъ, тѣмъ меньше шансовъ наблюдать это побочное и неблагопріятное вліяніе щелочности. Интересно что если подвергать механическому анализу почву, удобренную селитрой, то получается разница въ быстротѣ осѣданія ила въ образцахъ взятыхъ до и послѣ произрастанія растеній: въ то время какъ жидкость въ цилиндрѣ съ взмученной почвой въ первомъ случаѣ уже станетъ прозрачной, параллельная проба во второмъ случаѣ (почва изъ подъ растенія) остается еще очень мутной, очевидно, вслѣдствіе образованія небольшихъ количествъ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (взаимнѣ  $\text{NaNO}_3$ ); прибавка соды къ почвѣ, не бывшей подъ растеніями уравниваетъ свойства жидкости въ обоихъ цилиндрахъ (см. характерныя фотографіи къ работѣ Krüger'a въ Landw. Jahrbücher Bd. 34, Taf. XVI).

ганіе и пр.) имѣють больше значенія для западно-европейскихъ хозяйствъ, нежели для нашихъ, такъ какъ у насъ высокія цѣны на селитру являются сами по себѣ хорошимъ предостереженіемъ отъ односторонняго ея примѣненія.

*Корнеплоды* очень отзывчивы на азотистое удобрение. Они требуютъ азота даже больше, чѣмъ хлѣба, и именно въ растворимой формѣ. Особенно замѣтна большая потребность въ азотистомъ удобреніи при повтореніи культуры ихъ на одномъ и томъ же участкѣ. Такъ хлѣба въ Ротамстедѣ при опытахъ съ 1844 г. по 1881 годъ дали урожай

	въ первую полови- ну срока опытовъ	во вторую полови- ну срока опытовъ
На участкахъ не получившихъ удобрения . . . . .	14.6	11.8
На участкахъ съ минеральнымъ удобрениемъ . . . . .	20.0	13.0
На участкахъ съ минеральнымъ и азотист. удобрен. . . . .	30.0	29.3

Пониженіе урожая злаковъ при отсутствіи азотистаго удобрения идетъ такимъ образомъ постепенно. Между тѣмъ, турнепсъ произростававшій на одномъ и томъ же мѣстѣ далъ слѣдующіе результаты:

въ 1843 году урожай былъ	10000	килогр.
” 1844 ” ” ”	5000	”
” 1845 ” ” ”	1700	”

т.-е., урожай его быстро падали <sup>1)</sup>; но азотистое удобрение повышало урожай турнепса въ большой еще мѣрѣ, чѣмъ урожай хлѣбовъ.

Урожай турнепса.

Безъ азота	13.558 klg.
Съ азотомъ	25.637 klg.

<sup>1)</sup> Это явленіе авторы опытовъ объясняютъ тѣмъ, что корнеплоды требуютъ вдвое или втрое больше азота, чѣмъ хлѣба, но трудно при этомъ учесть влияние побочныхъ причинъ, каковы напр. поврежденія отъ насекомыхъ, равнивающихъ при долговременной культурѣ корнеплодовъ на томъ же мѣстѣ.

У корнеплодовъ подѣ вліаніемъ азотистаго удобренія обыкновенно измѣняется отношеніе листьевъ къ корнямъ. Такъ, безъ удобренія листья свеклы составляли въ одномъ опытѣ 47% отъ вѣса корней, при удобреніи же селитрой 60%; въ другомъ опытѣ количество листьевъ возросло съ 34% до 51%. При внесеніи азотнокислыхъ удобреній замѣчается увеличеніе содержанія азота въ свеклѣ и картофелѣ. Въ одномъ опытѣ при слабомъ удобреніи содержаніе азота въ свеклѣ было 0.44%, при сильномъ азотистомъ удобреніи 0.70%; соотвѣтствующія цифры другого опыта 1.0% и 1.3%. Въ одномъ опытѣ напр. получилась свекловица слѣдующаго состава:

Въ сухомъ веществѣ содержалось %

При удобреніи селитрой азотист. вѣществ.	8.70;	сахара	52.45
На неудобренномъ полѣ	"	"	4.35
	"	"	67.30

Еще примѣръ:

	Урожай свеклы.	%	сахара въ сокѣ.
Безъ удобренія . . . .	20.725	кил.	15.2%
Селитры 20 п. . . .	28.160	"	14.3%
Селитры 30 п. . . .	33.363	"	14.2%

Съ картофелемъ получаютъ подобные же результаты.

Такимъ образомъ азотистыя удобренія, увеличивая урожай, повышаютъ содержаніе въ свекловицѣ и картофелѣ азотистыхъ веществъ (бѣлковыхъ и небѣлковыхъ) и нѣсколько понижаютъ содержаніе углеводовъ (крахмала и сахара). Въ виду того, что высокое содержаніе азотистыхъ веществъ въ заводскихъ сортахъ свекловицы нежелательно, не рекомендуется вносить большихъ количествъ азотистыхъ удобреній подѣ нихъ, тѣмъ болѣе, что одностороннимъ избыточнымъ удобреніемъ можно понизить содержаніе сахара и крахмала. Наоборотъ, подѣ кормовые сорта свеклы и картофеля можно смѣлѣе вносить азотистыя удобренія, такъ какъ повышеніе содержанія въ урожай бѣлковыхъ веществъ здѣсь только желательно.

Вышеупомянутыя слѣдствія односторонняго внесенія азота, какъ излишне развитая листва, малое содержаніе сахара (или крахмала), большое содержаніе азотистыхъ веществъ позволяютъ заключить, что мы имѣемъ въ этихъ случаяхъ

дѣло съ растениями недозрѣвшими; дѣйствительно, опытъ показываетъ, что избытокъ азотистаго питанія удлиняетъ періодъ развитія растений. Необходимо внести вмѣстѣ съ азотистыми удобрениями и другія (особенно фосфорнокислыя) для парализованія односторонняго дѣйствія ихъ; тогда можно достигнуть *повышенія урожая безъ пониженія качества*.

Упомянутые примѣры взяты изъ западно-европейской практики; у насъ же начинаетъ входить въ употребленіе не сплошное удобрение 10—20 пудами селитры, а *рядовое* (рядовое) удобрение сахарной свеклы малыми количествами, напр. 2—3-мя пудами; вотъ примѣръ изъ опытовъ Я. М. Жукова, констатировавшаго возможность внесения съ выгодой такихъ малыхъ дозъ въ цѣломъ рядѣ опытовъ:

	Безъ удобрения	Суперфосфатъ	Суперфосфатъ и селитра
Урожай. . .	100	120.1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	133.2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

(среднее изъ 10 опытовъ 1902; см. также у С. Л. Франкфурта, *Труссы съти* etc.).

Такимъ образомъ 2—3 пуда селитры при рядовомъ внесеніи даютъ приростъ въ нѣсколько разъ окупающей стоимостью удобрений, при томъ безъ пониженія качества, насколько позволяютъ судить имѣющіеся опыты. Вѣроятно, и здѣсь сказывается потребность растений въ усвояемомъ азотѣ ранней весной, а затѣмъ хорошо укоренившееся растение лучше обеспечиваетъ себя азотистой пищей въ видѣ образующихся по наступленіи теплаго времени нитратовъ. Способъ этотъ заслуживаетъ широкаго испытанія при различныхъ культурахъ, помимо свеклы<sup>1)</sup>.

Другія растения (рапсъ, макъ, табакъ) очень отзывчивы на азотистыя удобрения и выносятъ ихъ въ значительныхъ количествахъ, равно какъ и ленъ, хотя односторонній избытокъ азота можетъ дурно вліять на выходъ и качество волокна. Вообще, необходимо въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ соразмѣрить количество удобрения съ возможностью неблаго-

<sup>1)</sup> Нѣкоторыя данныя по технике рядового внесенія удобрения подъ картофель см. въ статьѣ Дояренко въ Вѣстникѣ С.-Хоз. за 1903 г., № 47-й; при этихъ опытахъ оказалось что, 3 п. селитры и 10 п. суперфосфата, внесенныя въ рядки дѣйствовали сильнѣе, нежели удвоенное количество удобрений внесенныхъ въ разбросъ.

приятнаго дѣйствія избытка азота на качество продукта, не говоря уже объ экономическихъ соображеніяхъ.

Азотнокислыя удобрения вліяютъ также и на составъ луговой смѣси. Въ опытахъ, произведенныхъ въ Ротамстедѣ Лоозомъ и Джильбертомъ, нормальная луговая смѣсь состояла изъ 6% бобовыхъ и 73% злаковыхъ растений; при удобреніи селитрой бобовыхъ стало 0.8%, а злаковъ 89%. Сильное повышеніе злаковъ при азотистомъ удобреніи понятно: бобовыя отъ внесенія азота ничего не выигрываютъ, для злаковъ же азотистое удобреніе безусловно полезно, такъ что шансовъ въ борьбѣ за существованіе у нихъ стало больше чѣмъ до внесенія удобрения<sup>1)</sup>.

При опытахъ на Жабенскомъ лугу нашей фермы, нами получены въ одномъ случаѣ такіе результаты:

Участки.	Безъ удобрения.	Удобренныя N (селитрой).	P (суперф.).	K (калнитъ)
Урожай. . . .	18 ф.	65	24	15 ф.
% бобовыхъ .	12%	5	8	24 %
% злаковыхъ .	53%	67	51	32 %

Итакъ, безъ подсѣва травъ мы часто можемъ однимъ поверхностнымъ удобреніемъ вліять на составъ луговой смѣси въ ту или другую сторону, смотря по характеру удобрения. (Последнія цифры, относящіяся къ калийному удобренію, указываютъ на большее значеніе для бобовыхъ минеральныхъ удобрений, чѣмъ азотистыхъ; дѣйствіе суперфосфата могло быть въ этомъ случаѣ нехарактернымъ влѣдствіе кислаго характера почвы).

Что касается *способа внесенія селитры*, то она непосредственно передъ внесеніемъ въ почву размалывается. Размалывать ее задолго до внесенія неудобно потому что она какъ вещество гигроскопическое можетъ смываться снова (особенно если при храненіи мѣшки окажутся давленіе другъ на друга). Говоря вообще, въ сухомъ климатѣ

<sup>1)</sup> Эти опыты относятся къ 60-мъ годамъ, слѣдовательно, предшествовали на четверть столѣтія открытію Гелльригеля, объяснившему такіе факты; рядъ другихъ наблюденій подобнаго рода, эмпирически установившихъ малую чувствительность бобовыхъ къ азотистымъ удобрениямъ, упоминается у Sachse, Lehrbuch d. Agriculturchemie, стр. 577 и слѣд.

полезно селитру не разбрасывать по полю въ видѣ поверхностнаго удобренія, а запахивать, или вносить съ помощью комбинированныхъ сѣялокъ рядовымъ способомъ. Иногда селитру смѣшиваютъ съ торфянымъ порошкомъ, пескомъ, сухой землей для болѣе равномернаго распредѣленія; но обычно въ этомъ вѣтъ надобности. Если вносятъ селитру и суперфосфатъ, то не рекомендуется смѣшивать эти удобрения задолго до внесенія, во избѣжаніе потерь азота<sup>1)</sup>. Примѣнять ее въ качествѣ поверхностнаго удобренія полезно тогда, когда запахать ее уже нельзя, напр., когда желаютъ весной поправить пострадавшіе озимые хлѣба. Запахать (или хотя бы инымъ способомъ смѣшать съ почвой, напр., съ помощью экстирпатора) селитру передъ посѣвомъ полезно, потому что она внесенная поверхностно способствуетъ образованію корки, особенно при слабомъ дождѣ, смачивающемъ только поверхностные слои почвы. Такая корка можетъ вызвать запаздываніе появленія всходовъ и иногда даже пониженіе урожая вмѣсто повышенія. Если же дождя вовсе не случится, то поверхностно внесенная селитра останется безъ дѣйствія.

Такъ какъ азотная кислота не поглощается почвой, то внесение всей дозы селитры осенью (напр. подъ озимые хлѣба), говоря вообще, не рекомендуется, потому что осеннія и весеннія воды могутъ выщелочить селитру еще не использованную растенями; если же хотять, чтобы селитра подѣйствовала и на кущеніе осенью и на плодоношеніе будущимъ лѣтомъ, то дѣлятъ на двѣ части назначенное количество удобренія, одна часть вносится осенью, другая — весной. Впрочемъ, Костычевъ полагаетъ, что „у насъ въ черноземной полосѣ можно ожидать лучшаго дѣйствія селитры отъ осенняго удобренія, но тоже поверхностнаго передъ самыми морозами. Въ черноземѣ влага въ вообще не проникаетъ глубоко и потому опасаться выщелачиванія нельзя. Раннее осеннее употребленіе было бы неудобно только потому, что озимое до морозовъ успѣло бы развиваться слишкомъ буйно“.

<sup>1)</sup> При храненіи такой смѣси кислотный характеръ суперфосфата вызываетъ выдѣленіе окисловъ азота; кромѣ прямыхъ потерь (улетучиванье) окислы эти вступаютъ въ реакцію съ клѣтчаткой, входящей въ ткань мѣшка, и мѣшки разрушаются, слѣдовательно, при перевозкѣ возможны потери отъ разсыпанія, и т. д.

(Костычевъ, „Ученіе объ удобр. почвъ“, стр. 72).<sup>1</sup> Такъ какъ подъ хлѣба селитра у насъ мало примѣняется, то для практики эти соображенія имѣютъ пока лишь второстепенное значеніе и серьезной провѣркѣ на опытѣ не подвергались.

Въ вышеизложенномъ мы имѣли въ виду преимущественно примѣненіе селитры къ растеніямъ полевой культуры, не касаясь болѣе интенсивныхъ культуръ, какъ огородная и садовая; здѣсь лишь отмѣтимъ, что для этихъ культуръ примѣненіе селитры облегчается какъ лучшей оплатой, благодаря большей цѣнности продуктовъ, такъ и болѣе благопріятными условіями для *местнаго* примѣненія удобрения, а такое примѣненіе позволяетъ понизить дозы удобрения (и повысить тѣмъ отношеніе между количествомъ затраченнаго удобрения и размѣромъ прироста урожая); при огородной культурѣ возможно не только рядовое внесеніе селитры, но внесеніе отдѣльной дозы подъ каждое растеніе, напр. подъ каждый будущій кочанъ капусты, подъ каждый кустъ ~~карто~~ картофеля<sup>1</sup>); далѣе, здѣсь возможно внесеніе удобрения не только при посадкѣ, но и позднѣе, путемъ введенія раствора селитры въ почву при поливкѣ (съ должными предосторожностями противъ образованія корки); та же поливка, обезпечивая отъ засухи, тѣмъ гарантируетъ болѣе вѣрную оплату внесеннаго удобрения.

Въ послѣднее время (передъ 1900 г.) обращено вниманіе еще на одно неблагопріятное обстоятельство при употребленіи недостаточно чистой продажной селитры, именно, вредное дѣйствіе примѣси къ ней хлорнокислаго кали  $\text{KClO}_4$ . Достаточно 1—2% этой соли въ селитрѣ для отравленія растеній; повидимому хлѣба (особенно рожь) чувствительнѣе въ этомъ отношеніи, чѣмъ напр. свекла, способная даже при 6%  $\text{KClO}_4$  въ селитрѣ вынести такое удобреніе не отмирая но, ограничившись лишь запазданіемъ въ появленіи и на численомъ развитіи всходовъ. Поэтому необходимо при покупкѣ требовать гарантіи какъ извѣстнаго содержанія азота, такъ и отсутствія вредныхъ примѣсей.

Нужно впрочемъ сказать, что страхъ отравленія растеній

<sup>1</sup> Такъ для картофеля имѣются указанія, что внесеніе 1 грамма ( $\frac{1}{4}$  золотника) селитры подъ каждый кустъ уже способно оказать замѣтное повышающее дѣйствіе на урожай. Лучше конечно одновременно съ селитрой вносить и другія удобрения.

хлорнокислымъ кали при удобреніи селитрой сталь въ значительной мѣрѣ уже достояншемъ прошлаго, такъ какъ разъ обращено было вниманіе на эту сторону, стали изслѣдовать на  $KClO_4$  разныя части залежей; оказалось, что содержаніе этого вещества не является общимъ, что при очисткѣ селитры возможно принять извѣстныя мѣры къ уменьшенію его содержанія въ конечномъ продуктѣ; сообразно этому анализы опытныхъ станцій за послѣдніе годы гораздо рѣже обнаруживаютъ содержаніе хлорнокислаго кали въ селитрѣ, чѣмъ лѣтъ 8—10 тому назадъ <sup>1)</sup>).

## 2. Прямое использование азота атмосферы въ цѣляхъ приготовленія азотистыхъ удобреній.

*Норвежская селитра* [ $Ca(NO_3)_2$ ] и *цианъ-амидъ кальція* ( $CN_2Ca$ ).

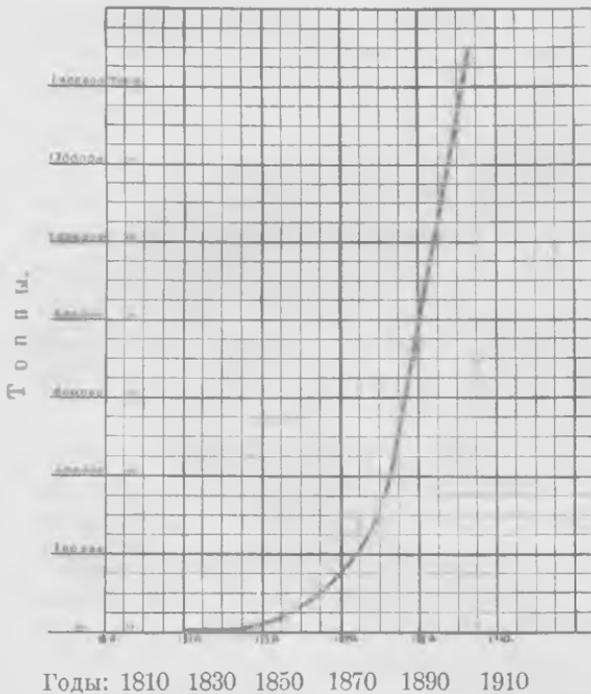
Какъ ни громадны казались залежи селитры въ Чили и Перу, но и они оказываются не въ состояніи долго выносить громаднаго экспорта, приближающагося теперь въ 100 милл. пудовъ въ годъ; по однимъ расчетамъ (Круксъ) уже въ 1925 году они должны истощиться, другіе полагаютъ, что чилийской селитры хватитъ еще до 1940 года; но такъ или иначе, не только надвигается вопросъ о томъ, чѣмъ будетъ замѣнена чилийская селитра въ будущемъ, но увеличивающійся спросъ и съ нимъ связанный подъемъ цѣнъ заставляютъ искать доступныхъ источниковъ азота уже и въ настоящемъ. Правда, кромѣ селитры на рынкѣ давно имѣется еще одно концентрированное азотистое удобрение, именно сѣрнокислый аммоній, получаемый при газовомъ (и коксовомъ) производствѣ, но его количества не таковы, чтобы видѣть въ немъ замѣну чилийской селитры.

Давно, конечно, извѣстно, что азотъ является преобладающей составной частью воздуха; по съ перваго взгляда мы не привыкли достаточно цѣнить всей громадности абсо-

<sup>1)</sup> Какъ доступное средство опредѣленія  $KClO_4$  используется способность этой соли (какъ и  $KClO_3$ ) выдѣлять кислородъ при нагрѣваніи до  $520^\circ$  и превращаться въ  $KCl$ , что сказывается прежде всего въ соответственной потерѣ въ вѣсѣ (см. Märcker, Landw. Vers. St., Bd. 52, стр. 84; тамъ же рисунки поврежденій, вызываемыхъ присутствіемъ  $KClO_4$  въ селитрѣ; см. также докладъ *Pellet*—въ трудахъ V Intern. Kongress für angewandte Chemie. т. III, стр. 754).

лутной величины этого запаса азота въ воздушномъ океанѣ, между тѣмъ, простой расчетъ показываетъ, что столбъ воздуха, находящійся надъ *одной только десятиной площади*, содержитъ около 5 милл. пудовъ азота, что отвѣчаетъ по количеству азота 30 милл. пуд. селитры, а *этого количества достаточно для покрытія годовой потребности цѣлой страны*, притомъ стоящей впереди всѣхъ другихъ по потребленію селитры, т.-е. Германіи, на которую приходится  $\frac{1}{3}$  всей ввозимой въ Европу селитры; слѣдовательно,

Рис. 3. Ростъ вывоза селитры.



въ столбъ воздуха, находящагося надъ площадью въ три десятины, содержится столько азота, сколько покушаетъ ежегодно въ видѣ селитры Европа.

Недоставало слѣдовательно лишь средства, которое позволило бы черпать изъ этого громаднаго запаса азота путемъ перевода его въ связанное состояніе, притомъ не столь экстенсивнымъ и косвеннымъ путемъ, какъ это имѣетъ мѣсто при культурѣ бобовыхъ, а путемъ болѣе бы-

стрымъ и дающимъ высокопроцентный продуктъ, удобный для сбыта и перевозки на большія разстоянія.

Въ концѣ концовъ для этой цѣли оказалась наиболѣе пригодной давно извѣстная, наблюденная еще въ 1783 году Savendish'емъ реакція, т.-е. соединеніе азота съ кислородомъ подъ влияніемъ электрической искры, но пришлось пройти длинный путь, прежде чѣмъ удалось поставить эту реакцію въ условія выгодныя технически. Не разъ наблюдалось и изучалось образованіе окисловъ азота въ вольтовой дугѣ

(Dewar 1880, Crookes 1892, Perot et Coupier 1895), особенно полно по сравненію съ предыдущими авторами проведено было окисленіе азота (при добавленіи достаточнаго количества кислорода) въ работѣ Raileigh, имѣвшей слѣдствіемъ открытіе аргона. Въ 1898 г. Круксъ, констатировавъ предстоящее истощеніе чилийскихъ залежей и связанную съ этимъ опасность для земледѣлія (въ связи съ ростомъ населенія), увидѣлъ въ опытахъ Райлея указаніе на возможность техническаго разрѣшенія вопроса о добываніи азотной кислоты изъ воздуха, а въ Ниагарскомъ подопадѣ—тотъ источникъ, который позволитъ осуществить это добываніе въ экономическо выгодныхъ условіяхъ („Starvation may be averted through laboratory“).

Въ 1902 г. основалось общество (Atmospheric Product Company) для утилизаціи части Ниагары (150,000 лошадиныхъ силъ) въ этихъ цѣляхъ при помощи аппаратовъ предложенныхъ Bradley и Lovejoy; такой аппаратъ представляетъ изъ себя барабанъ, несущій радіально расположенные платиновые электроды на внѣшней поверхности, и одѣвающій его цилиндръ, несущій такіе же электроды на внутренней поверхности. При токѣ высокаго напряженія сближающіеся при вращеніи одного изъ цилиндровъ электроды даютъ дождь искръ, вытягивающихся, погасающихъ, вновь возникающихъ между другими сближающимися электродами; въ пространство между обоями цилиндрами вдувается воздухъ, часть котораго и идетъ на образованіе окиси азота; здѣсь имѣлось въ виду, что при искрахъ (дугахъ) возможно большей длины, возможно малаго поперечнаго сѣченія, увеличенная поверхность соприкосновенія дастъ большіе выходы, чѣмъ вольтова дуга обычнаго типа; если съ этой стороны ожиданія оправдались, то самые аппараты оказались дорогими и нестойкими при непрерывной работѣ, такъ что въ 1904 г. дѣятельность этого завода на Ниагарѣ прекратилась.

Почти одновременно съ этимъ въ Фрейбургѣ начали подобныя опыты Kowalski и Moscicki, но только норвежскимъ изслѣдователямъ, профессору Birkeland'у и инженеру Eyde удалось разрѣшить поставленную задачу въ формѣ нашедшей приложеніе въ грандіозныхъ размѣрахъ.

Въ 1904 г. Birkeland сдѣлалъ наблюденіе, что если электроды помѣстить между полюсами электромагнита, то при

постоянномъ токѣ вольтова дуга отклоняется въ одну сторону, давая полукругъ, въ тоже время получается рѣзкій звукъ, напоминающій свистокъ паровоза разной высоты, смотря по числу вибраціи; при переменномъ же токѣ дуга вибрируя въ обѣ стороны даетъ пламя въ видѣ полного свѣтящагося ея диска. (См. рис. 4-й и 5-й).

Этимъ явленіемъ Биркелэндъ воспользовался, чтобы заставить вольтову дугу, не ослабляя ея, соприкасаться съ большимъ объемомъ воздуха; вмѣстѣ съ инженеромъ Eyde онъ построилъ электрическую печь, въ которой электроды (состоящіе изъ мѣдныхъ трубокъ, чтобы ихъ можно было охлаждать токомъ воды), отстоящіе другъ отъ друга на 8 мм., даютъ дискъ пламени въ 1,8 метра діаметромъ, располагающійся въ узкой полости печи (2 метра высотой и 8 сант.

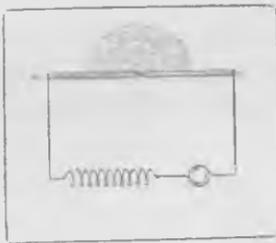


Рис. 4.

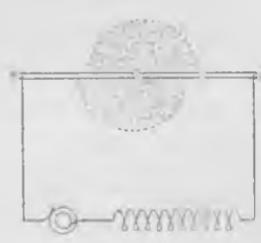


Рис. 5.

шириной), въ плоскости перпендикулярной къ линіи, соединяющей полюсы электромагнита; въ эту полость постоянно вдувается воздухъ подвергающійся нагрѣванію <sup>1)</sup>

Температуру пламени въ своей печи Birkeland и Eyde опредѣляютъ приблизительно въ 3000°, выходящіе же газы имѣютъ температуру около 600°, слѣдовательно, только  $\frac{1}{5}$  вдуваемого воздуха подвергается непосредственному дѣйствию вибрирующей дуги, а  $\frac{4}{5}$  служатъ для удаленія и быстрога

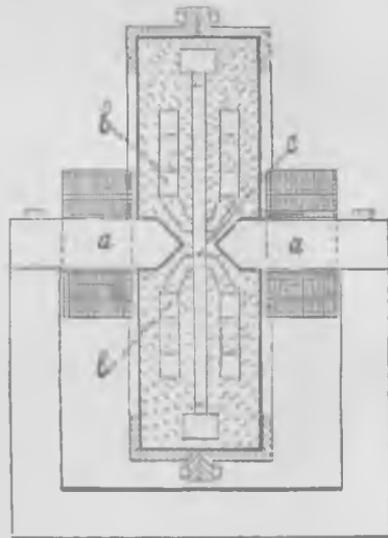
<sup>1)</sup> Печи строятся изъ огнеупорнаго матеріала, работаютъ по долгу требуютъ мало надзора; электроды работаютъ по 300 часовъ, затѣмъ ихъ приходится мѣнять. Заводъ въ Notodden'ѣ располагалъ въ 1907 г. 30,000 лошадиныхъ силъ (водопады Swelgfos, Rjukanfos и др.). Подробности см. у Grandeaun, Annales de la science agronomique, 1906, въ докладѣ Birkeland'a, напечатанномъ въ трудахъ VIII межд. конгресса по сельскому хозяйству (Вѣна, 1907); см. также статьи проф. И. А. Каблукова въ Вѣстникѣ С.-Х. за 1907 г. №№ 1—3 (и 1906 г., №№ 15—18).

охлажденія окиси азота, при медленномъ охлажденіи наклонной диссоціровать. Дѣло въ томъ, что при обыкновенной температурѣ окись азота (NO) если и образуется то въ ничтожномъ количествѣ (по теоретическому расчету 1:10,000,000), при повышеніи  $t^{\circ}$  образованіе ея становится болѣе замѣтнымъ, достигая при  $3000^{\circ}$  до 5% отъ объема воздуха; если бы температура понижалась затѣмъ постепенно, то такъ же постепенно разложилась бы вся окись азота, при быстромъ же ея удаленіи изъ печи и охлажденіи удастся предупредить разложеніе; въ этомъ смыслѣ вдуванія избытка воздуха въ печи Биркеланда.

Выходящіе газы содержатъ 1,06% NO, что отвѣчаетъ приблизительно 5% отъ той ихъ части, которая подверглась непосредственному дѣйствію высокой температуры. Чтобы использовать тепло все-таки еще горячихъ газовъ ( $600^{\circ}$ ), ихъ проводятъ подъ паровые котлы, или подъ резервуары, гдѣ долженъ вышариваться растворъ готовой селитры, послѣ чего газы охлаждаются до  $200^{\circ}$ , а послѣ прохожденія черезъ особый холодильникъ — до  $50^{\circ}$ ; затѣмъ они поступаютъ въ окислительныя башни со стѣнками изъ кислотоупорнаго матеріала,

гдѣ постепенно происходитъ превращеніе окиси азота черезъ поглощеніе кислорода воздуха въ двуокись:  $\text{NO} + \text{O} = \text{NO}_2$ . Далѣе газы поступаютъ въ поглотительныя башни, построенныя изъ гранита и наполненныя кусками кварцита, по которымъ навстрѣчу газамъ течетъ вода; подъ влияніемъ воды двуокись азота даетъ азотную и азотистую кислоты:  $2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HNO}_3 + \text{HNO}_2$ <sup>1)</sup>. Азотная кислота, будучи

Рис. 6. Схематическій разрѣзъ печи.



а — электромагнитъ, б — электроды, с — полость печи.

<sup>1)</sup> Такъ идетъ реакція на холоду; при дѣйствіи же теплой воды получается только азотная к. и окись азота:  $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ .

хорошо растворима въ водѣ, увлекается ею; азотистая же склонна распадаться, давая опять окислы азота ( $2\text{HNO}_2 = \text{NO}_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ ), которые при дальнѣйшемъ пути въ

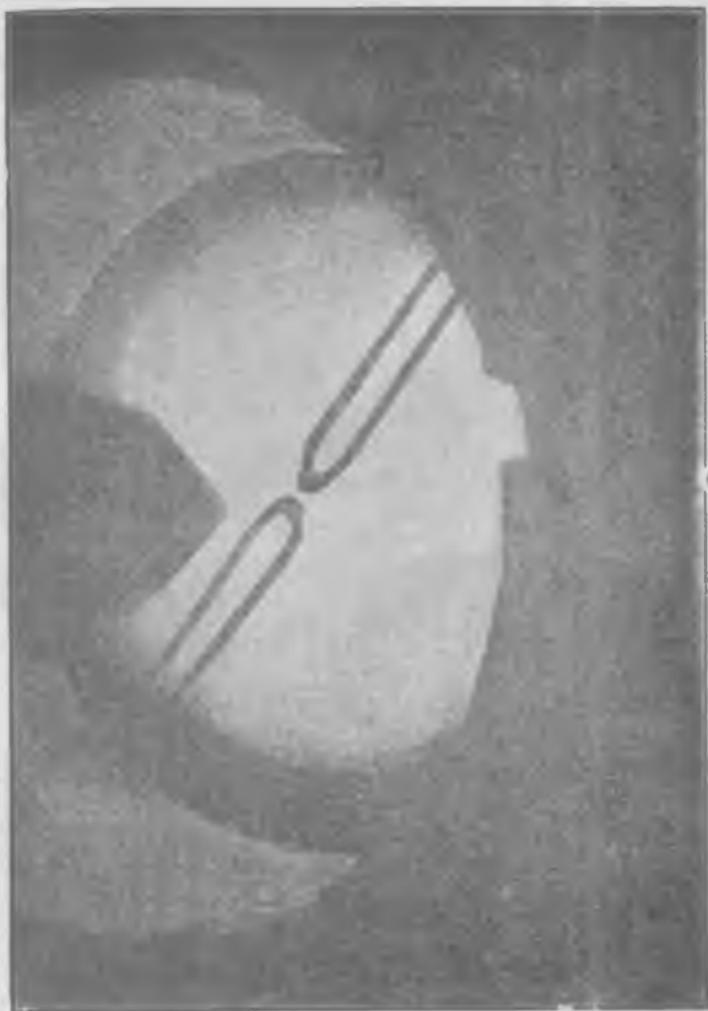
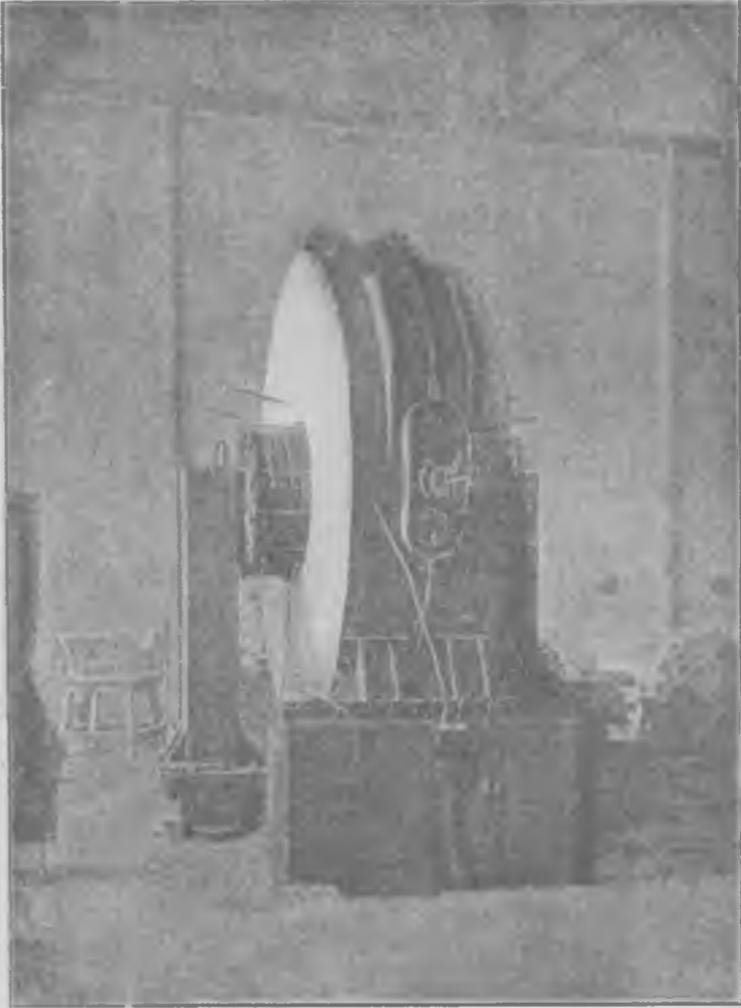


Рис. 7-й. Дугообразные электроды и дискъ пламени.

поглотительныхъ башняхъ встрѣчая кислородъ и воду опять дадутъ въ большей своей части азотную кислоту.

Воду, содержащую азотную кислоту, заставляютъ повторно циркулировать въ башняхъ поглощенія, пока растворъ азотной кислоты не достигнетъ концентраціи въ 40—50%;

газы же прошедшие через рядъ поглотительныхъ башенъ съ циркулирующей водой, пускаютъ въ заключеніе въ башню, гдѣ циркулируетъ известковое молоко, чтобы не потерять остатка непоглощенныхъ окисловъ <sup>1)</sup>.



Гис. 8. Наружный видъ печи Биркеланда.

<sup>1)</sup> При этомъ имѣетъ мѣсто реакція:  $4\text{NO}_2 + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ; чтобы использовать и эту смѣсь въ цѣляхъ получения только азотной кислоты, дѣйствуютъ на нее готовой  $\text{HNO}_3$ , которая вытѣсняя азотистую даетъ газообразные продукты ея распада,  $\text{NO}_2$  и  $\text{NO}$ ; ихъ опять проводятъ черезъ всю серію башенъ.

Наибольше дешевымъ матерьяломъ для нейтрализаціи азотной кислоты является  $\text{CaCO}_3$ , поэтому кислый растворъ проводить въ гранитные бассейны, содержащіе куски известняка, при чемъ методически регулируютъ циркуляцію раствора такъ, чтобы на свѣжій известнякъ поступалъ уже нейтрализованный растворъ, а свѣжій растворъ попадалъ сначала на остатки известняка нераствореннаго при предыдущемъ соприкосновеніи съ растворомъ; затѣмъ растворъ азотнокислаго кальція сгущается выпариваніемъ до тѣхъ поръ, пока точка кипѣнія не повысится до  $145^\circ$ , что отвѣчаетъ 75—80%  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ; содержащая 13,2—13,5% N, эта масса выливается въ бочки, гдѣ затвердѣваетъ при охлажденіи и въ такомъ видѣ поступаетъ въ продажу. Можно также доводить выпариваніе только до  $120^\circ$ , затѣмъ оставлять кристаллизоваться и центрифугированьемъ отдѣлять кристаллы отъ жидкости. Чтобы уменьшить гигроскопичность кальціевой селитры, готовятъ еще основную азотнокислую известь, путемъ прибавки къ горячему раствору известнаго количества  $\text{CaO}$ ; такой продуктъ содержитъ около 9% азота.

Что касается стоимости производства „норвежской“ селитры, то при началѣ функціонированія завода въ Notodden'ѣ считали, что тонна обходится на мѣстѣ въ 72,3 кроны, а продается (сообразно содержанию N въ 13,2% и оцѣнкѣ этого азота по цѣнѣ N чилийской селитры) по 145,2 кроны, а затѣмъ надѣялись еще удешевить производство; отсюда ясно, что норвежская селитра будетъ конкурировать съ чилийской съ уснѣхомъ, но отсюда еще далеко до пониженія цѣнъ на рынкѣ—нужно чтобы производство кальціевой селитры достигло большихъ размѣровъ и конкуренція заводовъ заставила бы ихъ устанавливать цѣны (сообразныя со стоимостью производства, а не руководясь цѣной азота въ чилийской селитрѣ).

Дѣйствіе чистаго  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  на растенія конечно не должно уступать дѣйствию чилийской селитры, даже можно предполагать, что на почвахъ съ малой поглотительной способностью оно можетъ быть выше, такъ какъ здѣсь нѣтъ той ясно выраженной фізіологической щелочности (вмѣсто  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  въ почвѣ останется  $\text{CaCO}_3$ ), да и наличность извести для почвъ бѣдныхъ цеолитной частью можетъ имѣть нѣкоторое поло-

жительное значеніе<sup>1)</sup>. Нѣкоторое сомнѣніе было высказано лишь по поводу того, что норвежская селитра, кромѣ нитрата  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  можетъ содержать ещё нитритъ  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ , а есть указанія, что азотистокислыя соли вредны для проростковъ. Однако эти указанія сдѣланы на основаніи наблюдений въ водныхъ культурахъ, въ почвѣ можно предполагать совсѣмъ иное такъ какъ въ нормальной почвѣ изобилуютъ микроорганизмы, превращающіе нитриты въ нитраты (*Nitrobacter*). Дѣйствительно, опыты произведенные Stutzer'омъ въ Германіи<sup>2)</sup> и Grandeau во Франціи показали, что не только примѣсь нитрита, но даже чистый нитритъ не вредитъ растеніямъ, если онъ внесенъ въ почву до посѣва; мало того, при этихъ условіяхъ дѣйствіе нитритовъ на ростъ почти не отличается отъ дѣйствія нитратовъ; очевидно, превращеніе въ болѣе окисленную форму протекаетъ въ нормальной почвѣ очень быстро.

Затѣмъ нужно отмѣтить, что по мѣрѣ усовершенствованія техники добыванія селитры въ Нотоденѣ, она можетъ получаться въ болѣе чистомъ видѣ, чѣмъ сначала.

---

Азотъ воздуха можетъ быть использованъ не только для приготовления азотной кислоты, но также и продуктовъ неокисленныхъ, содержащихъ азотъ въ формѣ цианистыхъ, амидныхъ и амміачныхъ соединеній.

Еще въ 40 годахъ истекшаго столѣтія Бунзенъ показалъ, что если пропускать азотъ черезъ раскаленную смѣсь угля и щелочей, то образуются цианистыя соединенія; въ 1869 г. Бертелло получилъ цианистый водородъ, пропуская электрическую искру черезъ смѣсь ацетилена съ азотомъ, имѣются и другія указанія изъ разныхъ періодовъ на возможность связыванія азота съ углеродомъ и водородомъ, но только послѣ того какъ была найдена и усовершенствована динамомашинна (Сименсъ), послѣ того какъ работами Moissan'a (1894) указаны были пути для технического добыванія карбидовъ, (съ помощью опять-таки электрической энергіи),—

---

<sup>1)</sup> См. *Sebelien*. Düngungsversuche mit verschiedenen Salpetersorten (Landw. Versuchs. St. Bd. 35).

<sup>2)</sup> *Stutzer*, Die Wirkung von Nitrit auf Pflanzen (Journal für Landwirtschaft Bd. 54).

только тогда оказалось возможнымъ поставить опыты въ большихъ размѣрахъ съ использованиемъ азота атмосферы для получения цианистыхъ соединенийъ.

Frank и Саго въ Берлинѣ начали такія работы въ 1895 г.; они показали, что расплавленный углеродистый барій даетъ цианистый барій, если черезъ него пропускати азотъ, совершенно согласно уравненію:  $BaC_2 + N_2 = Ba(CN)_2$ , но карбидъ кальція, болѣе доступный по цѣнѣ (его меньше требуется вслѣдствіе меньшаго атомнаго вѣса Са по сравненію съ Ва) велъ себя не совсѣмъ согласно съ ожиданіями, именно, онъ давалъ не цианистый кальцій, а соединеніе, содержащее однимъ атомомъ угля менѣе, такъ называемый *цианамидъ кальція*:  $CaC_2 + N_2 = CaCN_2 + C$ .

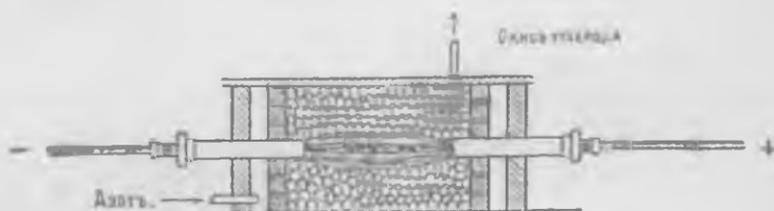


Рис. 9-й. Печь для добыванія цианъ-амида.

Frank сдѣлалъ предположеніе, что продуктъ присоединенія азота къ карбиду будетъ имѣть непосредственное значеніе для сельскаго хозяйства въ качествѣ удобрения; подтвержденіе этого онъ увидѣлъ въ томъ фактѣ, что цианамидъ при нагрѣваніи съ водой подъ давленіемъ цѣликомъ переходитъ въ углекислый аммоніи:  $C(NH)_2 + 3H_2O = (NH_4)_2CO_3$ ; или  $CN_2Ca + 3H_2O = 2NH_3 + CaCO_3$ . Опыты удобрения цианамидомъ вполне подтвердили предположеніе Frank'а о возможности примѣнять непосредственно сырой продуктъ, безъ всякой подготовки, лишь съ соблюденіемъ известныхъ предосторожностей, о которыхъ будетъ рѣчь ниже.

Въ технику можно получить цианъ-амидъ двумя путями, именно или брать готовый карбидъ кальція, или брать тѣ матеріалы, изъ которыхъ онъ получается, т. е. негашеную известь и уголь; при помѣщеніи ихъ въ электрическую печь (см. рис. 9-й) и при пропусканіи азота получается сначала  $CaC_2(CaO + 3C = CaC_2 + CO)$ , а затѣмъ присоединяется азотъ, давая съ выдѣленіемъ одного атома углерода  $CaCN_2$ ; полу-

чается такимъ образомъ смѣсь цианъ-амида кальція съ углемъ (еще могутъ быть примѣшаны непрореагировавшіе части взятыхъ матеріаловъ), содержащая чаще всего около 18—20% N, вмѣсто 35%, какъ долженъ бы содержать чистый  $\text{CaCN}_2$ . Болѣе удобнымъ оказался способъ, основанный на пропусканіи азота въ готовый карбидъ, предварительно расплавленный. Для выдѣленія азота воздухъ пропускается черезъ накаленные мѣдныя стружки, поглощающія кислородъ (см. рис. 10-й) или же, что оказывается болѣе удобнымъ, азотъ получаютъ фракціонированной перегонкой жидкаго воздуха (азотъ перегоняется раньше кислорода) и только для окончательнаго удаленія слѣдовъ кислорода пропускаютъ азотъ черезъ мѣдныя стружки.

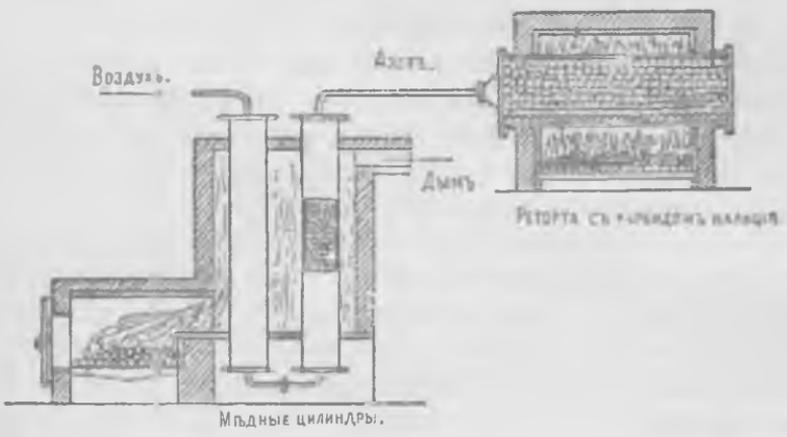


Рис. 10-й. Приготовленіе цианъ-амида при помощи карбида кальція.

Замѣтимъ, что названіе *цианъ-амидъ* дано интересующему насъ продукту въ предположеніи, что суммарная формула  $\text{CN}_2\text{H}_2$  (или  $\text{CN}_2\text{Ca}$ ) скрываетъ за собой группировку  $\text{N}=\text{C}-\text{NH}_2$  (или соответственно  $\text{N}=\text{C}-\text{N}=\text{Ca}$ ); но той же элементарной формулѣ отвѣчаетъ также симметричное расположеніе  $\text{NH}=\text{C}=\text{NH}$ , съ соответственнымъ продуктомъ замѣ-

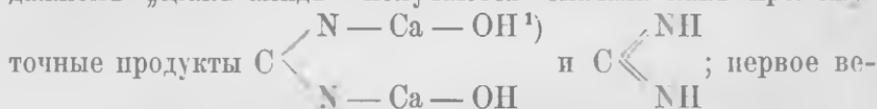
щенія кальціемъ  $\text{C} \begin{matrix} \diagup \text{N} \\ \diagdown \text{N} \end{matrix} \text{Ca}$ ; отвѣчающее этой формулѣ веще-

ство должно сы получить названіе *карбимида* (точнѣ карбо-

ди-имида), при чемъ и названіе и формула указываютъ на ясное родство такого вещества съ карбамидомъ (мочевиной):



Всѣ превращенія, которыя легко происходятъ съ нашимъ веществомъ подѣ влияніемъ бактерій, скорѣе говорятъ за второе толкованіе, такъ что названіе „карб-имидъ“ было бы вѣроятнѣе названія „ціанъ-амидъ“, по послѣднее является уже общепринятымъ. При дѣйствіи воды на продуктъ замѣщенія водорода кальціемъ, содержащійся въ продажномъ „ціанъ-амидѣ“ получаютъ сначала какъ промежу-

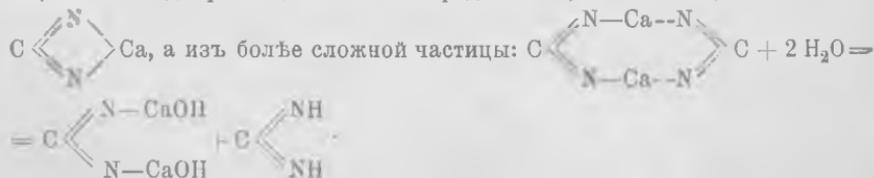


щество даетъ красивые игольчатые кристаллы, которое остается въ растворѣ; оба продукта способны распадаться при дальнѣйшемъ воспріятіи  $\text{H}_2\text{O}$ , какъ и мочевина съ образованіемъ въ концѣ концовъ амміака и углекислоты (или  $\text{NH}_3$  и  $\text{CaCO}_3$ ), отчасти же изъ промежуточнаго продукта  $\text{NH}=\text{C}=\text{NH}$  образуется его полимеръ, диціанъ-ди-амидъ  $(\text{CN}_2\text{H}_2)_2$ ; послѣднее обстоятельство является весьма существеннымъ при разсмотрѣніи вопроса объ удобреніи ціанъ-амидомъ, такъ какъ диціанъ-ди-амидъ вреденъ для растений.

Если выщелачиванье производить теплой водой, то диціанъ-ди-амида образуется больше; точно также присутствие большихъ количествъ углекислоты, а особенно—свободныхъ гумусовыхъ кислотъ способствуетъ образованію этого нежелательнаго продукта.

Въ нормальной почвѣ, при энергичной работѣ бактерій, преобладаетъ распадъ до амміака и углекислоты; поэтому

<sup>1)</sup> Такой ходъ распада легче представить, если исходить не изъ 2



если вносить цианъ-амидъ, за 1—2 недѣли до посѣва, то онъ оказываетъ хорошее дѣйствіе на послѣдующій ростъ, не вредя всходамъ. Напротивъ, въ почвахъ торфяныхъ и песчаныхъ, бѣдныхъ бактеріями, больше шансъ образованія вредныхъ продуктовъ, могущихъ отравлять всходы; точно также при поверхностномъ удобреніи могутъ происходить нежелательныя явленія; поэтому, *цианъ-амидъ не является удобрениемъ столь универсальнымъ какъ селитра*, онъ скорѣе приближается къ сѣрнокислому амміаку, который примѣнять рискованно также на торфяныхъ и песчаныхъ почвахъ, хотя и по другой причинѣ (физиологической кислотности). Насколько вліяетъ срокъ посѣва, родъ почвы (а частью и родъ растенія) на большую или меньшую вѣроятность поврежденія всхожести отъ цианамиды видно между прочимъ изъ слѣдующаго опыта Haselhof'a (Landw. Jahrb, т. 34):

Посѣвъ послѣ внесенія удобрения черезъ:	0	8	14	21	28 дней
Всхожесть для горчицы . .	75%	97%	92%	95,5%	96,0%
Всхожесть для клевера . .	93,0	89,5	90,0	95,5	92,0
Тоже, по въ пескѣ . . . .	0	35	88	95	94,5

Эти данныя получены при внесеніи цианамиды въ количествѣ 0,025% отъ вѣса почвы, что представляетъ въ сущности большую дозу, около 40 п. на десятину при смѣшеніи съ 4-хъ верхковымъ слоемъ почвы (или 20 п., при смѣшеніи съ 2-хъ верхковымъ слоемъ); даже при невѣроятныхъ въ практикѣ удвоенныхъ противъ этого дозахъ 8 дневный промежутокъ былъ достаточенъ для нормальной почвы (но не для песка).

У насъ въ опытахъ 1906 года не наблюдалось вреднаго вліянія цианамиды на всходы даже въ томъ случаѣ, если посѣвъ производится непосредственно послѣ внесенія удобрения; положительное дѣйствіе его на растеніе было весьма энергичнымъ какъ видно изъ слѣдующихъ опытовъ съ гречихой:

		Безъ удобренія.	Селитра.	Ціанъ- амидъ.
1. На суглинкѣ:	зерно . . . .	3,2	18,8	18,4 гр.
	весь урожай.	8,5	44,8	42,6 "
2. На подзолѣ:	зерно . . . .	1,8	14,0	16,0 "
	весь урожай.	5,5	33,5	33,5 <sup>1)</sup>

При опытахъ 1907 года точно также въ большинствѣ случаевъ дѣйствие было благоприятно, но на песчаной почвѣ, а особенно въ чистомъ пескѣ, сказалось вредное дѣйствие ціанъ-амида; вотъ нѣкоторые примѣры:

	Безъ азота.	Селитра.	Ціанъ-амидъ.
Урожай овса на суглинкѣ.	15,7	32,1	31,1 гр.
„ горчницы на песчаной почвѣ . . .	3,6	6,5	0,05 „
„ ячмень въ чистомъ пескѣ . . . . .	1,0	16,0	0 „

Рис. 11-й. Песчанья культуры.



Селитра. Безъ азота. Ціанъ-амидъ.

Опыты послѣдняго рода (въ песчаныхъ культурахъ) произведены были намеренно, чтобы наблюдать отравленіе ціанъ-амидомъ; оно оказалось гибельно не только при первомъ, но и при второмъ посѣвѣ въ тѣ же сосуды новыхъ растений черезъ больший промежутокъ времени (см. рис. 11-й). Повидимому, горчица обнаруживаетъ при этомъ большую чувствительность, чѣмъ хлѣба.

Весьма обширный рядъ опытовъ по сравненію ціанъ-амида съ другими источниками азота произвелъ Вагнеръ (Дарм-

<sup>1)</sup> Къ этому опыту относится рисунокъ, помѣщенный на стр. 100-й, подробнѣе см. въ нашей статьѣ въ „Вѣстникѣ С. Х.“ за 1907 г. (№ 14); см. также работу Гедройца въ журналѣ „Опытной Агрономіи“ 1907 годѣ, стр. 183.

штадтъ) <sup>1)</sup>; на основаніи всей совокупности опытовъ онъ приходитъ къ заключенію, что если приростъ урожая отъ селитры принять за 100, то приростъ отъ равнаго количество азота въ ціанъ-амидъ будетъ въ среднемъ равенъ 90; если же дѣйствіе азота въ  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  принять за 100, то для ціанъ-амида получимъ 95. Эти данныя относятся къ умѣреннымъ дозамъ удобреній; при высокихъ же дозахъ ціанъ-амидъ будетъ уступать селитрѣ и сѣрнокислому амміаку еще въ большей мѣрѣ, какъ это видно изъ слѣдующаго пригѣра:

Урожай зерна при	1,5 gr.	2,25 gr.	3,00 gr.	N на сосудѣ.		
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ :	54,7	" 66,4	" 68,6	"		
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	54,7	" 66,0	" 72,0	"		
CN <sub>2</sub> Ca	{	на суглин-				
		кѣ:	46,4	" 51,5	" 28,2	"
		на песча-				
		ной почвѣ:	32,8	" 0,9	" 0 <sup>2)</sup>	"

Кромѣ опытовъ удобренія Вагнеръ произвелъ еще рядъ лабораторныхъ изслѣдованій надъ ціанъ-амидомъ; между прочимъ обнаружилось, что если оставить порошокъ ціанъ-амида лежать тонкимъ слоемъ на воздухѣ, то наблюдается постепенная потеря азота, черезъ три мѣсяца достигающая 70% отъ первоначальнаго его количества; очевидно, влага воздуха дастъ возможность образованія амміака, который и улетучивается (тѣмъ болѣе, что продажный амидъ имѣетъ щелочную реакцію отъ избытка извести); замѣтимъ однако, что эта часть опытовъ Вагнера стоитъ въ противорѣчій съ наблюденіями Mintz'a, у котораго потери были незначительны (Annales de Institut agronomique, 1907); вѣроятно въ опытахъ Вагнера были какія-то особыя условія, не отмѣченные авторомъ. Далѣе Вагнеръ нашелъ, что азотъ ціанъ-амида труднѣе переходитъ въ амміакъ, чѣмъ азотъ мочевины, а окончательное превращеніе въ азотъ нитратовъ происходитъ медленнѣе, чѣмъ въ случаѣ сѣрнокислаго аммонія; вѣроятно, побочные продукты распада, вредно дѣйствующіе на высшія

<sup>1)</sup> См. его обирный отчетъ въ Landw. Versuchstationen. Bd. LXVI, 1907.

<sup>2)</sup> Урожай зерна безъ N (но съ K и P) для этихъ почвъ колебался отъ 2 до 4 гр.

растения, вредят и деятельности бактерий, если концентрация переходит за известный предѣлъ.

Такъ какъ продажный цианъ-амидъ представляетъ изъ себя тонкій, легко пылящій порошокъ, то его при разбрасываніи удобно смѣшивать съ небольшимъ количествомъ земли; Müntz смѣшивалъ также съ каинитомъ, не наблюдая потерь; но если смѣшивать съ суперфосфатомъ, то, по Вагнеру, происходитъ разогрѣваніе и потери азота въ количествѣ около 5% отъ исходнаго <sup>1)</sup>.

Изъ сказаннаго понятно, что цианъ-амидъ требуетъ болѣе детальнаго знакомства со свойствами новаго удобрительнаго вещества, болѣе осторожности, чѣмъ въ случаѣ „норвежской“ селитры, къ которой почти цѣликомъ примѣнимъ весь многолѣтній прежній запасъ наблюденій, произведенныхъ надъ дѣйствіемъ чилийской селитры <sup>2)</sup>.

1) Впрочемъ и здѣсь имѣются наблюденія иного характера; какъ Fascetti не наблюдалъ при такомъ смѣшеніи потерь азота, и рекомендуетъ эту мѣру, какъ устраивающую щелочность цианъ-амида (*Fascetti*, „Sull'azione di alcuni concimi sulla calciosianamide“, Труды VI Конгресса по прикладной химіи).

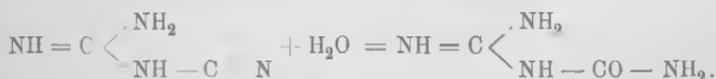
2) Изученіе продажнаго „цианъ-амида“ съ химической стороны въ настоящее время (начало 1908 г.) еще продолжается и рано было бы дѣлать какія-либо окончательные выводы или обобщать наблюденія и приписывать все воздѣйствія нечистаго продукта цианъ-амиду въ собственномъ смыслѣ. Въ этомъ отношеніи интересны указанія Pozzoli (*Ricerche sulla calciosianamide*, Atti del VI Congresso di chimica applicata) работа котораго вышла уже послѣ окончанія нашего очерка о цианъ-амидѣ и изъ которой мы лишь здѣсь можемъ заимствовать слѣдующее: вредное дѣйствіе при поверхностномъ удобреніи можетъ зависѣть помимо свойствъ самого  $C(NH)_2$  отъ присутствія сѣристыхъ соединений (попадающихъ изъ угля), отъ наличности  $CaCl_2$ , дающаго съ водой ацетилентъ (къ которому многія растенія чувствительны), также еще щелочности, зависящей частью отъ наличности свободнаго  $CaO$ , а еще болѣе отъ разложанія  $CN_2Ca$  при соприкосновеніи съ водой на  $C(NH)_2$  и  $Ca(OH)_2$  (при титрованіи водной вытяжки изъ продажнаго продукта щелочность отвѣчаетъ 96% наличнаго  $Ca$ ). Чтобы отличить вредное дѣйствіе указанныхъ веществъ отъ дѣйствія собственно  $C(NH)_2$  и сопутствующихъ азотистыхъ продуктовъ Pozzoli поставилъ цѣлью выдѣленіе и изученіе ихъ въ отдѣльности. Онъ описываетъ нѣкоторыя реакціи и отчасти способы количественнаго опредѣленія цианъ-амида и дицианъ-диамида (который оказывается по строенію цианъ-гуанидиномъ); такъ, второй отличается отъ перваго растворимостью въ спирту и способностью давать въ кислотѣ растворѣ ( $HNO_3$ ) съ  $AgNO_3$  осадокъ, растворимый въ амміакѣ; цианъ-амидъ въ свою очередь даетъ въ щелочномъ растворѣ осадокъ состава  $CN_2Ag_2$ , нераствори-

### 3. Сѣрноокислый амміакъ.

Хотя амміачныя соли встрѣчаются въ природѣ, по въ небольшихъ количествахъ; эти естественные источники амміачныхъ солей замѣтнаго практическаго значенія не имѣютъ; въ большихъ же количествахъ получается сѣрноокислый аммоній преимущественно какъ отбросъ нѣкоторыхъ заводскихъ производствъ, или же добывается понутно изъ городскихъ нечистотъ при приготовленіи пудретовъ. При прежнемъ способѣ приготовленія пудретовъ нечистоты отстаивались въ бассейнахъ; изъ осадка дѣлали пудреть, а жидкость спускалась прочь. Но, въ виду высокаго содержанія амміака въ ней, стали отгонять амміакъ при дѣйствіи извести, улавливая его въ сѣрную кислоту. Одинъ кубическій метръ жидкости даетъ около 10 килограммовъ сѣрноамміачной соли (1%). При болѣе совершенной утилизаціи подвергаютъ отгонкѣ съ известью нечистоты, не прибѣгая къ продолжительному оставленію твердыхъ веществъ, связанному съ потерями амміака при разложеніи, а затѣмъ уже остатокъ отъ перегонки используютъ для приготовленія пудрета.

Другой крупный источникъ сѣрноамміачной соли есть газовое производство. Каменный уголь содержитъ отъ  $\frac{1}{2}\%$  до  $1\frac{1}{2}\%$  азота. При сухой перегонкѣ его (въ ретортахъ) часть азота получается въ отгонѣ въ видѣ воднаго раствора амміака, преимущественно углекислаго, часть же амміака уносится газообразными продуктами; при промывкѣ свѣтильнаго таза водой въ ней собираются значительныя количества

мый въ амміакъ. Переходъ одной формы въ другую, быстро идущій при дѣйствіи горячей воды, медленно все-таки идетъ и на холоду, даже подъ вліяніемъ гигроскопической влаги. При дѣйствіи разведенныхъ кислотъ дицианъ-диамидъ присоединяетъ воду:



Послѣднее вещество при гидратаціи въ щелочномъ растворѣ даетъ мочевины, углекислоту и амміакъ; способность мочевины давать въ свою очередь углекислоту и амміакъ общеизвѣстна; такимъ образомъ намѣчается путь распада отъ дицианъ-диамида до простѣйшихъ продуктовъ. Кромѣ названныхъ продуктовъ въ „дианъ-амидѣ“ находится еще азотистый кальцій  $\text{Ca}_3\text{N}_2$ , способный также давать амміакъ подъ вліяніемъ воды.

амміака, въ различныхъ соединеніяхъ, какъ это видно изъ слѣдующихъ анализовъ (граммы на литръ):

	I	II	III	IV
Сѣрнокислаго аммонія	0,46	0,86	1,32	0,19
Хлористаго . . . . .	30,49	7,12	3,74	14,23
Углекислаго . . . . .	4,56	7,68	3,12	39,16
Двууглекислаго . . . . .	1,05	1,47	2,45	—
Сѣрнистокислаго . . . . .	—	1,63	5,03	2,80
Сѣристаго . . . . .	0,34	0,65	6,22	3,03
Роданистаго . . . . .	—	—	—	1,80

Иногда прямо употребляютъ газоваы воды на удобреніе (близь завода), или выпариваютъ ихъ съ прибавкой сѣрной кислоты, но это связано съ слишкомъ большимъ расходомъ на топливо, поэтому лучше подвергать ихъ перегонкѣ съ известью и улавливать амміакъ сѣрной кислотой тогда получается продуктъ болѣе чистый. Надо замѣтить, что очистка здѣсь нужна еще и потому, что при сухой перегонкѣ угля часть азота его превращается въ синеродистыя и роданистыя соединенія, обычно напр., въ этихъ случаяхъ получается роданистый аммоній, соль ядовитая для растений (10 килограммовъ роданистаго аммонія достаточно для того, чтобы отравить всю растительность на пространствѣ 1 гектара). Обыкновенно отъ роданистыхъ соединеній сѣрноамміачная соль бываетъ окрашена въ розовый цвѣтъ (отъ соприкосновенія съ стѣнками желѣзныхъ сосудовъ), что и служитъ уже отчасти указаніемъ на необходимость испытанія соли на чистоту.

Чистая сѣрноамміачная соль содержитъ 21.21% азота; продажная соль содержитъ обычно около 20% азота. Иногда процентъ азота значительно ниже приведеннаго, въ особенности, если при приготовленіи былъ взятъ избытокъ сѣрной кислоты, такъ что образуется кислая сѣрноамміачная соль  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ . Примѣсь такой соли, помимо меньшаго содержанія азота, нежелательна еще и потому, что благодаря кислой реакціи она вредна сама по себѣ растениямъ (также развѣдаетъ мѣшки при храненіи).

При разсмотрѣніи поглотительной способности почвъ было указано, что амміакъ хорошо поглощается, а потому пѣтъ

основаній опасаться вносить его съ осени; въ этихъ случаяхъ амміакъ постепенно будетъ переходить въ азотную кислоту и постепенно усвояться растеніями. Однакоже и при внесении амміака по мѣрѣ нитрифицированья азотъ отчасти все-таки переходитъ въ дренажныя воды, хотя конечно гораздо медленнѣе, чѣмъ въ случаѣ селитры.

Вотъ данныя одного анализа дренажныхъ водъ:

1. Безъ удобренія	18,7 klg. N	въ дренаж. водахъ за годъ			
Удобрено:					
2. 224 klg. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	25,1	"	"	"	"
3. 448	31,7	"	"	"	"
4. 672	47,6	"	"	"	"

Два послѣднихъ случая являются уже примѣрами избыточнаго внесенія удобренія, но во всякомъ случаѣ, при употребленіи селитры эти потери были бы вдвое или втрое большими.

Переходъ амміачныхъ солей въ нитраты совершается тѣмъ легче, чѣмъ (до извѣстныхъ предѣловъ) выше температура и влажность, чѣмъ больше нитрифицирующихъ бактерій и чѣмъ болѣе обезпечена нейтрализаціи (чаще всего при помощи  $\text{Ca CO}_3$ ) образующейся азотной и остающейся сѣрной кислоты (если мы внесли  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ).

Такъ, въ одномъ опытѣ Вагнера съ огородной почвой нитрификація введеннаго амміака заканчивалась въ зависимости отъ условій опыта въ такіе сроки:

	Съ прибавкой $\text{CaCO}_3$ .	Безъ $\text{CaCO}_3$ .
Въ холодномъ помѣщеніи. . . . .	60 дней	72 дня.
Въ тепломъ " . . . . .	12 "	24 "

Въ извѣстныхъ условіяхъ амміакъ можетъ быть непосредственно использованъ растеніями; такъ мы видимъ, что въ заболоченныхъ почвахъ нѣтъ условій, благоприятствующихъ переходу амміака въ азотную кислоту, однако же растенія растутъ на нихъ и питаются азотомъ, очевидно, амміачнымъ.

Въ опытахъ Müntz'a при искусственномъ устраниеніи воз-

возможности перехода аммиака въ азотную кислоту<sup>1)</sup> растенія развивались хорошо въ почвѣ; въ песчаныхъ же культурахъ, въ присутствіи сѣрнокислаго аммиака тоже самое болѣе рельефно наблюдалось въ опытахъ Коссовича<sup>2)</sup>. Необходимымъ условіемъ успѣха такого опыта является наличность основанія, которое связывало бы сѣрную кислоту, остающуюся въ избыткѣ послѣ использования растеніемъ аммиака: нужно имѣть въ виду, что растеніе требуетъ гораздо больше азота, чѣмъ сѣрной кислоты, поэтому сѣрнокислый аммоній есть соль *физиологически-кислая*. Въ опытахъ Mazé и Коссовича, при соблюденіи стерильности, аммиакъ хорошо использовался (*не хуже селитры*) потому, что въ первомъ случаѣ вводился мѣлъ, а во второмъ — гидратъ окиси желѣза въ качествѣ нейтрализующаго вещества; при несоблюденіи этого условія накапливающаяся сѣрная кислота губитъ растеніе; простой пробой на лакмусъ не трудно убѣдиться, что получается очень кислая реакція среды. Этимъ очевидно и объясняются раньше наблюдавшіеся неблагоприятные результаты для солей аммонія въ качествѣ источника азота. Этимъ же объясняется съ другой стороны разнообразіе результатовъ отъ удобренія селитры и съ аммиакомъ въ полевыхъ опытахъ: что обыкновенно аммиакъ оказывается хуже селитры, понятнo пзъ вышеизложеннаго, но иногда онъ оказывается лучше ея; можно думать, что въ этомъ случаѣ азотная кислота (продуктъ нитрификаціи) и сѣрная (оставшаяся свободной) дѣйствуютъ какъ растворители на минеральную часть почвы (между прочимъ фосфаты) и такимъ образомъ къ прямому вліянію присоединяется благоприятное косвенное; если кислотность все-таки въ концѣ концовъ будетъ нейтрализованана, то и можетъ получиться лучший эффектъ отъ аммиака, нежели отъ селитры. Неблагоприятныя вліянія, кромѣ избыточной кислотности, могутъ иногда зависѣть отъ обратной причины: если мы вносимъ сѣрнокислый аммоній въ почву

---

1) Müntz достигалъ этого пагрѣваніемъ почвы до 90°C, при чемъ нитрифицирующіе ферменты гибнутъ, а образованіе аммиака, вызываемое болѣе стойкими формами, и послѣ этого не прекращается.

2) См. журналъ Опытной Агрономіи, 1901, стр. 625; въ томъ же томѣ рефератъ работы Mazé (оригиналъ въ Annales de l'Institut Pasteur, 1900). См. также работу Krüger'a въ Landw. Jahrbücher 1905. (Bd. 34), стр. 760 и Taf. XIII—XVI.

состоящую главнымъ образомъ изъ углекислой извести, то прежде чѣмъ наступитъ нитрификація, возможно, при сухой погодѣ, образование углекислаго амміака, вызывающаго замѣтную щелочную реакцію, особенно при слабой поглочительной способности почвъ. Поэтому на сухихъ известковыхъ (мѣловыхъ) почвахъ не совѣтуютъ примѣнять соли амміака въ значительныхъ количествахъ.

Хотя переходъ азота изъ формы не окисленной въ окисленную и не является безусловно необходимымъ съ точки зрѣнія общепфизиологической, тѣмъ не менѣе этотъ переходъ считается очень желательнымъ, такъ какъ замедленіе его указываетъ на нежелательныя условія для бактеріальныхъ процессовъ въ почвѣ; кромѣ того при питаніи растений амміачнымъ азотомъ больше риска отъ неблагоприятныхъ побочныхъ вліяній, чѣмъ при питаніи  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .

Было много попытокъ сравнить дѣйствіе солей амміака и азотной кислоты, какъ удобрительныхъ веществъ и найти цифровое выраженіе ихъ относительному достоинству. Сравниваются, конечно, не равныя количества той и другой соли, а равныя количества азота въ нихъ. По даннымъ Вагнера, если принять эффектъ отъ дѣйствія селитры за 100, то для азота амміака онъ будетъ по опытамъ съ пшеницей 97, въ случаѣ ячменя — 79, для картофеля 82, для моркови 90. У Будрина получилось для пшеницы и овса 90, ржи 80<sup>1)</sup>. По данныя эти непостоянны; такъ тотъ же Вагнеръ при опытахъ болѣе позднихъ получилъ коэффициенты колеблющіеся преимущественно около 75%, Clausen же получилъ около 100%.

Кромѣ причины ранѣе названной, вызывающей большей частью эти колебанія (физиологической кислотности сѣрнокислаго аммонія), разница дѣйствія солей амміака и азотной кислоты зависитъ отчасти отъ распредѣленія удобрительнаго матеріала. Селитру можно распредѣлять болѣе грубо, она распредѣлится далѣе сама вмѣстѣ съ почвенной влагой, амміакъ же, какъ вещество поглощаемое почвой, образуетъ въ ней при внесеніи островки большей концентраціи, что обусловливаетъ неравномѣрность дѣйствія удобрения. Затѣмъ быть можетъ не лишено значенія, что амміакъ охотнѣе потреб-

<sup>1)</sup> См. его книгу: „Искусственныя удобрения“ etc., Варшава 1898 г.

ляется грибами и бактеріями почвы, нежели селитра, быть может это иногда понижает нѣсколько размѣръ дѣйствія амміачныхъ солей. Насколько относительное достоинство этого удобрения зависитъ отъ почвы, показываетъ слѣдующій примѣръ: на торфянистой почвѣ сѣрноокислый амміакъ далъ въ опытахъ Вагнера только 28% эффекта, сравнительно съ азотомъ селитры; явленіе это видимо зависѣло оттого, что сѣрноокислый амміакъ есть соль фізіологически кислая и по мѣрѣ усвоенія  $\text{NH}_4$  освобождающаяся кислота не связывается въ торфянистыхъ почвахъ основаніями (за ихъ отсутствіемъ) и тѣмъ увеличиваетъ кислотность торфянистыхъ почвъ, которая угнетающимъ образомъ дѣйствуетъ на растенія. Дѣйствительно, у Вагнера при внесеніи въ такую почву известіи амміакъ далъ до 90% отъ дѣйствія N азотной кислоты.

Отсюда видно, что сѣрноокислый аммоній, будучи на почвахъ нормальныхъ удобрениемъ близкимъ по дѣйствію къ селитрѣ, на почвахъ песчаныхъ и торфяныхъ сильно ей уступаетъ, а даже иногда можетъ оказать отрицательное дѣйствіе.

На десятину употребляется при разбросномъ посѣвѣ 12 пуд. и болѣе сѣрноокислаго амміака, смотря по роду растенія, почвы, и по соображеніямъ экономическимъ. Лучше амміачное удобрение запахивать, такъ же какъ и селитру, для болѣе равномернаго распредѣленія и болѣе вѣрнаго дѣйствія.

У насъ конечно представляли бы и извѣстный интересъ опыты рядового удобрения сѣрноокислымъ амміакомъ, въ меньшихъ дозахъ (быть можетъ въ комбинаціяхъ съ костью, фосфоритомъ), если бы благодаря существующей пошлинѣ (82 к. съ пуда) сѣрноокислый аммоній не былъ поставленъ въ условія еще худшія чѣмъ селитра и потому, можно сказать, пока совершенно исключенъ (для большинства случаевъ) изъ числа удобрительныхъ веществъ доступныхъ для нашего хозяйства.

#### 4. Отложенія и отбросы органическаго происхожденія.

*Гуано.* Гуано представляетъ удобрение, содержищащее вмѣстѣ съ азотомъ и фосфорную кислоту. Оно представляетъ скопленіе изверженій морскихъ птицъ, подобныя тѣмъ, какія образуются въ наше время, если изверженія птицъ за-

щищены отъ дѣйствія дождя, напр., подъ крышами. Гуано образовалось въ южныхъ странахъ, на берегахъ и островахъ южной Америки, гдѣ дожди бываютъ очень рѣдко и гдѣ крыша поэтому была не нужна. Морскія птицы, изъ экскрементовъ которыхъ образовалось гуано, питаются преимущественно рыбой и, отличаясь прожорливостью, откладываютъ массу экскрементовъ. Считаютъ приблизительно, что население въ 600.000 морскихъ птицъ могли въ 5.000 лѣтъ отложить наблюдавшуюся въ Перу толщю гуано.

Пища этихъ птицъ богата азотомъ и фосфоромъ; еще въ большей мѣрѣ это относится и къ ихъ экскрементамъ, такъ какъ послѣ окисленія органическаго вещества переваримой части въ организмѣ при процессѣ дыханія на воздухъ выделяются только  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  (но не N и P, цѣликомъ переходящя въ выдѣленія); поэтому всегда экскременты относительно богаче азотомъ и золой, чѣмъ пища. Къ экскрементамъ птицъ отчасти примѣшиваются перья, кости, и другія постороннія вещества.

Впервые гуано стало употребляться въ Европѣ только въ этомъ столѣтн, но на мѣстахъ находенія примѣнялось туземцами издавна. Первые партии его отличались большимъ содержанiемъ азота, чѣмъ послѣдующя, такъ какъ эксплуатацію начали съ болѣе цѣнныхъ залежей (Перу), а по ихъ истощенiи перешли къ видамъ гуано менѣе богатымъ азотомъ. Перуанское гуано, очень рѣдко подвергалось дѣйствию дождей; другяе же виды, напр. Джервисъ, Бакеръ-гуано, подвергались значительному дѣйствию дождей, причемъ органическое вещество разлагалось, азотъ улетучивался въ видѣ  $\text{NH}_3$  и вымывался, а фосфорная кислота, связанная съ Са, оставалась на мѣстѣ, такъ что гуано, смачиваемое дождями, становится все болѣе и болѣе относительно богатымъ фосфорнокислой известью.

Азотъ въ экскрементахъ птицъ главнымъ образомъ находится въ формѣ мочевоы кислоты. Мочевая кислота въ гуано болѣе или менѣе разложилась съ образованiемъ аммака и щавелевоы кислоты, поэтому содержанiе въ гуано мочевоы кислоты и щавелевоы кислоты съ аммакомъ находится въ обратной зависимости. Вообще, содержанiе азота въ различныхъ сортахъ гуано колеблется въ значительныхъ предѣлахъ—отъ 4 до 20%. Примѣрный составъ гуано, непод-

вергавшагося выщелачиванію дождями (старого перуанскаго), таковъ:

Азота . . . . 15.3<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.  
 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  . . . 25.0<sup>0</sup>/<sub>0</sub> (или около 12<sup>0</sup>/<sub>0</sub>  $\text{P}_2\text{O}_5$ ).  
 Органическаго вещества 50—60<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Современное же гуано, изъ залежей подвергавшихъ вліянію дождей, содержитъ:

Азота . . . . 7—8<sup>0</sup>/<sub>0</sub> (или еще менѣе).  
 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  . . 20—40<sup>0</sup>/<sub>0</sub> (или 10—20  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) и болѣе.

Благодаря тому, что гуано содержитъ азотъ въ формѣ легко и постепенно переходящей въ амміакъ и азотнокислыя соли, это удобреніе не новышаетъ концентраціи раствора, и въ этомъ смыслѣ имѣетъ нѣкоторыя преимущества передъ селитрой (не говоря о содержаніи  $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

На рынкахъ З. Европы обращается еще такъ называемое *рыбное гуано*, которое представляетъ высушенные и измельченные остатки рыбъ. Иногда, какъ мѣстами въ Англии (Суссексъ), специально для этого ловятъ массами мелкую рыбу, сушатъ, толкутъ и употребляютъ для удобрения; тоже въ большихъ размѣрахъ издавна дѣлается въ Японціи. Чаще же пользуются отбросами рыбнаго промысла, напр., остатками отъ приготовленія сардинокъ (головки, внутренности); во Франціи существуютъ заводы, гдѣ на отбросы рыбнаго промысла дѣйствуютъ паромъ подъ давленіемъ чтобы удалить жиръ; затѣмъ эти отбросы отжимаются и полученные лепешки размалываются и сушатся. Нерѣдко съ той же цѣлью употребляются отбросы китобойнаго промысла послѣ выварки изъ нихъ жира; а въ нѣкоторыхъ мѣстахъ Западной Европы на гуано цотребляются даже ракообразныя.

Перечисленные виды гуано содержатъ кромѣ азота и фосфорную кислоту; въ среднемъ азота содержитсяъ отъ 7 до 8<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, а количество фосфорной кислоты тѣмъ болѣе, чѣмъ больше было костей въ гуано.

Близко къ описываемой группѣ удобрений стоитъ *пометъ домашнихъ птицъ*. Еще древніе придавали большое значеніе голубиному помету и употребляли его на удобреніе. Пометъ этотъ содержитъ въ сухомъ веществѣ 5—6<sup>0</sup>/<sub>0</sub> азота и

7—14% фосфорнокислой извести. Экскременты разныхъ домашнихъ птицъ не одинаковы по составу: гуси и утки, напр., даютъ продукты наиболѣе водянистыя, содержаніе до 75% воды и отъ  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{3}{4}$ % азота.

Насколько составъ этого рода удобрений зависитъ отъ происхожденія и храненія (примѣси песку, земли, содержанія воды), показываютъ подробнѣе слѣдующіе анализы.

	Г о л у б и .			К у р ы .		Утки.	Гуси.
	1.	2.	3.	1.	2.		
Воды . . . . .	22,4	45,7	58,0	61,0	60,9	46,6	77,0
Песку . . . . .	20,8	28,7	7,0	7,0	6,7	10,7	5,6
N . . . . .	5,0	1,4	2,0	0,7	0,6	0,7	0,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	1,8	1,1	1,2	2,0	2,0	1,5	0,4
Органич. в. . . . .	49,0	20,1	26,0	29,3	29,8	40,5	16,5

Кромѣ того, составъ изверженій зависитъ, конечно, отъ рода пицы, получаемой птицами.

Если эти матерьялы получаютъ въ небольшомъ количествѣ, то ихъ обыкновенно примѣшиваютъ къ компосту. При употребленіи въ отдѣльности, нужно заботиться о хорошемъ измельченіи матерьяла, для обезпеченія возможности равномернаго распредѣленія, иначе растенія на мѣстахъ переудобренныхъ могутъ выгорать. На десятину кладутъ отъ 40 до 100 и болѣе пудовъ (смотря по составу), имѣя въ виду значительную усвояемость N и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> въ этихъ удобренияхъ.

Иногда считаютъ возможнымъ примѣнять эти матерьялы и въ качествѣ поверхностнаго удобрения; но этотъ способъ связанъ съ вѣроятностью потерь азота, съ пониженіемъ коэффиціента использованья (особенно въ связи съ погодой, напр. съ отсутствіемъ дождей послѣ распредѣленія удобрения); поэтому предпочитаютъ запахивать, при чемъ важно позаботиться о равномерномъ распредѣленіи.

Какъ азотистыя удобрения употребляются различнаго рода отбросы животнаго происхожденія, въ особенно значительныхъ количествахъ доставляемыя бойнями большихъ городовъ въ видѣ костей, крови, нерѣдко цѣлыхъ тушъ. Напр., въ Парижѣ по Мюнцу получается около 500,000 пуд. сырой крови, въ Москвѣ свыше 300,000 пуд.

Обыкновенно кровь передъ употребленіемъ сушится, рѣдко (при полученіи въ небольшихъ количествахъ) употребляется въ дѣло прямо; тогда ее разводятъ водой и поливаютъ ею почву или же навозныя и компостныя кучи.

При сушкѣ крови, въ тѣхъ мѣстахъ гдѣ имѣются альбуминовые заводы, альбуминъ выдѣляется изъ кровяной сыворотки, какъ таковой, сгустокъ же идетъ на приготовленіе кровяной муки. Если же полученіе альбумина не имѣется въ виду, то кровь цѣликомъ нагрѣвается водянымъ паромъ, причемъ бѣлки свертываясь осѣдаютъ; жидкости (бѣдной азотомъ) даютъ стечь, остающаяся масса сушится, перемалывается и идетъ въ продажу подъ названіемъ *кровяной муки*. При небольшихъ количествахъ крови ее можно сушить на воздухѣ, прибавляя по вѣсу 2—3% CaO съ цѣлью создать щелочную среду и тѣмъ предохранить массу отъ гниенія. Съ той же цѣлью прибавляютъ и другія вещества, напр.  $Fe_2(SO_4)_3$  (обыкновенно берутъ смѣсь  $FeSO_4$  съ  $H_2SO_4$  и  $NaNO_3$ ); образующіеся при этомъ сгустки отдѣляются лопатой и высушиваются безъ риска загниванія. Смотря по чистотѣ продукта, въ кровяной мукѣ получается около 2% азота и около 0,5—1% фосфорной кислоты. Выходъ сухой крови обычно близокъ къ  $\frac{1}{4}$  отъ вѣса сырой.

Иногда для цѣлей удобрения употребляется не только кровь, но и мясо, напр., полученное отъ животныхъ больныхъ или по другимъ причинамъ не идущихъ въ пищу (мясо лошадей), обыкновенно такое мясо послѣ выварки сѣхится и размалывается. Въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ (Южная Америка, Австралія), гдѣ скотъ дешевъ, въ большихъ размѣрахъ было возможно приготовленіе мясной муки, частью непосредственно, частью въ качествѣ побочнаго продукта при приготовленіи либиховскаго бульона. Мясная мука, ввозимая въ Европу, частью используется въ цѣляхъ кормленія, частью (въ случаѣ порчи) въ цѣляхъ удобрения (иногда смѣсь такихъ мясныхъ отбросовъ, костей, сухожилий обозначается именемъ гуано Fray-Bentos).

Вещества, образующія рога, копыта, также употребляются какъ азотистое удобрение. Для этой цѣли служатъ обычно остатки отъ производства различныхъ издѣлій изъ рога (гребней, пуговиць). Чистый рогъ богатъ азотомъ:—онъ содержитъ до 17—18% азота, но роговые отбросы сильно за-

грязнятся землею, пылью, костями, вслѣдствіе чего содержание азота понижается до 12%. Рогъ трудно поддается измѣненію и разложенію, поэтому для цѣлей удобренія его иногда обрабатываютъ паромъ подъ давленіемъ причеиъ получается стекловидная легко размалывающаяся масса съ значительной растворимостью; или же рогъ подогрѣваютъ (поджариваютъ), причеиъ онъ вспучивается, рыхлится и въ такомъ состояніи легко размалывается. Если нагрѣвать рогъ не выше той температуры, при которой идутъ указанные процессы, но не наступать обугливанье, то потеря азота бываетъ незначительна; даже бываетъ замѣтно повышеиіе % содержания азота, вслѣдствіе разрушенія части органическаго вещества.

Обрѣзки кожи, будучи измельчены, подъ именемъ кожаной муки также поступаютъ въ продажу, какъ удобрение; но эти материалы трудно разлагаются, въ особенности дубленая кожа; кромѣ того, въ нихъ содержится не такъ много азота (7—8%). Точно также шерстяные отбросы медленно разлагаются въ необработанномъ состояніи. При нагрѣваніи съ щелочами или при дѣйствіи пара при 5 или 6 атмосферахъ давленія получается изъ этихъ матерьяловъ масса довольно растворимая и гораздо легче разлагающаяся въ почвѣ.

Рога, копыта, шерсть, перья, благодаря тому, что они трудно перегниваютъ, въ цѣляхъ удобренія подвергаются иногда также химической переработкѣ. Для этого пользуются или дѣйствіемъ ѣдкихъ щелочей, или сѣрной кислоты, при этомъ сѣрная кислота послѣ переведенія азотистыхъ веществъ въ растворъ обычно нейтрализуется костяной мукой или минеральными фосфатами. По предложенію Э. Жирара для утилизаціи тушъ павшихъ животныхъ въ цѣляхъ удобренія при одновременной дезинфекціи поступаютъ такимъ образомъ. Туши кладутся въ деревянные обложенные свинцомъ ящики и обливаются крѣпкой сѣрной кислотой въ достаточномъ количествѣ. Черезъ сутки приблизительно туша растворяется и тогда вводятъ новую. Кислота можетъ переработать массу, равную  $\frac{3}{4}$  своего вѣса; дальнѣйшее дѣйствіе ея будетъ не энергично, вслѣдствіе разжиженія; послѣ обработки тушъ кислота содержитъ около  $1\frac{1}{2}\%$  азота. Отработавшую кислоту предлагается употреблять для приготовления суперфосфата.

Въ тѣхъ же цѣляхъ предлагается обработка тушъ щелочами, при чемъ дѣйствуютъ на нихъ на холоду известью, или подвергаютъ сухой перегонкѣ съ  $\text{Ca}(\text{HO})_2$  и небольшимъ количествомъ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  для получения амміака (Франція).

Получаемые въ хозяйствѣ отбросы этого рода чаще всего компостируютъ, при чемъ при переработкѣ роговыхъ, шерстяныхъ отбросовъ рекомендуется смѣшеніе ихъ съ щелочными веществами (известь, зола). Иногда примѣняютъ способъ подобный тому, какой предложенъ Энгельгардтомъ, для разложенія костей и который состоитъ въ томъ, что на каждые 10 п. органическаго вещества берутъ 2 п.  $\text{CaO}$  и  $1\frac{1}{2}$  п. поташу; смѣсь въ кадкѣ обливается достаточнымъ количествомъ воды и перемѣшивается. Послѣ разложенія матеріаловъ полученная студенистая масса смѣшивается съ торфомъ или перегноемъ или ихъ оставляетъ для избѣжанія потерь амміака.

Во всѣхъ упомянутыхъ матеріалахъ органическаго происхожденія азотъ находится въ формѣ непосредственно не усвояемой, почему они и должны предварительно подвергаться разложенію. Чѣмъ скорѣе идетъ этотъ процессъ разложенія, тѣмъ получаемый эффектъ удобренія выше. Мюнцъ удобрялъ почву разными вышеупомянутыми азотистыми матеріалами и получилъ слѣдующія цифры, характеризующія легкость перехода азота разныхъ органическихъ соединений въ усвояемую форму:

Количество $\text{HNO}_3$ въ почвѣ до удобренія . . . . .	5 mgr.
„ черезъ 4 мѣс. послѣ удобренія кожаной мукой	5 „
„ „ „ сушеной кровью	75 „
„ „ „ пудретомъ . . .	19 „
„ „ „ поджар. рогомъ.	84 „

Въ другой части ночи, полу-стерилизованной при  $90^\circ$  (во избѣжаніе перехода  $\text{NH}_3$  въ  $\text{HNO}_3$ ) получились слѣдующія количества амміака:

Количество $\text{NH}_3$ въ почвѣ безъ удобренія . . . . .	3.5 mgr.
„ послѣ удобренія кожаной мукой . . .	5.6 „
„ „ „ сушеной кровью.	29.2 „
„ „ „ пудретомъ. . . . .	15.0 „
„ „ „ поджарен. рогомъ	27.0 „

Съ легкостью перехода азота органическаго вещества разныхъ веществъ въ форму  $\text{NH}_3$  и  $\text{HNO}_3$  стоитъ въ полной параллельности ихъ дѣйствіе на растенія, изученное какъ путемъ полевыхъ опытовъ, такъ и въ искусственной обстановкѣ.

Вагнеръ на основаніи своихъ опытовъ даетъ такіе коэффициенты использованія азота разныхъ азотистыхъ удобреній: если принять эффектъ отъ азота селитры за 100, то для азота кровяной муки коэффициентъ приблизительно 60<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; для жмыховъ 60—70<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; костяная, рыбная мука 50—60 (по отношенію къ азоту); шерстяные отбросы 25<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; навозъ 25<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; кожаная мука—15<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

При повтореніи подобныхъ опытовъ Зигмондъ получилъ слѣдующія данныя:

	Изъ внесеннаго азота перешло въ растеніе:	Приростъ урожая по сравненію съ селитрой:	Тоже за 2 года <sup>1)</sup> .
Селитра. . . . .	65 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	100	100
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . . . . .	55 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	84	90
Роговая мука . . . . .	(58 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> )	(89)	(90)
Кровяная мука . . . . .	47 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	72	67
Навозная жлжа . . . . .	44 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	67	62
Зеленое   молодья раст.	38 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	58	69
удобрение   одревенѣвш.	28 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	43	—
Свѣжій навозъ   осенью.	21 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	32	49
весной.	17 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	26	41
Перепрѣвши   осенью.	17 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	26	50
навозъ   весной.	6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	9	42

Въ этомъ случаѣ положеніе роговой муки было не типичнымъ (выше обыкновеннаго) вѣроятно вслѣдствіе какихъ-либо особенностей подготовки.

Но эти коэффициенты не одинаковы при разныхъ условіяхъ и при разныхъ почвахъ. Напр., кровяная мука можетъ при нѣкоторыхъ условіяхъ—при большомъ количествѣ осадковъ и рыхлой почвѣ—имѣть коэффициентъ использованія даже больше 100 по сравненію съ селитрой. Такие случаи дѣйствительно наблюдались въ Японіи (Kellner). Въ такихъ

<sup>1)</sup> Здѣсь принято во вниманіе также дѣйствіе на второй годъ (Nachwirkung); см. работу Sigmond'a въ Landw. Vers. Stat, Bd. 59, 1904 г.

условіяхъ селитра быстро выщелачивается, кровяная же мука разлагается постепенно и постепенно освобождаетъ азотъ въ усвояемой формѣ, который поэтому не накапливается въ значительныхъ количествахъ и почти не выщелачивается, быстро потребляясь растеніями.

Жмыхи содержатъ отъ 5 до 7% азота и какъ удобрительное средство подходятъ нѣсколько къ животнымъ отбросамъ; обычно они идутъ въ кормъ, но если они попорчены или происходятъ отъ сѣмянъ, содержащихъ вредныя вещества (клевщина), то примѣняются какъ удобреніе. Въ частности клевиновый жмыхъ по своей болѣе дешевой цѣнѣ и способности легко разлагаться представляетъ большіе интереса въ этомъ отношеніи; въ одномъ изъ опытовъ получены были такіе приросты отъ азота жмыховъ по сравненію съ другими матеріалами (приростъ отъ селитры = 100):

Клевинов. жмыхъ	74—85%	Кровяная мука . . . .	77,1
Льняной . . . . .	79,6%	Кожаная м. (пареная). . .	6,3
Хлопчатниковый . . .	75,5%	Кожаная м. (необработ.) . .	0

Въ нашихъ опытахъ (въ сосудахъ) клевиновый жмыхъ также неоднократно давалъ очень хорошіе результаты, такъ въ 1907 году получилось въ опытахъ съ овсомъ:

	Безъ азота.	Селитра.	Клевиновый жмыхъ.	Махорочн. пыль <sup>1)</sup> .
Подзолъ съ фермскаго выгона. . . . .	3,3	17,3	14,4	14,4 gr.
Суглинокъ съ XII поля	15,7	32,0	23,1	28,5 „

<sup>1)</sup> Въ то время какъ за границей тщательно собираютъ всѣ отбросы, могущіе служить азотистымъ удобреніемъ и цѣнять ихъ по содержанию азота, въ Россіи до послѣдняго времени мало ими интересовались; однако теперь появляются нѣкоторые признаки, указывающіе на то, что и у насъ въ поискахъ за источниками азота начинаютъ придавать цѣнность такимъ отбросамъ, отъ которыхъ раньше не знали, какъ избавиться; какъ разъ это случилось, между прочимъ, для махорочной пыли въ Сычевскомъ уѣздѣ (сообщеніе И. А. Синягина); какъ отбросъ фабрики (получаемый въ количествѣ 3,500 пудовъ въ годъ) эта пыль раньше вывозилась вмѣстѣ съ разнымъ мусоромъ на свалки, пока одинъ крестьянинъ не воспользовался этой пылью для засыпки низины на пашнѣ; когда часть засыпаннаго мѣста попала подъ посѣвъ, то растенія пышнымъ ростомъ и темной зеленью отмѣтили присутствіе невольнаго удобрения,

Пользуясь вышеприведенными коэффициентами использования азота различных удобрительных веществ, для обычных условий всетаки являющимися средними, можно количество их для удобрения рассчитывать приблизительно, как, напр., в слѣдующемъ случаѣ. Пусть требуется опредѣлить количество навоза для удобрения, принимая, что навозъ содержитъ  $\frac{1}{2}\%$  азота и что въ данномъ случаѣ навозъ рассматривается только какъ азотистое удобрение. Такъ какъ селитра содержитъ 15% азота, то, при одинаковой усвояемости азота въ навозѣ и селитрѣ, навоза потребовалось бы въ 30 разъ больше, чѣмъ селитры; если послѣдней вносится въ почву 20 пуд., то навоза нужно было бы при этомъ допущеніи внести 600 пуд., но такъ какъ коэффициентъ использования азота навоза въ первый годъ равняется только 25%<sup>1)</sup>, (по отношенію къ азоту селитры), то для получения такого же эффекта, какой даютъ 20 пуд. селитры, навоза надо внести въ четыре раза больше или  $600 \times 4$ ; слѣдовательно, обычно вносимое количество навоза (2400 п.) является сильнымъ азотистымъ удобрениемъ для того года, въ которомъ оно вносится, да на слѣдующіе годы остается еще значительный запасъ азота (не говоримъ здѣсь о другихъ сторонахъ дѣйствія навоза).

#### 4. Зеленое удобрение; нитрагинь.

Къ непосредственному внесенію въ почву азотистыхъ удобрений близко примыкаетъ еще одинъ культурный приемъ, состоящій въ залаживаньи выращенной на мѣстѣ зеленой растительной массы; дѣйствіе этого приема, конечно, сложное,

по своей избыточности вызвавшего полеганіе. Этотъ невольный опытъ вызвалъ примѣненіе пыли какъ удобрения; опытомъ установили предѣлъ полезнаго дѣйствія (если положить въ 5 разъ меньше, чѣмъ навоза, то ростъ бываетъ пышнѣе, чѣмъ при обычномъ количествѣ навоза), созданъ спросъ на махорочную пыль, сначала ее продавали по 5 коп. за воль, затѣмъ цѣна увеличилась вдвое, вчетверо, теперь уже продаютъ по 12 к. за пудъ сухой пыли, при чемъ далеко не весь спросъ остается удовлетвореннымъ. По опредѣленіямъ нашей лабораторіи содержаніе азота въ двухъ присланныхъ образцахъ махорочной пыли было 2,5% и 1,5%.

1) 25% есть средній коэффициентъ, но отъ него возможны значительныя отклоненія, смотря по качеству навоза.

но стремленіе накопить въ почвѣ азотъ (культивируя бобовыя) настолько при этомъ преобладаетъ надъ остальными, что не будетъ большой натяжкой разсматривать зеленое удобреніе совмѣстно съ азотистыми удобрениями вообще; посѣвъ бобовыхъ на зеленое удобреніе мы и будемъ имѣть главнымъ образомъ въ виду, попутно лишь касаясь растений другихъ семействъ.

Кромѣ обогащенія почвы азотомъ на счетъ атмосферы можно отмѣтить слѣдующія послѣдствія этого приема:

1) Почва обогащается органическими веществами, столь важнымъ факторомъ въ дѣлѣ улучшенія физическихъ свойствъ ея (влагоемкость, прочность строенія).

2) При извѣстномъ выборѣ растений (напр. люпинъ) происходитъ переведеніе питательныхъ веществъ изъ соединений мало растворимыхъ въ формы болѣе доступныя для культурныхъ растений, не обладающихъ значительной усвояющей способностью корней (какъ напр. зерновые хлѣба); можетъ происходить затѣмъ перемѣщеніе питательныхъ веществъ изъ глубокихъ слоевъ въ верхній почвенный слой.

3) Для влажныхъ климатовъ можетъ быть не лишено значенія то обстоятельство, что занимающія паровое поле растения, улавливая нитраты, предохраняютъ ихъ отъ вымыванія обильными осадками.

4) Густо высѣваемая и скоро развивающаяся зеленая масса должна подавлять сорныя травы.

5) Но зеленое удобреніе расходуетъ значительныя количества влаги (на 1 единицу сухаго вещества 3.00 и болѣе единицъ воды), что въ сухихъ климатахъ можетъ играть рѣшающую роль при оцѣнкѣ этого приема (по крайней мѣрѣ при удобреніи озимыхъ).

При выборѣ растений важно обратить вниманіе на ихъ соотвѣтствіе съ климатомъ данной мѣстности, способность мириться съ малоплодородной почвой, глубину распространенія корней, на количество и составъ доставляемой растительной массы (‰ бѣлковъ), ея способность легко разлагаться, а также на длину вегетационнаго періода (чѣмъ короче, тѣмъ лучше), наконецъ, на стоимость обмѣненія десятины <sup>1)</sup>.

1) Попытка сопоставленія растений въ этихъ отношеніяхъ сдѣлана въ „Настольной книгѣ для русскихъ сельскихъ хозяевъ“, сост. Стебутомъ, Фадѣевымъ, Людоговскимъ и Чернозятовымъ, стр. 559. (Москва 1875).

Интересно, что практика прежняго времени отмѣтила въ качествѣ растений, подходящихъ для зеленого удобрения какъ разъ такія, которыя по позднѣйшимъ опытамъ оказываются обладающими значительной растворяющей способностью корней, какъ люпинъ изъ бобовыхъ, гречиха, горчица, сурѣнка, шпегель изъ другихъ семействъ. Изъ бобовыхъ также часто прибѣгаютъ къ вику, какъ растенію скоро развивающемуся, инкарнатному клеверу, иногда даже красному клеверу (напр., второй укосъ, если онъ не можетъ быть использованъ на кормъ); но люпины являются растениемъ, предназначаемымъ для данной цѣли по преимуществу, какъ по особенностямъ сильно развитой корневой системы, позволяющей имъ расти на малопродуктивныхъ песчаныхъ почвахъ, по количеству богатой бѣлками зеленой массы, такъ и по неудобствамъ скармливанья.

При посѣвѣ растений на зеленое удобрение сѣмена высѣваются густо, чтобы всходы носѣянныхъ растений глушили сорныя травы. Передъ цвѣтеніемъ или въ самомъ цвѣту растенія или скашиваются и запахиваются, или передъ запахиваніемъ прикапываются катками по направленію движенія плуга. Считаютъ, что запахка растений должна производиться именно во время цвѣтенія, когда азотистыя вещества въ растеніяхъ находятся въ формѣ наиболее доступной для разложенія; но накопленіе азота продолжается до начала созрѣванія плодонъ, такъ-что если зеленое удобрение назначается подъ яровое, то лучше не очень сѣбшить съ задѣлкой его. Вообще это правило о запахкѣ растений, предназначенныхъ на зеленое удобрение, въ періодъ цвѣтенія, слѣдовало бы подвергнуть болѣе тщательной экспериментальной провѣркѣ, такъ какъ отдѣльные случаи указываютъ на большія преимущества поздней запахки; напр. урожай ржи равнялся (центнеры по 6 пудовъ):

	Зеленое удобрение изъ:	желтаго	бѣлаго	синяго люпина.
Время запахки	{ 31 іюля	10,8	13,0	18,4 цент.
	{ 28 сент.	25,0	28,2	28,0 „

Конечно, этотъ опытъ относится къ условіямъ Германіи, гдѣ возможенъ поздній посѣвъ озимой ржи, затѣмъ онъ произведенъ былъ на легкой песчаной почвѣ при внесеніи ка-

лійнаго и фосфорнокислаго удобренія на всѣхъ участкахъ, такъ что азотъ былъ поставленъ въ рѣзко выраженное положеніе минимальнаго фактора <sup>1)</sup>).

Костычевъ высказалъ нѣкоторыя соображенія, почему важно растенія запахивать именно свѣжими, живыми. Живая растительная масса при запахиваніи разрушаетъ свои бѣлки, образуя амидосоединенія (какъ всегда растенія, лишеныя свѣта); это обстоятельство съ точки зрѣнія Костычева является важнымъ, какъ облегчающее переходъ азота въ форму усвояемую для растений; при запахиваньи же мертвой растительной массы для полученія этихъ продуктовъ надо ждать еще дѣйствія микроорганизмовъ. Проверки этихъ предположеній путемъ опыта въ большихъ размѣрахъ не было сдѣлано, но нѣкоторые опыты, сдѣланные у насъ (въ сосудахъ), говорятъ за то, что значительной разницы между дѣйствіемъ высушенной и невысушенной зеленой массы, запаханной въ почву, не оказывается <sup>2)</sup>. Такъ, урожаи яровой ржи на черноземѣ послѣ внесенія люцерны были слѣдующіе:

	Общая масса.	Зерно.
Удобрено свѣжей люцерной .	23,8—24,2	10,5—10,9 гр.
„ высушенной . . . .	21,5—24,9	10,0—10,9 „
„ безъ азота . . . .	3,4 гр.	1,5 гр.

Эффектъ зеленого удобренія слагается изъ вышеуказанныхъ вліяній его на почву. Въ черноземной полосѣ зеленое удобреніе можетъ давать даже отрицательные результаты, какъ это имѣло мѣсто, напр., на херсонскомъ опытномъ полѣ: если въ сухое лѣто послѣ скашиванія и запахиванія растительной массы высѣвается хлѣбъ (озимый), то почва является изсушенной и растенія страдаютъ. Если послѣ заделки растительной массы выпадетъ хорошій дождь, то, конечно, и здѣсь могутъ быть хорошіе результаты, но приходится разсчитывать на среднія метеорологическія условія данной мѣстности.

Но и помимо возможнаго изсушенія почвы, есть еще одно обстоятельство, дѣлающее зеленое удобреніе для черноземной

<sup>1)</sup> Biedermann's Centralblatt 1901, I.

<sup>2)</sup> См. Иавѣстія „Сельск.-Хоз. Инст.“ за 1901 годъ, „О зеленомъ удобреніи“, работа А. Л. Яковлева.

Россіи пріемомъ сомнительнаго значенія, это тотъ все чаще констатируемый фактъ, что черноземныя почвы при нормальной обработкѣ обычно не нуждаются въ азотѣ (или потребность въ немъ стоитъ не на первомъ планѣ); въ этихъ условіяхъ отпадаетъ главная положительная сторона и проявляются лишь отрицательныя стороны зеленаго удобренія (расходъ влаги, переходъ питательныхъ веществъ изъ формы легко доступной въ связанную съ органическимъ веществомъ), какъ это констатировано наир. въ опытахъ С. Л. Франкфурта <sup>1)</sup> съ зеленымъ удобреніемъ подъ свеклу:

	1903 г.	1904 г.	1905 г.
Безъ удобренія. . . . .	1566 п.	1334 п.	1783 п.
Зеленое удобреніе . . . . .	1530 "	1260 "	1658 "
Навозъ . . . . .	1689 "	1572 "	2111 "

Близкіе результаты получены Б. Н. Рожественским <sup>2)</sup>:

Урожай свеклы (въ берковцахъ)	Безъ удобренія.	Зеленое удобреніе.			
		Бобы.	Горохъ.	Люпинъ.	Горчица.
179	166	168	182	168	

Если для черноземной Россіи приходится считаться съ фактомъ изсушенія почвъ при зеленомъ удобреніи, то это не является столь же необходимымъ для сѣверной и сѣверо-западной Россіи въ виду сравнительной влажности климата ихъ. Съ другой стороны и на югѣ, тамъ, гдѣ культура ведется при орошеніи и гдѣ климатъ благоприятствуетъ получению двухъ жатвъ въ одинъ годъ (Закавказье, Туркестанъ), примѣненіе зеленаго удобренія возможно въ широкихъ размѣрахъ.

Въ качествѣ примѣра успѣшнаго примѣненія зеленаго удобренія въ нечерноземной полосѣ возьмемъ случай изъ опытовъ проф. Бударина въ Новой-Александріи <sup>3)</sup>:

<sup>1)</sup> „Сѣтъ опытныхъ полей“, Краткіе результаты 1902—1905.

<sup>2)</sup> Труды Ивановской оп. станціи (им. Харитоненко), вып. 2-й.

<sup>3)</sup> См. его книгу *Частное земледѣліе*, стр. 262.

	Безъ удобрения	Люпинъ.		Горчица.
		въ цвѣту зрѣлый		
Урожай оз. пшеницы. .	43,6 п.	74,4	72,1	40,6 п.

Затѣмъ, потеря влаги изъ почвы при посѣвѣ по зеленому удобренію если и чувствительна для озимыхъ, то въ гораздо меньшей мѣрѣ то же относится къ яровымъ, такъ какъ за зиму въ большинствѣ случаевъ почва успѣетъ зацѣпиться влагой. При удобреніи подъ яровыя возможно примѣненіе зеленого удобренія и не въ паровомъ полѣ: такъ, возможно разводить растенія на зеленое удобреніе, *подсывая* ихъ подъ главное растеніе, тогда развитіе падаетъ главнымъ образомъ на время послѣ уборки хлѣбовъ и заплата—на осень; иногда возможна пожнивная культура растеній на зеленое удобреніе, т.-е. посѣвъ ихъ тотчасъ послѣ уборки хлѣбовъ и заплата опять осенью же, если конечно лѣто не слишкомъ сухо для посѣва и осень не коротка для развитія растенія. Если же условія не столь благоприятны, приходится зеленымъ удобреніемъ занимать поле, какъ главной культурой. Наибольше шансовъ на примѣненіе зеленого удобренія въ климатѣ болѣе суровомъ имѣется повидимому тогда, когда яровому предшествуетъ паръ (какъ это напр. имѣетъ мѣсто во многихъ районахъ Сибири). Наконецъ, возможенъ посѣвъ озимой вики и икарнатнаго клевера (послѣднее только при мягкихъ зимахъ) осенью и задѣлка—весной, до посѣва яровыхъ.

Что касается количествъ азота, каковыя вносятся въ почву съ зеленымъ удобреніемъ, то здѣсь возможны лишь приближительные расчеты, такъ какъ бобовыя растенія, используя азотъ атмосферы, не отказываются пользоваться и азотомъ почвы. Въ опытахъ Вагнера люшины при удачной культурѣ давали въ надземныхъ органахъ 6—10 пуд. азота на десятину (при 2—3000 п. зеленой массы или 250—400 п. сухого вѣщ.). Дѣлая допущеніе (довольно, впрочемъ, произвольное), что изъ почвы взято не больше азота, чѣмъ его заключается въ корневой системѣ, придемъ къ выводу, что зеленое удобреніе въ удачномъ случаѣ можетъ замѣнять по количеству азота 18 пуд. селитры и болѣе.

Въ вышеупомянутыхъ опытахъ А. Л. Яковлева въ органической массѣ съ одной десятины содержались такія количества азота:

Конскіе бобы . . . . .	16,4 п.	Гречиха . . . . .	5,1 п.
Вика съ овсомъ . . . . .	12,6 „	Рапсъ . . . . .	4,0 „
Инкарнатный клеверъ. . . . .	10,3 „	Шпергель . . . . .	2,5 „
Люпинъ (плохо развив.). . . . .	6,9 „		

Если въ этомъ опытѣ разницу между бобовыми и не бобовыми принять за приблизительное мѣрило накопленія азота первыми, то и эта величина окажется весьма значительной.

Насколько важно брать именно бобовыя (не разчитывая, что не-бобовыя будутъ все-таки полезны накопленіемъ органической массы), показываетъ слѣдующій опытъ Вагнера: сосуды, наполненные песчаной почвой, съ осени были засѣяны разными растеніями на зеленое удобреніе, весной же посѣяны овесъ, причемъ во всѣхъ сосудахъ находилось достаточное количество кали и фосфорной кислоты, въ минимумѣ же находился азотъ; вотъ результаты:

	Количество внесеннаго азота.	Урожай.
Безъ удобренія . . . . .	0	89 гр.
Гречиха . . . . .	0,270	49,2
Горчица . . . . .	0,123	65,4
Сераделла . . . . .	0,914	142,5
Люпинъ . . . . .	2,077	276,0
Горохъ. . . . .	3,087	366,7
Вика . . . . .	2,641	343,6
Селитра . . . . .	1,5 гр. N	323,5

Такимъ образомъ бобовыя повысили урожай, давъ почвѣ больше азота, чѣмъ его было во внесенной селитрѣ; гречиха же и горчица понизили урожай противъ неудобреннаго сосуда, очевидно потому, что азотъ нитратовъ перешелъ въ органическое вещество.

Часто указываютъ, что если посѣянные растенія использовать какъ кормъ для скота и полученный навозъ употребить на удобреніе, то азотъ для почвы не потеряется, а между тѣмъ будетъ достигнута двойная цѣль: удобреніе съ одной стороны и кормъ для животныхъ—съ другой.

Но все же это большей частью справедливое соображеніе вѣрно не для всѣхъ условій; а именно, возможно, что потреб-

ность въ удобреніи превышаетъ то количество навоза, которое доставляется скотомъ, а увеличить количество скота мѣшаютъ соображенія экономическія; затѣмъ, на участкахъ отдаленныхъ вывозка навоза можетъ быть невыгодной и приходится подумать о производствѣ удобренія на мѣстѣ (въ формѣ зеленого удобренія). Наконецъ, не всѣ растенія воздѣлываемыя на зеленое удобреніе являются хорошимъ кормомъ; не является таковымъ, напримѣръ, люпинъ, незамѣнимый на нѣкоторыхъ почвахъ по своей способности использовать малодоступные источники минеральной пищи, накапливать значительныя количества азота органическаго вещества <sup>4)</sup>. Во всякомъ случаѣ вопросъ о примѣненіи зеленого удобренія рѣшается лишь въ тѣсной связи съ мѣстными условіями для каждаго отдѣльнаго случая.

Въ исторіи нѣкоторыхъ хозяйствъ зеленое удобреніе играло видную роль. Существуютъ хозяйства, напр., Шульца въ Люпицѣ (Германія), гдѣ на бѣдныхъ песчаныхъ почвахъ не удавалось вести хозяйство, пока не ввели зеленое удобреніе, въ качествѣ котораго употребляли люпины (внося лишь калияныя и фосфорнокислыя удобренія). Благодаря зеленому удобренію урожаи въ имѣніи поднялись высоко и стало возможнымъ культивировать на песчаныхъ почвахъ отчасти даже пшеницу, о чемъ ранѣе нельзя было и думать; преобладающими же растеніями въ этихъ условіяхъ являются рожь и картофель.

Нужно думать, что коэффициентъ использованія азота зеленого удобренія, при прочихъ равныхъ условіяхъ, зависитъ еще и отъ рода растенія. Вотъ данныя одного опыта (во всѣхъ случаяхъ количества азота равны и принята усвояемость азота селитры за 100).

Lathyrus Wagneri . . . . .	87	Горохъ . . . . .	56
Эспарцетъ . . . . .	80	Красный клеверъ . . . . .	31
Синій люпинъ . . . . .	87	Бѣлый „ . . . . .	29
Желтый „ . . . . .	49	Люцерна . . . . .	27

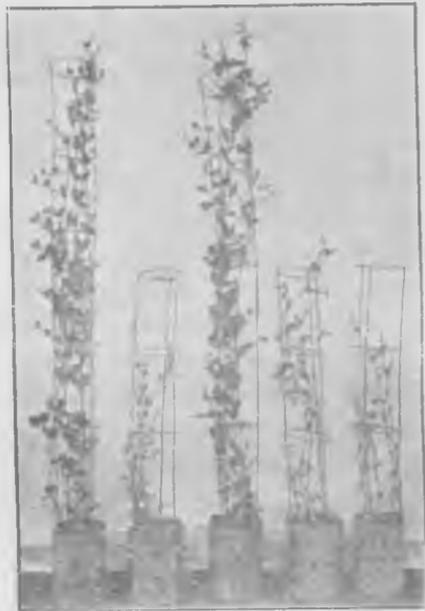
<sup>4)</sup> Объ отношеніи люпина къ трудно доступнымъ источникамъ фосфорной кислоты будетъ рѣчь ниже, въ главѣ о фосфорнокислыхъ удобреніяхъ; о культурѣ люпина вообще говорится подробнѣе въ курсѣ частнаго земледѣлія.

Эти коэффициенты не являются постоянными и изменяются от различных факторовъ; у тѣхъ же авторовъ при повтореніи опыта на другой годъ растения размѣстились уже въ иномъ порядкѣ. Во всякомъ случаѣ, эти цифры показываютъ какія колебанія возможны въ этомъ отношеніи. Вообще же говоря, азотъ зеленого удобрения используется довольно хорошо: не разъ наблюдалось (въ нашихъ культурахъ), что при внесеніи двойного количества азота въ формѣ зеленого удобрения по сравненію съ селитрянымъ эффектъ получался большій, чѣмъ при удобреніи селитрой, значить, коэффициентъ использования былъ выше 50%; можно принять его равнымъ 70% для очень многихъ случаевъ.

Совмѣстно съ ранѣе описанными специальными азотистыми удобрениями могутъ быть рассмотрѣны удобрения *бактеріальныя* (хотя ихъ можно разсматривать и какъ косвеннодѣйствующія). Исторія этихъ удобреній такова. Было замѣчено, что на почвахъ впервые поступающихъ подъ культуру, каковы осушенные торфяники, бобовыя растенія развиваются плохо и клубеньки у нихъ отсутствуютъ; это зависитъ отъ отсутствія въ такихъ почвахъ соотвѣтственныхъ бактерій. Бактеріи эти (помимо свойствъ самой среды) отсутствуютъ потому, что на кислыхъ почвахъ не встрѣчаются обыкновенно и дикорастущія бобовыя. После измѣненія свойствъ среды (осушкой и другими мѣрами) бобовыя рости уже могутъ, но за отсутствіемъ бактерій не пользуются атмосфернымъ азотомъ.

Во избѣжаніе этого Saalfeld предложилъ заражать такія почвы, внося въ нихъ нѣкоторое количество почвы, завѣ-

Рис. 12. Песчаная культура гороха 1907.



Селитра. Безъ N. Заражено бактеріями гороха люпина.

домо содержащей клубеньковыя бактеріи. Результаты такого зараженія нерѣдко были положительными.

Изслѣдованія Nobbe и Hiltner'a показали, что въ клубенькахъ разныхъ бобовыхъ развиваются и разныя бактеріи. При зараженіи одного и того же растенія бактеріями, живущими на разныхъ видахъ растеній, эффектъ получался разный: чѣмъ ближе стоятъ растенія въ ботанической системѣ другъ къ другу, тѣмъ и бактеріи ихъ болѣе сходны по дѣйствию. Вотъ опытъ съ *Robinia Pseudoacacia*: при зараженіи подъ нее почвы бактеріями:

Гороха урожай былъ . . .	1,56	gr.
Люпиновъ „ „ . . .	1,63	„
Гледичи „ „ . . .	3,45	„
<i>Robinia</i> „ „ . . .	3,70	„
<i>Cytisus</i> 'a „ „ . . .	2,76	„

Хотя мы не въ состояніи утверждать что это—разные виды бактерій (у разныхъ растеній), такъ какъ не констатировано морфологическихъ различій между ними, но несомнѣнно, что существуютъ нѣсколько разновидностей или быть можетъ расъ этихъ бактерій<sup>1)</sup>.

Послѣ этихъ работъ предложено было, для полученія опредѣленныхъ результатовъ, заражать почву чистыми культурами именно тѣхъ бактерій, какія обитаютъ въ клубенькахъ подлежащаго воздѣлыванью бобоваго. Эти болѣе или менѣе чистыя культуры бактерій на желатинѣ нашли примѣненіе въ практикѣ подъ именемъ „нитрагина“. Результаты примѣненія его часто были очень удовлетворительны. Дитрихъ, напримѣръ, наблюдалъ однажды, что если люпинъ безъ нитрагина далъ урожая = 100, то урожай при удобреніи нитрагиномъ былъ равенъ 165.

Но были и неудачи при употребленіи нитрагина въ полѣ—

<sup>1)</sup> Въ одной изъ позднѣйшихъ работъ Hiltner предлагаетъ различать двѣ группы бактерій, раздѣленныхъ между собой болѣе рѣзко, но внутри этихъ группъ способныхъ до извѣстной степени вырабатывать формы приспособленные не только къ одному хозяину; къ одной группѣ относятся бактеріи: *Pisum*, *Vicia*, *Lathyrus*, *Trifolium*, *Medicago*, *Anthyllis*, *Onobrychis*, *Robinia*, къ другой же: *Lupinus*, *Ornithopus*, *Soja* (*Gen sta*, *Sarothamnus*?).

никакого эффекта отъ него не получалось. Явленіе это объясняется тѣмъ, что замѣтное дѣйствіе нитрагинъ можетъ обнаружить лишь тогда, когда въ заражаемой почвѣ пѣтъ или очень мало такихъ бактерій, какія содержатся въ примѣняемомъ нитрагинѣ и нужны для даннаго бобоваго. Такъ внесеніе нитрагина подъ клеверъ часто не производило замѣтнаго эффекта, такъ какъ очевидно вносимый факторъ не находится въ *minimum*’ѣ, если на данной почвѣ и раньше росъ клеверъ.

На почвахъ заболоченныхъ (вообще, лишенныхъ клубеньковыхъ бактерій) отъ внесенія нитрагина нужно чаще ожидать замѣтнаго эффекта, если, конечно избытокъ влаги удаленъ и кислоты почвы нейтрализованы.

Кромѣ зараженія почвъ, совсѣмъ не содержащихъ клубеньковыхъ бактерій, нитрагинъ съ соотвѣтствующими бактеріями полезно употреблять тогда, когда въ данной мѣстности вводится культура поваго бобоваго растенія, бактерія котораго въ данной почвѣ не содержится (напр. *Soja*, иногда люпины).

Полагали (*Julius Kühn*), что неудачи при употребленіи нитрагина часто зависѣли еще оттого, что бактеріи при культурѣ на желатинѣ теряли значительную долю своей жизнениности, но лабораторные опыты этого не подтверждаютъ; перезимовавшя на желатинѣ бактеріи дѣйствуютъ хорошо, вызывая образованіе клубеньковъ. Скорѣе неудачи могли зависѣть оттого, что нитрагинъ сохранялся въ склянкахъ плохо; бактеріи, въ немъ заключающіяся, долго безъ кислорода, какъ аэробные организмы, жить не могутъ. Кромѣ того, онѣ требуютъ отсутствія свѣта для сохраненія жизни; при употребленіи же нитрагина его смѣшиваютъ съ сѣменами, съ землей, причемъ дѣйствіе свѣта не всегда въ должной мѣрѣ ограничивается. Важными также являются условія влажности почвы, въ которую вносится нитрагинъ. Понятно, что подъ влияніемъ суммы указанныхъ причинъ многіе изъ опытовъ по примѣненію нитрагина легко могли оказаться безрезультатными. Въ Россіи опыты съ нитрагиномъ Ноббе и Гильтнера произведены были проф. Коссовичемъ <sup>1)</sup> въ Лѣсномъ Институтѣ; результатъ оказался какъ и слѣдовало ожидать для разныхъ почвъ весьма различенъ, напр. для гороха:

<sup>1)</sup> Отчетъ с. х. химич. лабораторія М. З. за 1898 г. (годъ II-й).

		Безъ нитра- рагина.	съ нитра- гиномъ.
Подзолъ	урожай . . . . .	36,9	57,1 гр.
Смоленск. г.	количество клубеньковъ. .	нѣтъ	много
"Черноземъ	урожай . . . . .	81,8	80,1
Саратовск. г.	колич. клубеньковъ. . . .	много	много

Кромѣ подзола благоприятное вліяніе получило на песчаной почвѣ при зараженіи люцерны, на одной изъ торфяныхъ почвъ при зараженіи вики.

Позднѣ Hiltner <sup>1)</sup> нашелъ, что зараженіе *сѣмянъ* не всегда бываетъ успѣшно; по его мнѣнію, вещества, извлекаемыя водой изъ сѣмянъ при ихъ набуханіи, вредятъ успѣху зараженія; если же зараженныя сѣмена смѣшивать съ нитрагиномъ, то дѣйствіе нитрагина является болѣе вѣрнымъ; этимъ объясняется по Hiltner'у иногда наблюдавшіеся случаи болѣе удачнаго зараженія почвы чѣмъ посѣвнаго матерьяла. Кромѣ того, Hiltner находитъ, что зараженіе чистыми культурами можетъ вызывать положительный эффектъ даже на почвахъ, содержащихъ соотвѣтственныхъ бактерій, при условіи *большой вирулентности* прививаемой культуры по сравненію съ бактеріями почвы.

Въ то время какъ Hiltner стремился усилить дѣйствіе бактерій, питая ихъ пептономъ и сахаромъ, американскій изслѣдователь Moor <sup>2)</sup> видитъ какъ разъ въ употребленіи азотистыхъ веществъ причину ослабляющую вирулентность и понижающую способность клубеньковыхъ бактерій связывать азотъ воздуха; поэтому Moor культивируетъ ихъ на безазотистомъ субстратѣ (мальтоза +  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  +  $\text{Mg SO}_4$ ), затѣмъ смачиваетъ этой жидкостью стерильную вату, высушиваетъ и въ такомъ видѣ разсылаетъ свои культуры

Во всякомъ случаѣ, нитрагинъ въ основѣ имѣетъ за собой нѣчто положительное, чего нельзя сказать о другихъ бактериальныхъ удобреніяхъ, имѣвшихъ задачей снабдить почву бак-

<sup>1)</sup> Arbeiten der Biologischen Abtheilung etc., III, 150 (1903). См. также статью Будинова въ Вѣстникъ Бактеріолого-агроном. Станци имени Феррейна, № 13-й.

<sup>2)</sup> Soil inoculation for legumes, by George Moor (U. S. Department of Agriculture, Bureau of Plant Industry, Bulletin. № 71).

теріями, способными обогатить ее азотомъ независимо отъ бобовыхъ; одни изъ предлагавшихся для этого культуръ были пущены въ ходъ по совершенному недоразумѣнію, какъ *алинитъ*<sup>1)</sup>, другія же несомнѣнно обладаютъ этой особен-

1) Исторія алинита вкратцѣ такова. Нѣкто Каронъ (владѣлецъ имѣнія Элленбахъ близъ Касселя) зная, что въ почвахъ встрѣчаются бактеріи, усвояющія азотъ воздуха помимо бактерій клубеньковыхъ, сталъ изучать бактеріальное населеніе своей почвы и обратилъ вниманіе на обильное разномноженіе въ ней одного бацилла; выдѣливъ этотъ организмъ въ чистой культурѣ, Каронъ пробовалъ вводить такія культуры въ почву и, при опытахъ въ сосудахъ, наблюдалъ, по его мнѣнію, благоприятные результаты; повторяя опытъ въ поляхъ, онъ пришелъ къ тому же выводу относительно благоприятнаго вліянія этой бактеріи на урожаи хлѣбовъ. Тогда Каронъ рѣшилъ, что благоприятное дѣйствіе этой бактеріи зависитъ отъ обогащенія почвы азотомъ; онъ назвалъ ее *Bacillus ellenbachensis* и сталъ рекомендовать культивировать эти бактеріи и вносить въ почву для обогащенія ея азотомъ. Одна фабрика купила право на пользованіе открытѣмъ и стала выпускать алинитъ въ продажу при соотвѣтствующей рекламѣ.

При опытахъ примѣненія алинита результаты оказались нулевыми или во всякомъ случаѣ сомнительными. Нужно сказать, что алинитъ былъ пущенъ въ продажу ранѣе, чѣмъ изучена была его бактерія: не было опредѣлено, что такое *Bac. ellenbachensis*, и были ли культуры Карона дѣйствительно чистыми; никакихъ доказательствъ относительно связыванія азота (кромѣ сомнительныхъ опытовъ Карона) не было приведено.

При изученіи алинита другими изслѣдователями результаты были довольно разнорѣчивы. Такъ *Stoclasa* пришелъ къ выводу, что бацилла Карона есть ничъ иное, какъ *Bacillus megatherium*, ранѣе описанный *de-Bary*; что онъ является отчасти денитрификаторомъ, что онъ способенъ малорастворимыя азотистыя вещества (напр., въ торфѣ) переводить въ растворимое состояніе. Штудеръ и Гартлебъ также отмѣчаютъ, что этотъ бацилла энергично образуетъ амміакъ насчетъ бѣлковъ; усвоенія азота атмосферы они констатировать не могли. Лаухъ утверждаетъ что *B. ellenbachensis* ничто иное какъ обыкновеннѣйшій *Bac. subtilis* (сѣпной бацилла), алинитъ представляетъ высушенную культуру этого бацилла на картофелѣ. Мичинскій находитъ, что культура Карона состоитъ изъ нѣсколькихъ организмовъ, въ томъ числѣ и *Bac. subtilis*.

Итакъ, составъ алинита неопредѣленный и ожидать эффекта отъ его примѣненія, вообще говоря, основаній нѣтъ; исключенія, впрочемъ, возможны. Приведемъ результаты опытовъ П. С. Коссовича. (см. „Хозяинъ“ 1899 г., №№ 30 и 31, а также „Отчетъ с.-х. лабораторіи Мин. Земл.“, г. II.) произведенныхъ въ лабораторіи министерства земледѣлія на разныхъ почвахъ.

ностью, но условия ихъ размноженія не всегда осуществляются въ нормальной почвѣ и иногда не легко согласуемы съ другими требованіями, предъявляемыми къ такой почвѣ <sup>1)</sup>.

У р о ж а й.

	Съ алинитомъ.	Безъ алинита.
Песокъ . . . . .	2,6	3,0 } (овесъ)
Песчаная почва. . . . .	12,6	11,3 }
Подзолъ. . . . .	32,2	33,3 (гречиха)
Торф. почва (кислоты нейтрализованы $\text{CaCO}_3$ ) . .	31,5	25,6 (свесь).

На большинствѣ почвъ алинить не дѣйствоваль, исключеніе представляетъ лишь торфъ. Но специфическаго дѣйствія алинита въ этомъ случаѣ все-таки видѣть нельзя, такъ какъ на почвѣ, лишенной микроорганизмовъ (какъ торфъ), почти всякая бактерія будетъ полезна, способствуя большому разложенію органическаго вещества и полученію удобоусвояемаго N.

1) Такъ Koch наблюдалъ, что введеніе растворимыхъ углеводовъ въ почву повышаетъ связываніе свободнаго азота бактеріями (*Azotobacter* и др.); приблизительно на 1 граммъ сахара связывается 8—10 миллиграммовъ N. Но приходится считаться съ вліяніемъ углеводовъ на ходъ нитрификаціи и денитрификаціи (или вообще убыли нитратовъ), со степенью усвояемости накапливаемаго азота и пр., не говоря уже объ экономической сторонѣ подобныхъ приемовъ (см. *Koch u. a., Die Stickstoffanreicherung der Bodens durch freilebende Bacterien, Journal für Landwirthschaft Bd. 55, стр. 355*).



Рис. 13-й.  $K_2P_2O_7$ . Фосфатъ золы. Томасовъ шл. Кость. Фосфоритъ. Вязь фосфори. к.

## В. Удобрения фосфорнокислыя.

### *Фосфорная кислота въ почвѣ и въ растеніяхъ.*

Въ предыдущемъ отдѣлѣ мы имѣли дѣло съ элементомъ, для котораго существуетъ извѣстный круговоротъ, который приходитъ въ почву изъ атмосферы и обратно возвращается въ нее при озеленіи, при разложеніи. Теперь переходимъ къ фосфорной кислотѣ, которая съ урожаемъ берется изъ почвы окончательно и естественнымъ путемъ въ нее не возвращается. Возможно только относительное обогащеніе почвы усвояемой фосфорной кислотой на счетъ вывѣтриванія остатковъ неразрушившихся еще минераловъ, содержащихъ  $P_2O_5$ .

Значеніе фосфорной кислоты для жизни растенія достаточно извѣстно изъ физиологіи растеній; въ песчаныхъ или водныхъ культурахъ легко обнаружить пропорціональность урожая въ количеству внесенной  $P_2O_5$  (или ея усвояемости, см. рис. 13-й), если поставить ее въ положеніе фактора. находящагося въ *minimum*’ѣ.

Фосфорная кислота значительно распространена въ природѣ, хотя бы въ небольшихъ количествахъ. Большинство кристаллическихъ горныхъ породъ пронизано игольчатыми кристаллами апатита и содержатъ 0,1—1,0%  $P_2O_5$ ; даже въ пескахъ Сахары находятъ фосфорную кислоту въ количествѣ 0,01%.

При выветриваніи горной породы фосфорная кислота въ значительной степени предохраняется отъ вымыванія благодаря образованію мало растворимыхъ соединений съ Са, Fe; бывають случаи, что содержаніе  $P_2O_5$  при выветриваніи относительно увеличивается; по анализамъ Вольфа, напр., невыветрившійся известнякъ содержалъ въ одномъ случаѣ 0,07%  $P_2O_5$ , выветрившійся же 0,16%.

Въ почвахъ фосфорной кислоты содержится вообще немного, хотя колебанія въ этомъ отношеніи возможны значительныя. Нѣкоторые авторы для руководства въ вопросахъ объ удобреніи фосфорной кислотой пытались дать группировку почвъ по содержанію  $P_2O_5$ , напр.

Содержаніе $P_2O_5$	Характеристика почвы:
$> 0,2\%$	очень богатая.
0,1 — 0,2%	богатая.
0,05 — 0,1%	средняя.
0,01 — 0,05%	бѣдная.
$< 0,01$	очень бѣдная.

Иногда считаютъ возможнымъ судить по этимъ цифрамъ о потребности почвы въ фосфорнокисломъ удобреніи, но Мюнци справедливо отмѣчаетъ, что приведенная таблица можетъ служить показателемъ лишь при крайнихъ случаяхъ, что же касается среднихъ цифръ, то онѣ не могутъ указать на потребность растений въ  $P_2O_5$ , такъ какъ трудно указать, въ какой формѣ находится Р въ почвѣ. Такъ, напр., въ горныхъ породахъ нерѣдко встрѣчается апатитъ; очень вѣроятно присутствіе небольшихъ количествъ его и въ почвѣ, почему было бы небезынтересно опредѣлить принадлежащую ему  $P_2O_5$  (косвеннымъ указашемъ на присутствіе апатита въ почвѣ считаютъ нахожденіе фтора въ костяхъ животныхъ); но большее значеніе имѣетъ  $P_2O_5$ , находящаяся въ поглощенномъ состояніи, т. е. ранѣе бывшая въ растворѣ и затѣмъ осажденная. Этотъ запасъ также неравноцѣненъ, смотря по основанію (Са, Fe, Al), съ какимъ соединяется  $P_2O_5$ . Есть попытки различать другъ отъ друга эти соединенія путемъ примѣненія различныхъ растворителей. Такъ, при дѣйствіи 1% уксусной кислоты фосфорнокислая соль Са растворяется, соль Fe почти не растворяется, соль Al раство-

ряется съ трудомъ <sup>1)</sup> (наблюденія эти произведены падъ химически чистыми солями). Но выяснитъ вопросъ о распредѣленіи  $P_2O_5$  въ почвѣ между основаніями трудно, вотъ по какой причинѣ: при обработкѣ почвы напр. уксусной кислоты или водой содержащей углекислоту получаются результаты непостоянные, смотря потому, сразу ли послѣ обработки почвы уксусной кислотой производится фильтрованіе или нѣтъ: переводя въ растворъ фосфорную кислоту известковыхъ солей, мы приводимъ ее въ соприкосновеніе съ соединеніями Al, Fe, причемъ, по вышесказанному, фосфорная кислота вновь осаждается <sup>2)</sup>; чѣмъ дольше оставляетъ растворъ нефилътрованнымъ, тѣмъ больше осаждается растворенной фосфорной кислоты; такъ, въ одномъ изъ опытовъ Вагнера слабая уксусная кислота извлекла изъ 1 килограмма почвы:

Черезъ 1 1/2 часа	— 0,524 гр.	$P_2O_5$
„ 24 „	— 0,443 „	„
„ 3 дня	— 0,361 „	„
„ 21 день	— 0,340 „	„

Въ этомъ явленіи „ретроградаци“, т.-е. обратнаго перехода растворенной фосфорной кислоты въ осадокъ лежитъ крупное препятствіе къ употребленію очень слабыхъ растворителей, не разлагающихъ фосфатъ желѣза и глинозема, каковы вода съ углекислотой и слабая уксусная кислота, отсюда—трудность отдѣлить фосфорную кислоту известковаго фосфата въ почвѣ отъ фосфатовъ желѣза и глинозема.

Описанными реакціями объясняется отчасти превращеніе солей фосфорной кислоты въ почвѣ: вода, содержащая  $CO_2$  также растворяетъ фосфорнокислую известь, а растворенная фосфорная кислота осаждается затѣмъ въ формѣ менѣе растворимой, встрѣчая соединенія  $Fe_2O_3$  и  $Al_2O_3$ . Явленіе это ставятъ въ параллель съ тѣмъ фактомъ, что при внесеніи въ почву суперфосфата значительная часть его не используется растеніями въ первый годъ и остается въ почвѣ, тѣмъ не менѣе въ послѣдующіе годы достаточнаго эффекта не получается вслѣдствіе постепеннаго уменьшенія растворимости  $P_2O_5$ .

<sup>1)</sup> См. ст. E. merling'a Landw. Versuchsstationen, LII, стр. 60.

<sup>2)</sup> Landw. Versuchsstationen Bd. 46, 217 Gerlach Костычевъ, „Нерастворимыя фосфорнокислыя соединенія почвъ“, 1881.

Какъ растворитель, извлекающій всю *поглощенную* фосфорную кислоту почвы, предлагаютъ обыкновенно 1—2% лимонную кислоту; но есть опыты, доказывающіе что фосфорная к. поглощенная почвою, постепенно, черезъ нѣсколько мѣсяцевъ, переходитъ отчасти въ форму неизвлекаемую 1% лимонной кислотой.

Вѣроятно это зависитъ отъ превращенія фосфата желѣза; дѣло въ томъ, что свѣжеосажденное фосфорнокислое желѣзо отличается значительной усвояемостью и растворимостью въ лимонной кислотѣ (тоже и глиноземъ); но если мы удалимъ воду (прокаливаньемъ), то и усвояемость и растворимость такого фосфата чрезвычайно понижаются; также понижаются они отчасти, если къ средней соли прибавить избытокъ основанія. Поэтому и въ почвѣ постепенный переходъ поглощенной фосфорной кислоты въ трудно растворимую форму можетъ быть связанъ съ образованіемъ безводной средней соли желѣза или основныхъ солей (а быть можетъ и нѣкоторыхъ двойныхъ соединеній).

Поэтому, примѣняя 1—2% лимонную кислоту, мы не можемъ строго отдѣлить именно „поглощенную“ фосфорную кислоту; часто въ показаніяхъ этого реактива ищутъ средства судить о количествѣ *усвояемой* фосфорной кислоты въ почвѣ; но если сравнивать съ усвояющей способностью злаковъ, то лимонная кислота извлекаетъ изъ почвы значительно больше, чѣмъ берутъ растения, тогда какъ для уксусной кислоты показанія получаются нѣсколько ниже, чѣмъ показанія растений; нужно замѣтить притомъ, что разницы въ второмъ случаѣ гораздо меньше, т. е. уксусная кислота даетъ показанія болѣе приближающіяся къ содержанію фосфорной кислоты въ урожаѣ, чѣмъ лимонная кислота (см. работу К. К. Гедройца, Журн. Оп. Agr. 1903).

Органическій фосфоръ, какъ мы видѣли выше, также содержится въ почвѣ и освобождается въ видѣ фосфорной кислоты при распадѣ сложныхъ частицъ органическаго вещества.

Посмотримъ, какъ великъ расходъ  $P_2O_5$  въ почвѣ. Анализъ показываетъ, что при медленномъ выщелачиваніи почвы вымывается только около 1 mgr.  $P_2O_5$  на литръ пропущенной жидкости. Дренажными водами вымывается съ десятины около 1 килограмма—количество ничтожное сравнительно съ содер-

жаемъ  $P_2O_5$  въ почвѣ. Приведемъ учеты, показывающіе относительныя количества фосфорной кислоты, отчуждаемыя отъ почвы разными растеніями.

Бобов. содер въ зерн.	0,9—1,5%	$P_2O_5$ въ соломѣ	0,4%
Масличныя	" "	" "	" "
Хлѣбн. злаки	1—1,5	" "	0,2—0,4%
" "	" "	" "	" "
Хлѣбн. злаки	0,5—0,8	" "	0,2—0,4%
" "	" "	" "	" "
Корнеплоды	0,1	въ листьяхъ	0,2—0,4%
" "	" "	" "	" "

Абсолютно же урожай хлѣба (въ 75 п.) беретъ съ десятины 16—20 ц. (1—1¼ ц.),  $P_2O_5$  бобовыхъ 20—30 к.; масличныя 20—40 к., корнеплоды 40—50 к., травы 20—40 к. (по Muntz'у).

Если считать въ почвѣ 0,1%  $P_2O_5$ , то десятина ея въ 8 вершковомъ слое (вѣсомъ около 340.000 пуд.) содержитъ 340 п.  $P_2O_5$ . Такимъ образомъ, запасъ  $P_2O_5$  въ почвахъ не является безконечно большимъ. Если бы урожай хлѣбовъ отнимали каждый годъ по 1 пуду, то безъ искусственнаго внесенія извнѣ  $P_2O_5$  запасъ изсякъ бы черезъ какія нибудь 300—350 лѣтъ; но непрерывной культуры безъ удобренія вести невозможно, урожай начинаютъ падать (а значить и истощеніе замедляется); является необходимость чередованія культуры съ годами залежи и пара, а позднѣе—возвращенія части взятаго съ навозомъ; на дѣль истощеніе растягивается на значительно большой періодъ, тѣмъ не менѣе относительное обѣдненіе почвы  $P_2O_5$  можетъ быть подмѣчено и за нѣсколько десятилѣтій, такъ какъ изъ общаго запаса фосфорной кислоты дѣятельной является лишь очень небольшая часть ея, находящаяся въ усвояемой формѣ; если расходваніе этой части не пополняется въ достаточной мѣрѣ процессами вывѣтриванья (въ широкомъ смыслѣ) съ одной стороны, внесеніемъ должнаго количества удобренія—съ другой, то урожай будутъ падать.

Сказанное хорошо иллюстрируется слѣдующимъ примѣромъ, относящимся къ западно-европейской практикѣ. Хозяйство Крузіуса не покупало фосфорно-кислыхъ удобреній съ стороны, примѣняя исключительно навозное удобреніе ( $P_2O_5$  отчуждалась лишь въ молоко, мясо, зерно и другихъ продажныхъ продуктахъ). Расчетъ сдѣланъ былъ съ 20 по 60 годъ истекшаго столѣтія, причемъ въ хозяйствѣ велись точ-

ныя записи урожая зерна и соломы, вносимаго навоза и отчуждаемыхъ продуктовъ.

		Урожай.		Умолотъ.
Съ	1825—1830	годъ	4250 копенъ	166
"	1830—1835	"	5379 "	170
"	1835—1840	"	5363 "	154
"	1840—1845	"	6857 "	140
"	1845—1850	"	8417 "	156
"	1850—1855	"	7082 "	121
"	1855—1860	"	7881 "	125

По среднему составу продуктовъ было учтено количество отчуждаемой и вносимой  $P_2O_5$ ; оказалось, что за послѣднія 15 лѣтъ взято съ полей 985 цент.  $P_2O_5$ , внесено 408 цент., слѣдовательно, около половины P находящагося въ оборотѣ за эти 15 лѣтъ вышло изъ хозяйства. Какъ видно изъ таблицы, общая масса урожая со временемъ росла, но урожай зерна падалъ, что является слѣдствіемъ недостатка  $P_2O_5$  въ почвѣ.

Существуютъ и другія указанія на то, что  $P_2O_5$  при такомъ веденіи хозяйства оказывается въ положеніи *minimum* ального фактора и что урожай зерна при недостаткѣ  $P_2O_5$  падаетъ. Для возмѣщенія убыли  $P_2O_5$  приходится пользоваться разными способами. Не говоря о прямомъ возвратѣ по Либиху (употребленіе городскихъ нечистотъ), мы имѣемъ такого рода матерьялъ для обогащенія почвъ  $P_2O_5$  и возстаповленія нарушеннаго равновѣсія между питательными веществами почвы: 1) ископаемые фосфаты (фосфориты) 2) отбросы металлургической промышленности (томасовъ шлакъ) 3) кости и нѣкоторые виды гуано съ преобладаніемъ  $P_2O_5$ .

### *Фосфориты.*

Происхожденіе фосфоритовъ въ большинствѣ случаевъ связано съ органической жизнью, что отчасти уже видно по тѣмъ названіямъ, которыя носятъ отдѣльныя ихъ разновидности, какъ-то: остеолиты, копролиты и т. п. Названія эти впрочемъ употребляются не всегда въ буквальномъ смыслѣ, и не всегда фосфоръ организмовъ отлагается въ фосфатахъ, имѣющихъ что-либо общее съ тѣмъ или инымъ органическимъ образованіемъ. Но встрѣчаются фосфориты и чисто

минерального происхожденія; они представляютъ въ такихъ случаяхъ или отложенія изъ воды горячихъ источниковъ, выдѣляющихъ фосфатъ извести изъ раствора вслѣдствіе потери углекислоты, или же мы имѣемъ случай, когда растворъ, содержащій фосфорную кислоту, опускаясь встрѣчаетъ на известной глубинѣ известковую породу и на мѣстѣ соприкосновенія постепенно даетъ начало образованію фосфоритной „жилы“; или наоборотъ, при иныхъ условіяхъ благодаря относительному обогащенію фосфорной кислотой при вывѣтривании (выщелачиваніе  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  и пр.) остатокъ отъ разрушенія горной породы постепенно приближается по составу къ фосфориту.<sup>1)</sup>

Фосфориты встрѣчаются въ природѣ или въ видѣ сплошныхъ массъ, залегающихъ на кристаллическихъ сланцахъ, какъ, напр. нѣкоторые американскіе; въ видѣ сплошныхъ плитъ или слоевъ фосфоритныхъ песчаниковъ и песковъ, чаще же въ видѣ мѣстныхъ скопленій: шаровъ, желваковъ, „рогулекъ“ и т. п.<sup>2)</sup> Существуютъ попытки классифицировать фосфориты по ихъ сложенію и возрасту, стоящимъ, какъ оказывается, во взаимной связи: чѣмъ старше геологическій возрастъ фосфорита, тѣмъ больше приближается онъ къ кристаллическимъ фосфатамъ (анатиту) и наоборотъ.

<sup>1)</sup> См. *Вернадскій*, Труды Вольно—Эк. О-ва 1888, III, стр. 271.

<sup>2)</sup> Для выясненія происхожденія фосфоритовъ весьма важны случаи, въ которыхъ констатированъ ростъ такихъ образований въ настоящее время; такъ, при изслѣдованіи жизни морскихъ глубинъ экспедиція „Challenger“, къ югу отъ мыса Доброй Надежды обнаружила находженіе на поверхности (или въ верхнемъ слое) морского ила округлыхъ конкрецій отъ 1 и до 3-хъ (и болѣе) сант. діаметромъ въ которыхъ зерна глауконита и другихъ чисто минеральныхъ веществъ вмѣстѣ съ остатками фораминиферъ склеены фосфатомъ кальція въ одно цѣлое, при чемъ фосфатъ этотъ проникаетъ въ полости отдѣльныхъ образований, образуетъ псевдоморфозы по  $\text{CaCO}_3$ . Очевидно эти конкреции захвачены въ періодъ ихъ незаконченнаго еще роста, при чемъ нужно предположить окружающій растворъ обогащеннымъ фосфорной кислотой и известью; въ данномъ случаѣ это осуществлено благодаря встрѣчѣ теплаго морского теченія съ холоднымъ, вызывающей отмирание многихъ формъ; опускаясь на дно они образуютъ тамъ скопленіе разлагающагося органическаго вещества—отнюда P и Ca. Въ другихъ случаяхъ вмѣсто смѣшенія теплаго и холоднаго теченія можетъ имѣть мѣсто смѣшеніе соленой и прѣсной воды и пр. (*Lehder*, Die Phosphoritknollen, Neues Jahrbuch für Mineralogie, 1906 XXII Beilageband, стр. 105).

Такъ, Густавсонъ дѣлитъ фосфориты на три группы, предлагая относить къ 1-й группѣ кристаллическую фосфорнокислую известь—апатитъ, состоящій изъ 92—95<sup>0</sup>/<sub>0</sub> фосфорнокислой извести, остальное—фтористый или хлористый кальцій. Эта группа <sup>1)</sup> имѣетъ ясно выраженную кристаллическую форму (гексагональныя призмы), а не одно только внутреннее строеніе вещества.

Вторая-же группа фосфоритовъ имѣетъ только кристаллическое сложеніе, но не внѣшнюю форму; сюда принадлежатъ наши подольскіе кругляки, нассаускіе (ланскіе) фосфориты въ Германіи, логрозанскіе (Эстремадура)—въ Испаніи и пр.: въ нихъ до 55<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—80<sup>0</sup>/<sub>0</sub> фосфорнокислой извести и остальное—главнымъ образомъ углекислая известь ( $\text{HCl}$  ( $\text{CaF}_2$  также встрѣчается, въ количествѣ иногда доходящемъ до 6<sup>0</sup>/<sub>0</sub>).

Къ третьей группѣ по этому дѣленію принадлежатъ аморфные фосфориты. Они встрѣчаются залежами въ Испаніи, Германіи, Америкѣ, Франціи и въ громадномъ количествѣ въ Россіи. Въ нихъ отъ 20 до 60<sup>0</sup>/<sub>0</sub> фосфорнокислой извести, остальное кварцъ, углекислая известь, глина и пр. Они всегда сравнительно бѣднѣе фосфорной кислотой. чѣмъ фосфориты двухъ предыдущихъ группъ, но она нѣсколько легче (хотя все же очень слабо) поддается дѣйствию такихъ растворителей, какъ вода съ углекислотой. Нужно однако замѣтить, что въ этихъ „аморфныхъ“ образованіяхъ въ извѣстныхъ случаяхъ обнаружены кристаллическія свойства того цемента (фосфата), который склеиваетъ частицы песка, глины и пр. въ одно цѣлое, называемое фосфоритомъ; также и содержаніе фтора имъ нечуждо.

Энгельгардтъ дѣлилъ аморфные фосфориты на 3 подгруппы: (одни кварцево-песчаные) фосфориты встрѣчаются въ песчаникахъ мѣловой системы, напр. въ Орловской, Курской, Воронежской губ.; другіе фосфориты плотные (безъ песка) болѣе богатые  $\text{P}_2\text{O}_5$ , встрѣчаются въ Юрскихъ слояхъ (Костромской губ.) и, наконецъ, глаукозитовые, фосфориты, содержащіе кромѣ фосфорной кислоты еще и кали; они встрѣчаются въ Рязанской, Московской, Нижегородской губ., от-

1) Апатитъ имѣетъ формулу  $\text{Ca X}_2 \cdot 3 \text{Ca}_3 (\text{PO}_4)_2$ , гдѣ X можетъ быть представленъ Cl или F или въ извѣстной степени тѣмъ и другимъ (изоморфная смѣсь).

личаются рыхлостью; залегают на границѣ юрской и мѣловой системы <sup>1)</sup>.

*Подольскіе фосфориты* обратили на себя вниманіе геологовъ уже давно, какъ характерныя по своей формѣ и сложенію ископаемыя къ 40 годамъ; этого столѣтія относится первый анализъ ихъ, произведенный въ Горномъ Институтѣ. Съ точки зрѣнія сельскохозяйственной ими сначала заинтересовались наши сосѣди (Австрія). Въ 1870 были командированы изъ Вѣны специалисты для изученія русскихъ залежей въ Подоліи, они признали ихъ очень важными. Вскорѣ потомъ были поставлены первыя мельницы для переработки этихъ фосфоритовъ, но эта эксплуатація въ цѣляхъ употребленія фосфорита какъ такового продолжалась недолго; въ скоромъ времени начали разрабатывать эти залежи преимущественно для отправки матеріала за границу, гдѣ онъ перерабатывается въ суперфосфатъ. Замѣтимъ, что суперфосфатъ до послѣдняго времени является однимъ изъ продуктовъ и ввозимыхъ къ намъ изъ-за границы или приготовлялся въ Ригѣ изъ привозныхъ (изъ Америки и Алжира) фосфоритовъ. Лишь недавно стали готовить изъ подольскаго фосфорита суперфосфатъ въ Россіи въ болѣе значительныхъ размѣрахъ (Ловичскій заводъ).

Фосфориты въ Подоліи встрѣчаются въ видѣ различной величины шаровъ, причемъ поверхность ихъ бываетъ или бугристая или же они имѣютъ форму окатанныхъ шаровъ; внутреннее строеніе шаровъ съ расходящимися кристаллическими лучами напоминаетъ сферокристаллы. Различаютъ два рода залежей этихъ фосфоритовъ: первичныя залежи находятся въ силурійскихъ сланцахъ, причемъ шары являются вкрапленными порознь, поверхность ихъ бугристая; во вторичныхъ же отложеніяхъ окатанные шары встрѣчаются сплошными скопленіями въ пластахъ мѣловой системы. Происхожденіе послѣднихъ легко объяснить, если допустить, что первичныя залежи фосфоритовъ были размывы и воды рѣкъ мѣловой эпохи, переносъ съ мѣста на мѣсто эти камни, окатали ихъ.

<sup>1)</sup> Существуютъ фосфаты и не известковые, а состоящіе изъ фосфорнок. глинозема, такъ въ Redondaphosphat (Вестъ-Индія) и фосфатъ изъ Хладно (Чехія); послѣдній продуктъ, впрочемъ, является уже отбросомъ при переработкѣ рудъ; для насъ они оба значенія не имѣютъ.

благодаря трепю о дно и отложили группами на новыхъ мѣстахъ.

Способъ образования этихъ фосфоритовъ недостаточно выясненъ. Предполагають только что фосфорная кислота просачивалась въ растворѣ изъ болѣе высокихъ слоевъ и отлагалась въ мѣстахъ нахождения фосфоритовъ вокругъ извѣстныхъ центровъ въ формѣ шаровидныхъ скопленій съ лучистой структурой. Неизвѣстно также какого происхожденія была эта фосфорная кислота. Благодаря тому, что фосфориты эти образовались еще въ раннія эпохи, когда животный мѣръ былъ слабо развитъ, нѣкоторые авторы допускають, что фосфорная кислота подольскихъ фосфоритовъ произошла отъ разрушенія микроскопическихъ кристалловъ апатита, встрѣчающагося въ значительномъ количествѣ въ гранитахъ Подолія <sup>1)</sup>.

По химическому составу своему фосфориты эти при значительныхъ колебаніяхъ въ количествѣ фосфорной кислоты отличаются въ общемъ довольно высокимъ ея содержаніемъ (изъ русскихъ фосфоритовъ наиболѣе высокимъ), а именно отъ 23,50% до 38,38%, это соотвѣтствуетъ 51,23% до 83,66% трехосновой фосфорнокислой извести; кромѣ главной составной части встрѣчаются еще углекислая известь, окислы желѣза и глинозема, количество которыхъ доходить до 9,23%, фтористый кальцій и др. Вотъ данныя анализа одного образца фосфорита произведеннаго Рижской сельскохозяйственной станціей.

Окиси желѣза . . .	1.90	Сѣрнистой кислоты . . .	0.42
Окиси алюминія . . .	1.12	Угльной кислоты . . .	1.31
Окиси магія . . . . .	0.37	Кремневой кислоты . . .	5.05
Щелочей . . . . .	0.07	Фтора . . . . .	1.37
Фосфорной кислоты	38.38	Потери при прокаливаніи	1.66
Извести . . . . .	49.50		101.15
Поправка на кислородъ вълѣдствіе присутствія фтора	—0.6		100.55 <sup>2)</sup>

1) Мельниковъ, Фосфориты Подолія и Бессарабіи, стр. 23.

2) Мельниковъ 1 с. 75. Сопоставленія другихъ анализовъ см. въ II отчетѣ Лабор. Мин. З., сост. П. С. Коссовичемъ, стр. Тамъ же—литература по фосфоритамъ вообще. Довольно подробно распространене и свойства фосфоритовъ описаны В. И. Виноградовымъ въ книгѣ: *Сельскохозяйственный анализъ*, сост. Демьяновымъ, Виноградовымъ и Егоровымъ, ч. 2-я.

Позднѣе подольскихъ залежей фосфоритовъ начали эксплуатировать другія залежи, хотя изучены онѣ были одновременно, а частью и ранѣе подольскихъ.

Въ 1866 году проф. с.-петербургскаго земледѣльческаго института А. П. Энгельгардтъ командированъ былъ министерствомъ государственныхъ имуществъ для изслѣдованія залежей фосфоритовъ въ Россіи (губ. орловская, курская, воронежская). Статьи А. П. Энгельгардта и сопутствовавшаго ему студента А. Ф. Ермолова возбудили всеобщій интересъ къ этому вопросу; фосфоритъ начали искать въ различныхъ мѣстахъ и нашли его въ громадныхъ количествахъ. Къ тому времени относятся и первыя попытки примѣненія фосфорита; начали открываться заводы для переработки его. Первымъ былъ заводъ около Курска, одновременно возникъ въ Ригѣ заводъ Шмицта, и др.

Но практическихъ послѣдствій ни опыты примѣненія фосфоритовъ, ни статьи Энгельгардта и Ермолова тогда не принесли и почти все заводы должны были прекратить свою дѣятельность за недостаткомъ покупателей. (Рижскій заводъ перешелъ на приготовленіе суперфосфата). Почти двадцать лѣтъ спустя Энгельгардтъ, уже будучи хозяиномъ Батищева, снова обратилъ вниманіе на фосфориты; экскурсируя по *рославльскому уѣзду*<sup>1)</sup> онъ открылъ залежи на землѣ принадлежащей Мясоѣдову; въ 1885 году Мясоѣдовъ прислалъ Энгельгардту первые 100 пудовъ размолотаго фосфорита; полевые опыты дали рельефные результаты и Энгельгардту удалось выясниги положительное значеніе фосфоритовъ для сѣверныхъ подзолистыхъ почвъ и возбудить къ нимъ уже болѣе прочный интересъ; это сказалось сильнымъ ростомъ спроса на фосфориты въ Россіи и размѣровъ ихъ добываша.

*Курскій „самородъ“* (или „плита“) представляетъ изъ себя „песчаникъ, состоящій изъ кварцеваго песку, связаннаго цементомъ, имѣющимъ составъ окаменѣлыхъ костей (рыбъ и ящеровъ), находимыхъ въ той же формаци“<sup>2)</sup>. Встрѣчается онъ въ Курской губ. въ значительныхъ количествахъ и употребляется жителями для мощенія шоссе.

1) Подробнѣе о смоленскихъ фосфоритахъ см. въ статьѣ В. П. Вернадскаго, Труды Гольно-Экон. О-ва, 1888, III, 263.

2) А. Энгельгардтъ „Изъ химическ. лаб. Сиб. землед. инстит.“ Сельск. хоз. и лѣсов. 1867.

улицъ и для бута. Самородъ представляетъ изъ себя настоящую горную породу, которая встрѣчается повсемѣстно на сѣверной границѣ мѣлового бассейна <sup>1)</sup>; кромѣ „плиты“ встрѣчаются желваки разнаго цвѣта и размѣровъ. Помимо Курской, залежи эти находятся въ Тамбовской, Воронежской, Орловской, Смоленской, Калужской губ. Многочисленные анализы курскаго саморода показываютъ, что онъ содержитъ меньше фосфорной кислоты, нежели фосфориты подольскіе—отъ 14 до 17 и 20<sup>0</sup>/<sub>100</sub>; остальное составляютъ кварцевый песокъ и др.

Вскорѣ затѣмъ были открыты залежи фосфоритовъ въ Рязанской губ. Онѣ извѣстны были тамъ еще съ 60-хъ годовъ, но ихъ стали разрабатывать лишь въ восьмидесятыхъ годахъ послѣ того, какъ онѣ были изслѣдованы по порученію Рязанскаго земства въ лабораторіи Петровской Академіи Григорьевымъ. Григорьевъ показалъ, что въ составъ рязанскаго фосфорита входитъ еще глауконитъ—минераль содержащій до 8<sup>0</sup>/<sub>100</sub> K<sub>2</sub>O (въ фосфоритахъ отъ 1 до 4<sup>0</sup>/<sub>100</sub> K<sub>2</sub>O; но помимо малаго содержанія и усвояемость кали въ глауконитѣ не выяснена точнѣе). Залегаютъ глауконитовые фосфориты главнымъ образомъ надъ юрскими слоями въ зеленыхъ пескахъ и песчаникахъ, иногда переполненныхъ остатками раковинъ („ауцелловый слой“, отъ *Aucella mosquensis*). Фосфоритъ этотъ представляетъ изъ себя песчаникъ, зерна кварца и глауконита въ которомъ сцементированы углекислой и фосфорнокислой известью, а также окисью желѣза, глиноземомъ и т. п. Кварцеваго песка содержится, по анализамъ Григорьева, отъ 10.5 до 19.1<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, другая же часть песчаника есть глауконитъ <sup>2)</sup>. (Не всѣ рязанскіе фосфориты относятся къ этому типу). При обработкѣ ихъ выбранный матеріалъ сушится и размалывается, рѣже примѣняется при предварительной обработкѣ и обжиганіи <sup>3)</sup>. Среднее содержаніе фосфорной кислоты въ нихъ около 17<sup>0</sup>/<sub>100</sub> съ значительными колебаніями.

<sup>1)</sup> Ibid. стр. 42.

<sup>2)</sup> П. Морозовъ „О фосфорнокислыхъ удобреніяхъ“ см. Труды Вольно-Эконом. Общ. 1883, т. 3, стр. 282.

<sup>3)</sup> Рязанскіе фосфориты описаны въ работѣ Ключарева, см. „Матерьялы по изслѣдованію русскихъ почвъ“ изд. Докучаевымъ и Совѣтовымъ, VІІ.

Кромѣ перечисленныхъ фосфоритовъ слѣдуетъ еще отмѣтить *Костромскіе* фосфориты, встрѣчающіеся въ юрскихъ слояхъ. Они наиболѣе богаты фосфорной кислотой изъ всѣхъ сѣверныхъ фосфоритовъ (28%  $P_2O_5$ ); встрѣчаются обычно въ плотныхъ массахъ, въ видѣ неправильныхъ стяженій темнаго цвѣта, извѣстны въ продажѣ подъ именемъ „Куломзинскихъ“.

*Вятскіе* фосфориты также залегаютъ въ верхнихъ слояхъ юрской системы; они содержатъ 16—28% фосфорной кислоты и представляютъ песчано-глинистую породу (съ участіемъ глаукогита), сцементированную фосфатомъ извести (а также и  $CaCO_3$ ). Изслѣдованы были эти залежи въ 1888 году, а въ 1891 г. земство начало ихъ разрабатывать. По малой растворимости вятскій фосфоритъ приближается къ подольскому.

Кромѣ того юрскіе фосфориты встрѣчаются въ губерніяхъ: Московской, Ярославской, Владимірской, Нижегородской, Симбирской и др.

Начиная съ 1886 года спросъ на фосфориты возрасталъ въ значительной мѣрѣ, какъ показываютъ слѣдующія цифры:

1886 году	потреблено	фосфорита	5.000	нуд.
1887	„	„	60.000	„
1890	„	„	200.000	„
1892	„	„	800.000	„

Но ростъ этотъ далѣе не былъ непрерывнымъ.

*Подготовка фосфоритовъ.* Прежде чѣмъ внести въ почву фосфоритъ, онъ долженъ быть подготовленъ, причѣмъ подготовка можетъ быть или только механическая или еще и химическая. Благодаря трудной растворимости фосфорной кислоты фосфоритовъ, громадную роль при ихъ употребленіи играетъ степень тонкости размолу. Съ увеличеніемъ частицъ муки уменьшается поверхность соприкосновенія фосфорита съ частицами земли и уменьшается его усвояемость. Растворимость въ водѣ фосфорной кислоты фосфоритовъ очень не велика (близка къ нулю), нѣсколько выше растворимость въ водѣ насыщенной углекислотой. Оказывается, что растворимость въ слабыхъ растворителяхъ значительно возрастаетъ по мѣрѣ уменьшенія диаметра частицъ фосфорита. Мюнцъ

взявъ арденнскій фосфоритъ и измельчивши раздѣлилъ при помощи ситъ на части различной крупности; испытывая потомъ растворимость отдѣльныхъ пробъ онъ нашелъ:

Частицы . . . . . 3 мм. 2 мм. 1 мм. < 1 мм.

При дѣйствіи воды съ

CO<sub>2</sub> растворилось . . 4 „ 11 „ 48 „ 81 миллигр.

При опытахъ растворенія фосфорной кислоты фосфоритовъ въ лимоннокисломъ амміакѣ замѣчается также послѣдовательность въ увеличеніи растворимости по мѣрѣ уменьшенія частицъ. Это же замѣчается и въ полевыхъ опытахъ съ фосфоритами. Въ Германіи одинъ опытъ примѣненія фосфата на кислой болотной почвѣ далъ слѣдующіе результаты:

Крупность частицъ	$\frac{1}{2}$ —1 мм.	урожай	27 gr.
	$\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ „	„	39 „
	0 1—0.2 „	„	51 „

т.-е. урожай при томъ же составѣ матеріала мѣньше, чѣмъ тоньше помоль.

Такимъ образомъ, при оцѣнкѣ фосфоритовъ необходимо обратить вниманіе и на ихъ механическій составъ. Заводы обычно доставляютъ матеріалъ извѣстной мелкости размола, пропуская для этого фосфоритъ черезъ металлическія или шелковыя сита съ извѣстными размѣрами промежутковъ. Напр., сито № 100-й (№ сита соотвѣтствуетъ числу нитей или проволокъ на 1 дюймъ) при шелковыхъ нитяхъ имѣетъ промежутки, равные 0,17 мм. Во Франціи считаютъ нормальнымъ размоль тогда, когда около 80% продукта проходитъ черезъ это сито.

При размалываніи иногда сортируютъ матеріалъ при помощи отсѣванія такимъ образомъ, что получаютъ продукты болѣе богатые фосфорной кислотой или съ меньшимъ содержаніемъ ея; если напр., фосфоритъ состоитъ изъ смѣси фосфата съ кварцевымъ пескомъ, то при размолѣ первый измельчится ранѣе, нежели второй и отсѣваніемъ можно получить продуктъ болѣе богатый P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; обратное наблюдается въ фосфоритахъ глинистыхъ. Во Франціи примѣняютъ иногда для той же цѣли отмучиваніе, какъ средство, при

помощи котораго можно обогатить матеріаль фосфорной кислотой. Употребляются иногда и обжиганіе фосфоритовъ, при чемъ углекислая известь переходитъ въ СаО, что повышаетъ %  $P_2O_5$  и облегчаетъ размельченіе.

Если извѣстенъ химическій и механическій составъ фосфоритовъ, то полезно для болѣе яснаго о немъ представленія знать и происхождение его, такъ какъ фосфориты могутъ различно дѣйствовать на урожай, смотря по формѣ фосфорной кислоты ихъ, которая можетъ быть или въ кристаллическомъ или въ аморфномъ видѣ. Въ лабораторныхъ опытахъ съ раствореніемъ фосфорной кислоты различныхъ фосфоритовъ наблюдается значительная разница въ растворимости ихъ въ зависимости отъ происхожденія.

Такъ, въ опытахъ г. Яновчика въ лабораторіи проф. Богданова получились слѣдующія цифры:

Фосфориты	Подольскій	Курскій	Рязанскій	Смоленскій
Содержаніе $P_2O_5$ . . . . .	31.6	15.7	18.4	19.7%
Колич. $P_2O_5$ растворенной въ лимоннокисл амміакѣ.	9.5	10.3	13.3	14.7
Въ % отъ всего колич. $P_2O_5$	30%	65%	72.%	74%

Цифры эти показываютъ только *относительный* характеръ взятыхъ образцовъ, постоянными ихъ считать нельзя, такъ какъ здѣсь много значать подробности самаго метода: сколько бралъ фосфорита и растворителя, примѣнять обработку болѣе или менѣе продолжительную, повторную или однократную

Въ химическ. лабораторіи Моск. С.-Х. Института Н. К. Недокучаевымъ примѣнялась *повторная* обработка фосфоритовъ 2% лимонной кислотой, въ нѣсколько пріемовъ:

	Подольск.	Костром.	Рязан.	Смол.
Извлечено въ суммѣ $P_2O_5$ :	51%	79%	66%	80%

Не утверждая, что существуетъ пропорціональность между показаніями этого растворителя и усвояемостью фосфорной кислоты, можно ожидать что послѣдовательность въ использованіи фосфоритовъ различными растеніями будетъ такая же; по крайней мѣрѣ, подольскій фосфоритъ дѣйствительно отличается меньшей усвояемостью (которая у фосфоритовъ и вообще очень мала).

Для того, чтобы фосфорная кислота фосфоритовъ могла быть использована растеніями, необходимо, чтобы трехкальціевый фосфатъ (точнѣе-апатитъ) подѣ влияніемъ угольной и другихъ кислотъ перешелъ въ двухкальціевый и однокальціевый. Въ перегнойныхъ почвахъ эту роль могутъ исполнять перегнойныя кислоты, давая гуминово-кальціевыя соли. Въ особенности этотъ переходъ трехкальціевой соли въ однокальціевую замѣтенъ тогда, когда въ почвѣ присутствуютъ соли минеральныхъ кислотъ ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ); въ этихъ случаяхъ кислоты солей могутъ помогать перегнойнымъ кислотамъ переводить въ растворъ фосфорную кислоту. Но вообще отношеніе между количествомъ фосфата и гуминовыхъ веществъ должно быть очень широкимъ. Напр., 100 гр. гуминовой кислоты могли разложить 1.13 гр. фосфорита; 1 часть трехкальціеваго фосфата требовала (у Эйхгорна) для растворенія 8.8 частей гуминовой кислоты или 36 частей торфа (а сѣрной кислоты всего 0,6 ч.).

По Флейшеру, въ пахатномъ слоѣ торфяной почвы содержится столько кислотъ, что на десятину онѣ могли бы дать 25 и болѣе пудовъ растворимой  $\text{P}_2\text{O}_5$ , если внести должное количество фосфорита.

Fleischer и Kissling <sup>1)</sup> брали 20 гр. торфа и смѣшивали его съ фосфоритомъ (3 гр.). Чистый торфъ переводилъ въ растворъ 13,6%; торфъ съ  $\text{KCl}$  — 19,4; съ каинитомъ 17,9; съ  $\text{K}_2\text{CO}_3$  — 1,1; съ  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  — 25, 0% отъ всей  $\text{P}_2\text{O}_5$  <sup>2)</sup>.

Параллельно съ этими показаніями есть и опыты, доказывающіе возможность примѣненія фосфоритовъ на почвахъ кислыхъ; такъ, Бременская станція для изученія культуры торфяниковъ въ послѣднее время съ успѣхомъ пользуется алжирскимъ фосфоритомъ (и это послѣ того, какъ въ Германіи употребленіе необработанныхъ кислотами фосфоритовъ было почти совершенно отвергнуто); въ такихъ случаяхъ возможно, что фосфоритъ мало растворимый можетъ дать эффектъ даже болѣе чѣмъ растворимый (кислый) фосфатъ.

<sup>1)</sup> Landw. Jahrbücher, Bd. XII.

<sup>2)</sup> Отмѣтимъ, впрочемъ, что Бълецкій, констатировалъ значительное раствореніе фосфорной кислоты фосфорита подѣ влияніемъ торфа, не наблюдалъ того благоприятнаго дѣйствія солей, какое отмѣчается цитированными авторами (Извѣстія Петровской Академіи 1880 г.).

Напр., опыты въ сосудахъ Ulbricht'a (Швеція) дали слѣдующіе результаты (Bied. Centr. 1892):

Почва безъ фосфорной кислоты; урожай	34	грам.
„ растворимая фосфорная кислота .	135	„
„ Танскій фосфоритъ . . . . .	115	„
„ двойной колич. того же фосфорита	147	„

Однако, подобныя результаты могутъ дать лишь меньшинство почвъ (о преобладающей роли фактора „почва“ среди условій опредѣляющихъ успѣхъ или неуспѣхъ примѣненія фосфоритовъ см. ниже, въ главѣ о сравнительномъ достоинствѣ фосфатовъ).

Если при одновременномъ внесеніи съ фосфоритомъ канинта на кислыхъ почвахъ можно рассчитывать поднять растворимость фосфорной кислоты, то при внесеніи веществъ, способныхъ нейтрализовать освобождающіяся кислоты, растворимость фосфорной кислоты значительно понижается. Подтвержденіе этому находимъ въ опытахъ французскихъ хозяевъ, пользующихся фосфоритомъ при раздѣлкѣ ландъ и торфяниковъ; особенно удачнымъ оказалось примѣненіе фосфоритовъ при обращеніи въ культуру подобныхъ земель въ Бретани; большая заслуга въ этомъ дѣлѣ принадлежала Rieffel'ю, какъ у насъ А. П. Энгельгардту; если при этомъ желаютъ известковать почву и удобрять ее фосфоритомъ, то необходимо известкованіе дѣлать послѣ внесенія фосфорнокислаго удобрения; въ противномъ же случаѣ известъ, нейтрализуя кислоты, сильно понижаетъ растворимость и использование фосфорной кислоты фосфоритовъ.

Если фосфорная кислота фосфоритовъ при наличности известныхъ свойствъ почвы (торфянистой, подзолистой) способна переходить въ растворимую форму, то въ другихъ случаяхъ этотъ переходъ долженъ быть осуществленъ искусственнымъ путемъ, при чемъ или пользуются приемами кустарными, домашними, или прибѣгаютъ къ помощи фабричныхъ производствъ

Въ первомъ случаѣ, напр., компостируютъ фосфориты, смѣшивая ихъ съ отбросами органическаго происхожденія, содержащими или образующими кислоты, напр., выжимками отъ винограда или яблокъ, съ торфомъ и даже навозомъ.

У нѣкоторыхъ авторовъ имѣются указанія на значитель-

ный переход  $P_2O_5$  въ растворимую форму въ этихъ случаяхъ. Въ опытахъ Грандо получены такіе результаты:

	Урожай.	$P_2O_5$ перешло въ растворъ.
Фосфоритъ неподготовленный . . .	430	0,3 gr.
„ смѣшанный съ торфомъ. 800		1 , на килогр.

Подобные же результаты получены въ опытахъ Книрима (Рига). Условия благоприятнаго дѣйствія торфа были затронуты выше, по поводу опытовъ Эйхгорна. Есть впрочемъ опыты и съ иными результатами, что, вѣроятно, зависитъ отъ употребленія торфа различныхъ свойствъ.

Отъ навоза, конечно, можно ожидать гораздо меньшаго растворяющаго дѣйствія, чѣмъ отъ торфа. Навозъ представляетъ среду, въ которой перегнойныя кислоты нейтрализованы щелочами, преимущественно амміакомъ, при чемъ обычно есть избытокъ амміака въ формѣ углекислаго (или дву-углекислаго). Растворяющимъ факторомъ является углекислота, поэтому, энергичнаго химическаго воздѣйствія навоза на фосфоритъ ожидать нельзя. И дѣйствительно, наблюдаемый эффектъ дѣйствія навоза на фосфоритъ не великъ или равенъ нулю.

Вотъ результаты опытовъ Müntz'a:

	Общее со- держ. $P_2O_5$	Вытяжка содер- жала $P_2O_5$	
		лимонно- кисл.	щавелево- кисл.
Навозъ смѣшан. съ фосфоритомъ.	0,65	0,18	0,21
Навозъ безъ фосфорита. . . . .	0,27	0,13	0,15

Въ другомъ опытѣ черезъ полгода перешло въ растворъ изъ фосфорита заключавашаго 141 gr.  $P_2O_5$ , только 3,8 gr. фосфорной кислоты (см. работу Pfeiffer'a въ Landw. Vers. Stat., Bd. 47). Встрѣчаются въ литературѣ указанія на большую, якобы, растворимость фосфоритовъ при внесении ихъ съ навозомъ, чѣмъ безъ послѣдняго. Очень возможно, что наблюдаемый эффектъ зависитъ не отъ лучшаго растворенія  $P_2O_5$  фосфоритовъ, а отъ одновременнаго внесения съ навозомъ еще и азота, который часто находится въ minimum'ѣ въ почвахъ.

Гораздо быстрее и полнее, чем органические, действуют на фосфориты минеральные кислоты употребляемые при фабричной их переработке.

*Приготовление суперфосфата.*

Первым толчком в такой обработке фосфоритов послужило предложение Либиха обрабатывать кости серной кислотой; а затем эту реакцию стали применять и к фосфоритам; первый завод открыт был в Англии в 1843 году.

Основная реакция выражается в простейшей форме следующим уравнением:



Реакция образования одноосновной соли не идет сразу так гладко, как это выражено вышеприведенным уравнением; если смешать трехкальциевый фосфат с серной кислотой и тотчас же обработать водой и профильтровать, то в фильтрате можно обнаружить свободную фосфорную кислоту, а последняя уже при дальнейшем течении реакции в процессе приготовления суперфосфата связывается кальцием неразложившего фосфата с образованием того же однокальциевого фосфата.



Если переувлажнение массы бывает недостаточное, то части реакции остановится на первой фазе, а в других местах останется неразложивший фосфорит.

Продуктом реакции является, между прочим, гипс, почему необходимо брать  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с таким количеством воды, чтобы последней хватило на образование  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и остался еще некоторый излишек; при недостатке воды гипс берет ее всю из смеси, вследствие чего образуется плотная, твердеющая масса, мешающая получению однородного продукта.

Если принять во внимание кристаллизационную воду гипса и крислога фосфата, то основное уравнение примет следующий вид:



Въ то время какъ въ исходномъ продуктѣ  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  приходится на  $\text{P}_2\text{O}_5$  45,8%, въ конечномъ продуктѣ по этому уравненію содержится лишь 23,8%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; это и есть верхній предѣлъ, выше котораго въ обыкновенномъ суперфосфатѣ не можетъ содержаться  $\text{P}_2\text{O}_5$ , обычно же содержится ниже, такъ какъ исходятъ не изъ чистаго  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .

Но только не по одной этой реакціи въ технику приготовленія суперфосфатовъ вычисляютъ потребное для разложенія фосфорита количество сѣрной кислоты; такъ какъ фосфоритъ часто содержитъ  $\text{CaCO}_3$ , легко разлагаемую дѣйствіемъ кислоты, притомъ скорѣе и энергичнѣе чѣмъ  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , то нуженъ ббльшій или меньшій избытокъ кислоты противъ количества ея, вычисляемаго по выше приведенному уравненію, для разложенія углекислыхъ и др. солей (смотря по составу фосфорита).

Хотя присутствіе большихъ количествъ  $\text{CaCO}_3$  въ фосфоритѣ нежелательно (вълѣдствіе излишняго расхода  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и пониженія процентнаго содержанія  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), но въ малыхъ количествахъ углекислая известь считается даже полезной, такъ какъ ею вызывается повышеніе температуры, ускоряющей ходъ реакціи, обусловливается большая порозность массы и облегчается сушка послѣдней; желательно присутствіе не болѣе 5%  $\text{CaCO}_3$ . Поэтому при обработкѣ фосфоритовъ, не содержащихъ  $\text{CaCO}_3$  (напр., апатита), иногда нарочно примѣшиваютъ <sup>1)</sup> съ указанной цѣлью немного  $\text{CaCO}_3$  (или берутъ здѣсь апатита съ фосфоритомъ богатымъ  $\text{CaCO}_3$ , но этимъ достигаются менѣе удовлетворительные результаты (смѣшеніе не бываетъ столь совершеннымъ), чѣмъ въ томъ случаѣ, когда углекальціевая соль содержится въ необходимомъ (умѣренномъ) количествѣ какъ природная составная часть фосфорита. Для достиженія большей скорости и полноты реакціи при переработкѣ апатитовъ можно пользоваться другимъ средствомъ, именно примѣнять нагрѣтую предварительную кислоту.

Кромѣ углекислаго кальція сѣрная кислота разлагаетъ и отчасти кремнекислыя соли, выдѣляя студенистую  $\text{SiO}_2$ .

Содержащейся въ фосфоритахъ (апатитахъ)  $\text{CaF}_2$  сѣрной

1) „Mischungen von karbonatfreien Phosphaten mit Säure bleiben meistens „tobt und kalt“, schliessen sich deshalb nur langsam auf und trocknen schwer“.  
*Schucht*, I. c. 61.

кислотой также разлагается (благодаря разогрѣванію массы), образуя  $\text{HFl}$ ,  $\text{SiFl}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SiFl}_6$ . Такимъ образомъ главная реакція образованія монокальціевого фосфата сопровождается и усложняется этими побочными, и въ концѣ концовъ получается смѣсь сложнаго химическаго состава.

Не вдавался въ подробности разсчета кислоты, необходимой для разложенія фосфата въ зависимости отъ его состава, приведемъ приблизительныя количества кислоты для нѣкоторыхъ случаевъ:

	100 ч. фосфата съ содержаніемъ:				Верется по вѣсу.	
	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{CaCO}_3$	$\text{CaO}$ въ видѣ $\text{CaCl}_2$ и $\text{CaFl}_2$	$\text{H}_2\text{SO}_4$ (60°B)	воды
Костяная зола .	82,1	0,3	4,4	2,6	80	15
Подольскій фосфоритъ . . .	74,7	5,0	4,7	4,2	86	24 <sup>1)</sup>

Въ технику при правильно организованномъ производствѣ разсчетъ кислоты основывается на близкомъ знакомствѣ съ составомъ и свойствами того фосфата, съ которымъ придется имѣть дѣло; всякая неточность въ этомъ отношеніи отзывается цѣною на свойствахъ продукта, который при избыткѣ кислоты не просыхаетъ, образуетъ мажущуюся массу, а при ея недостаткѣ содержитъ неразложенный фосфатъ, неоплачиваемый при продажѣ и способный вызывать ретроградацию при храненіи.

Фосфориты до химической обработки предварительно измельчаются, для чего пользуются толчеями, бѣгунами, жерновами; въ послѣднее время съ этой цѣлью употребляются „шаровыя“ мельницы (непрерывнаго дѣйствія), представляющія вращающійся барабанъ (см. рис. 14) со стѣнками изъ стальныхъ пластинъ, съ отверстіями между ними; внутрь вводятъ куски фосфорита вмѣстѣ съ стальными или чугунными шарами; при вращеніи фосфоритъ размальывается отъ ударовъ и тренія, и мелкія части проваливаются черезъ отверстія въ стѣнкахъ и далѣе ноступаютъ на сита.

Послѣ измельченія смѣшиваютъ фосфоритъ съ сѣрной кислотой, при чемъ на благоустроенныхъ заводахъ заботятся

1) См. Schucht, Fabrikation des Superphosphats, Braunschweig, 1903, стр. 76.

объ отводѣ выдѣляющихся ядовитыхъ (HF) газовъ и даже о поглощеніи ихъ водой или известковымъ молокомъ; кромѣ того рабочіе для защиты отъ дѣйствія газовъ и брызгъ  $H_2SO_4$  снабжаются очками и масками - респираторами. Тщательное и быстрое смѣшеніе является весьма важной операціей отъ которой зависитъ полнота реакціи и однородность продукта. Если смѣшиванье ведется ручнымъ способомъ въ открытыхъ резервуарахъ (рис. 15), то приходится вести работу съ перерывами, необходимыми для выгрузки готового суперфос-



Рис. 14.

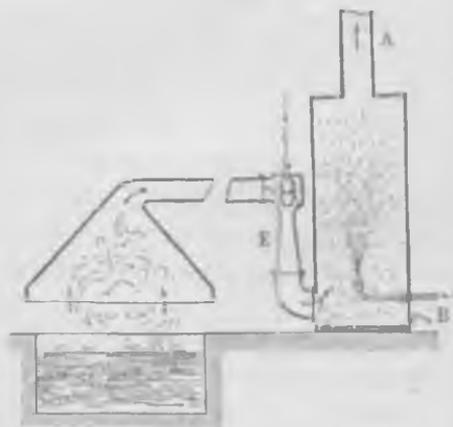


Рис. 15.

фата. Болѣе совершенны по устройству закрытые приборы съ механическимъ смѣшиваньемъ; они состоятъ или изъ неподвижнаго цилиндрическаго резервуара, съ одного конца котораго вводится сырой матерьялъ (кислота и фосфоритъ), а съ другого выходитъ готовый продуктъ — суперфосфатъ, при чемъ перемѣшиваніе и передвиженіе достигается ножами, по спирали расположенными на вращающейся оси цилиндра (см. рис. 16); или же ось прибора располагается вертикально, при чемъ самъ онъ имѣетъ форму тигля, черезъ крышку котораго всыпается фосфатъ и вливается кислота, а послѣ перемѣшиванья вся масса падаетъ внизъ при откры-

ти люка (или нѣсколькихъ люковъ) въ нижней части прибора (см. рис. 17).

Въ послѣднемъ случаѣ часто пользуются расположениемъ изображенномъ на рис. 18-мъ: изъ прибора для смѣшиванья гдѣ масса энергично перерабатывается мѣшалками въ тече-

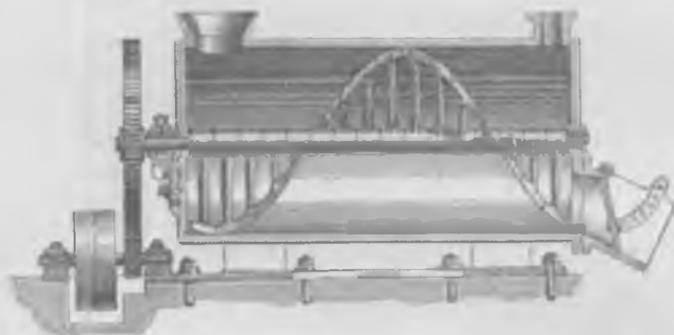


Рис. 16.

ніе менѣе чѣмъ одной минуты, въ еще полужидкомъ состояніи горячая смѣсь быстрымъ движеніемъ клапановъ выбрасывается въ помещеніе /, гдѣ собственно и заканчивается реакція, а въ приборъ вводится тотчасъ же новая смѣсь.

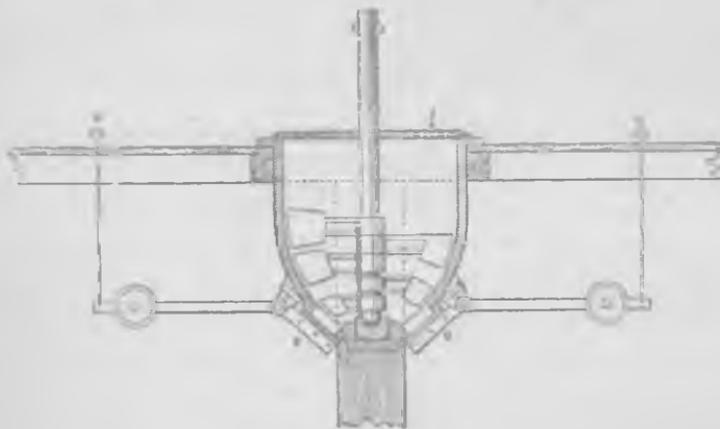


Рис. 17.

При этомъ используется теплота, развивающаяся при реакціи какъ для болѣе полного разложенія нѣкоторыхъ болѣе стойкихъ составныхъ частей фосфорита, такъ и для удаленія возможно большаго количества воды.

Полученная масса далѣе подвергается (если нужно) сушкѣ въ особыхъ сушильняхъ; обыкновенно вагонетки, нагруженные

суперфосфатомъ, подвигаются въ нихъ постепенно навстрѣчу току теплаго воздуха, отдавая излишнюю воду (но кристаллизационная вода при обычныхъ условіяхъ сушки остается). Важно для успѣха дѣла производить сушку не при высокой температурѣ, иначе кромѣ высушиванія и потерь кри-

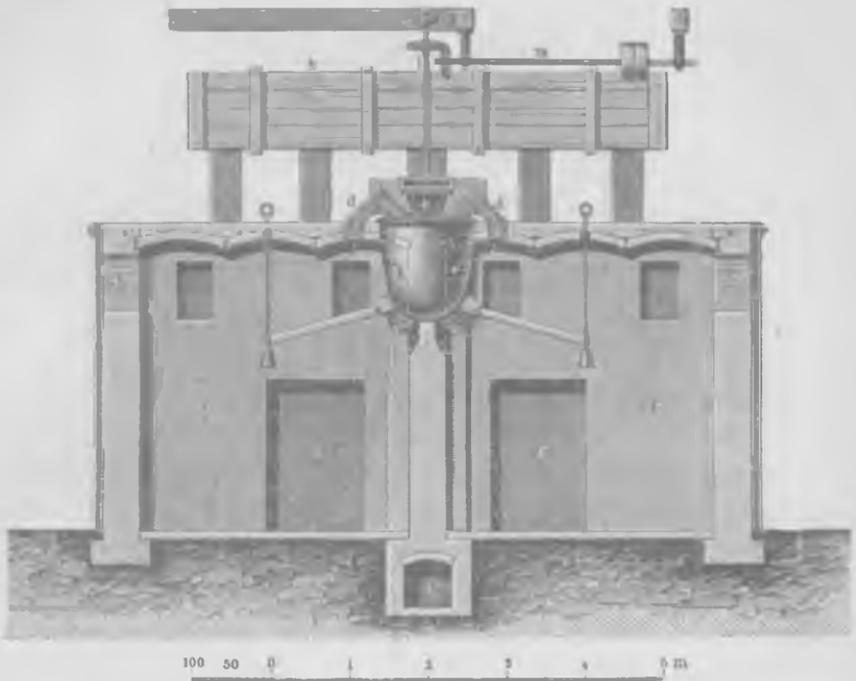


Рис. 18. *a*—резервуаръ для смѣшиванія, *e*—воронка для всыпанія фосфорита, *k*—резервуаръ съ сѣрной кислотой, *e*—клапаны съ противовѣсами, *f*—подвальное помещеніе, куда спускается горячая смѣсь для окончанія реакціи, *g*—отверстія для выгрузки готоваго суперфосфата.

сталлизационной воды начнется разложеніе (съ выдѣленіемъ воды) кислыхъ солей ортофосфорной кислоты, съ образованіемъ солей пиро-и метафосфорной кислоты. Температура сушки не должна быть выше  $100^{\circ}$ , при  $120^{\circ}$  образуется пирофосфатъ, при  $200^{\circ}$  — метафосфатъ <sup>1)</sup>.



<sup>1)</sup> Образованіе этихъ продуктовъ связано съ пониженіемъ достоинства суперфосфата; такъ въ одномъ опытѣ при внесеніи въ качествѣ удобрения пиро-и метафосфата Gregoire получили слѣдующіе результаты:

	Безъ фосфора.	Пирофосфатъ.	Метафосфатъ.	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ .
Урожай:	13,9	15,1	17,3	40 4.

(См. рефератъ въ Bied. Centralblatt, 1905, 577).

Въ послѣднее время взаи́мнъ сушки суперфосфатовъ, содержащихъ избытокъ фосфорной кислоты, примѣшиваютъ къ нимъ небольшое количество костяной муки (обезклеенной); частички порозной кости впитываютъ жидкость и нейтрализуютъ ее, при чемъ достигается высушиванье безъ потерь въ количествѣ растворимой  $P_2O_5$ .

Въ получаемой сложной смѣси, носящей названіе суперфосфата, фосфорная кислота находится главнымъ въ растворимой въ водѣ формѣ; не говоря о небольшихъ количествахъ свободной  $H_2PO_4$  и преобладающей формѣ  $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ , она содержится отчасти въ видѣ кислыхъ солей  $Mg$ ,  $Al$ ,  $Fe$ .  $Fe(H_2PO_4)_3$  есть также соль растворимая, какъ и соответствующая соль  $Al$ , но не стойкая, являющаяся одной изъ причинъ вторичныхъ реакцій въ суперфосфатахъ <sup>1)</sup>.

Нерастворимыми въ водѣ солями  $P_2O_5$  въ суперфосфатѣ являются двукальцевый фосфатъ  $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ , полуторнокислые соли  $Fe$  и  $Al$  (напр.,  $FeH_3(PO_4)_2$ ,  $FePO_4$  и соответствующія соли  $Al$ ).

Далѣе, въ составъ суперфосфатовъ входятъ  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  (гипсъ), сѣрниокислые  $Fe$  и  $Al$ , свободная кремневая кислота, отчасти силикаты  $Fe$ ,  $Ca$ ,  $Al$ , песокъ, глина, иногда немного  $CaFl_2$ . Соли угольной кислоты встрѣчаются лишь при очень плохомъ перемѣшиваніи смѣси фосфорита съ сѣрною кислотой.

Разсмотримъ ближе свойства  $Ca(H_2PO_4)_2$ : соль эта можетъ быть получена въ кристаллическомъ видѣ  $[Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O]$ , отличается нестойкостью, при высушиваніи теряетъ кристаллизационную воду, при болѣе высокой температурѣ теряетъ еще больше воды, переходя въ соль пирофосфорной кислоты.

По *Stoklasa* одноосновный фосфатъ растворяется въ водѣ лишь въ томъ случаѣ, если на 1 ч. соли приходится 200 ч. воды; при другихъ отношеніяхъ (напр. 1 : 50) происходитъ разложеніе соли съ выдѣленіемъ свободной  $P_2O_5$ :



При этомъ двукальцевый фосфатъ получается въ осадкѣ.

<sup>1)</sup> (См. *Stoklasa*, Chemische und physiologische Studien über die Superphosphate. Объ опредѣленіи свободной  $P_2O_5$  см. *Herzfelder*, Landw. Vers-Stat., Bd. 58, стр. 471 (сопоставленіе различныхъ методовъ).

При кипяченіи, даже въ томъ случаѣ, если на 1 ч. соли приходится 200 ч.  $H_2O$ , также происходитъ разложеніе мопокальціевой соли съ выдѣленіемъ свободной  $P_2O_5$ .

Разсматриваемое обстоятельство необходимо имѣть въ виду при приготовленіи вытяжки изъ суперфосфата такъ какъ благодаря ему безъ всякихъ другихъ причинъ количество растворимой  $P_2O_5$  суперфосфата можетъ уменьшиться (вслѣдствіе образованія нерастворимаго въ водѣ двукальціеваго фосфата).

Какъ мы видѣли, суперфосфатъ неизбѣжно представляетъ смѣсь болѣе бѣдную фосфорной кислотой сравнительно съ фосфоритомъ, такъ какъ мы прибавляемъ къ фосфориту сѣрную кислоту и воду; первая даетъ гипсъ—постоянную составную часть обыкновеннаго суперфосфата; вторая также въ значительной степени входитъ въ составъ конечнаго продукта въ видѣ кристаллизационной воды. Недостаточно высокое содержаніе  $P_2O_5$  при потребленіи на мѣстѣ производства не представляетъ неудобства, такъ какъ оцѣнка производится по  $\% P_2O_5$  и можно употреблять двойное количество напр. 10% продукта вмѣсто простого количества 20%-наго. Не то при перевозкѣ на дальнія разстоянія: чѣмъ больше балласта приходится перевозить, тѣмъ дороже обойдется 1%  $P_2O_5$  въ пудѣ суперфосфата; по этому чѣмъ дальше отъ мѣста фабрикаціи, тѣмъ выгоднѣе брать высокопроцентные продуктъ. Для этихъ цѣлей готовятъ кромѣ простого еще *двойной суперфосфатъ*. Для реакціи въ этомъ случаѣ употребляютъ не сѣрную, а фосфорную кислоту, приготовляемую тутъ же на мѣстѣ изъ фосфорита (по возможности не содержащаго  $CaCO_3$ ), послѣ разложенія (полнаго) сѣрной кислотой; водный растворъ извлеченной  $H_3PO_4$  сгущаютъ, дѣйствуютъ имъ на новую порцію фосфорита и получаютъ продуктъ содержащій также  $Ca(H_2PO_4)_2$ , но *безъ гипса*, съ бѣльшимъ содержаніемъ  $P_2O_5$  сравнительно съ суперфосфатомъ, полученнымъ прямымъ дѣйствіемъ  $H_2SO_4$ : обыкновенный суперфосфатъ содержитъ 15—20%  $P_2O_5$ , здѣсь же содержаніе  $P_2O_5$  доходитъ до 30% и выше.

Для обработки фосфоритовъ (и костей) употребляютъ кромѣ сѣрной и соляную кислоту, причемъ переходить въ растворъ  $H_3PO_4$ , равно какъ и  $CaCl_2$ , въ осадкѣ находятся примѣси, какъ глина и песокъ, отъ которыхъ здѣсь легко избавиться (въ

суперфосфатъ же онѣ остаются); для этого, растворъ декантируютъ, кислоту нейтрализуютъ известковымъ молокомъ; въ осадкѣ получается вся фосфорная кислота въ видѣ смѣси 2-хъ (и отчасти 3-хъ) основной фосфорнокислой извести; его промываютъ (для удаленія  $\text{Ca Cl}_2$ ) и сушатъ. Полученный продуктъ называется „осажденнымъ фосфатомъ“ или „преципитатомъ“.

Онъ содержитъ фосфорную кислоту въ состояніи растворимомъ въ лимоннокисломъ амміакѣ (при томъ условіи, что сушка массы производилась осторожно), и усвояемомъ для растенія, такъ какъ не только двукальціевый, но и трехкальціевый фосфатъ въ свѣжеосажденномъ состояніи, содержащій кристаллизаціонную воду, отличается значительно по свойствамъ отъ фосфата безводнаго и апатита (который находится въ фосфоритахъ). Обычно продажный продуктъ содержитъ 30—35% фосфорной кислоты, слѣдов., значительно больше, чѣмъ обыкновенный суперфосфатъ; кромѣ того, здѣсь также отсутствуетъ гипсъ, въ отличіе отъ простого суперфосфата.

Будучи въ преципитатѣ главной составной частью, въ суперфосфатѣ 2-хъ основной фосфатъ является примѣсью, какъ результатъ неполнаго разложенія или же какъ продуктъ вторичнаго процесса, *ретроградации*; при этомъ или однокальціева соль распадется на 2-хъ кальціевую и  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , или находящійся въ суперфосфатѣ неразложенный трехосновной фосфатъ (что бываетъ при плохомъ мѣшаніи массы во время реакціи и недостаткѣ кислоты) дѣйствуетъ на кислый фосфатъ, причемъ количество растворимой  $\text{P}_2\text{O}_5$  уменьшается:



Дѣйствительно, если въ растворъ однокальціевой соли ввести 3-хъ кальціевую, то нетрудно обнаружить ретроградацию — количество растворимой въ водѣ  $\text{P}_2\text{O}_5$  постепенно будетъ уменьшаться. Реакцію эту нетрудно обнаружить, если смѣшивать одноизвестковый фосфатъ съ трехъизвестковымъ и періодически извлекать водой разныя порціи смѣси; Stoclasa получилъ при этомъ такія данныя: взято на 2,5 gr. однокальціевой соли 3,5 gr. трехкальціевой; перешли въ ра-

створь слѣд. количества  $P_2O_5$ , въ зависимости отъ протекашаго времени:

0	5	14	30 дней	6 мѣс.	12 мѣс.
56 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	55 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	46 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	37 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,53 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> (отъ исходнаго количества).

Этотъ искусственный примѣръ, конечно, очень рѣзокъ сравнительно съ тѣмъ, что имѣеть мѣсто въ суперфосфатахъ, но все же онъ хорошо иллюстрируетъ вліяніе одного изъ факторовъ ретроградациі.

Если въ суперфосфатѣ находится  $CaCO_3$ , то и онъ способствуетъ переходу однокальціевой соли въ нерастворимую 2-хъ и даже 3-хъ кальціевую. Силикаты также способны отнимать отъ монокальціеваго фосфата часть  $P_2O_5$ .

Болѣе важной причиной ретроградациі является въ суперфосфатахъ наличность соединений  $Fe_2O_3$  (и  $Al_2O_3$ ). Если въ немъ находится, напр.  $Fe_2(SO_4)_3$ , то при реакциі этой соли съ  $Ca(H_2PO_4)_2$  образуется гипсъ и кислая фосфорнокислая соль желѣза:  $3CaH_4(PO_4)_2 + Fe_2(SO_4)_3 = 2(FePO_4, 2H_2O, 2H_3PO_4) + 3CaSO_4$ .

Но кислая соль желѣза непрочна, она легко распадается на  $H_3PO_4$  и  $FePO_4 \cdot 2H_2O$ ; послѣдняя же соль далѣе можетъ отдавать кристаллизаціонную воду  $CaSO_4$ :



Получающееся при этомъ безводное фосфорнокислое желѣзо является не только не растворимымъ въ водѣ, но плохо растворимымъ въ лимонной кислотѣ и малоусвояемымъ. При большомъ содержаніи въ суперфосфатѣ Fe такой переходъ является интензивнымъ; само собой разумѣется, что если желѣзо будетъ находиться не въ формѣ сѣрнокислыхъ солей, но въ видѣ окиси (напр. въ почвѣ), то ретроградациія пойдетъ еще энергичнѣе. Милло смѣшивалъ съ порошокатою  $Fe_2O_3$  чистую монокальціевую соль въ одномъ случаѣ (1) и суперфосфатъ въ другомъ (2), содержащіе всю  $P_2O_5$  въ растворимой формѣ; черезъ 6 мѣсяцевъ оказалось:

- (1). Растворимой  $P_2O_5$ ...3,9<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, нерастворимой 14,1<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.  
 (2). " " " ...4,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub> " 17,0<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Joulié нашель, что при этомъ, кромѣ образованія фосфата желѣза, реакція можетъ доходить до образованія  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ; какъ правило же получается  $\text{CaHPO}_4$ .

По изложеннымъ соображеніямъ фосфаты, содержащіе много Fe <sup>1)</sup>, рѣдко перерабатываются на суперфосфаты; считаются допустимыми 2<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, въ крайнемъ случаѣ 3—4<sup>0</sup>/<sub>0</sub>  $\text{F}_2\text{O}_3$  (см. Schucht, Fabrikation des Superphosphats).

Соединенія глинозема отчасти также способствуютъ явленіямъ ретроградациі, но въ гораздо меньшей мѣрѣ, чѣмъ желѣзо.

Мы разсмотрѣли отношеніе одно, двухъ и трехъкальціева фосфатовъ другъ къ другу, къ другимъ составнымъ частямъ суперфосфата и къ растворенію въ водѣ. Эти отношенія играютъ нѣкоторую роль при оцѣнкѣ сравнительнаго достоинства фосфатовъ, а прежде эту роль считали еще большей.

Дѣло въ томъ, что суперфосфаты обычно оцѣниваются по количеству растворимой въ водѣ  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; но Грандо и Петерманнъ показали, что и нерастворимый въ водѣ двухъкальціевый фосфатъ усваивается растеніями, поэтому ретроградациія въ суперфосфатѣ не представляетъ уже такой потери фосфорной кислоты, поскольку дѣло идетъ объ образованіи  $\text{CaHPO}_4$  (иначе преципитатъ не имѣлъ бы того значенія, какое ему теперь придается въ ряду фосфорнокислыхъ удобреній).

На основаніи этого предложено было оцѣнивать фосфаты не по показаніямъ водной вытяжки, а по показаніямъ вытяжки изъ лимоннокислаго амміака, растворяющей одно и двухъ-основный фосфатъ (полурастворимая  $\text{P}_2\text{O}_5$ ); къ этому вопросу мы вернемся ниже <sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Желѣзо встрѣчается въ фосфоритахъ чаще всего въ видѣ фосфорнокислаго, или въ видѣ колчедана  $\text{FeS}_2$ ; первая форма легко разлагается сѣрной кислотой, вторая противостоитъ ей дѣйствию, если только сѣрная кислота не содержитъ окисловъ азота. Рѣже въ фосфоритахъ встрѣчается свободная окись  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и кремнекислое желѣзо.

<sup>2)</sup> Кромѣ обратки кислотами существуютъ еще способы превращенія фосфоритовъ въ болѣе усвояемые фосфаты; такъ, путемъ сплавленія  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  съ содой получается  $\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{CaCO}_3$ ; съ апатитами реакція должна идти сложнѣе, напр.:



Такой фосфатъ, названный по имени предложившаго этотъ способъ *Wiborgphosphat*, нерастворимъ въ водѣ, но хорошо растворимъ въ ли-

*Томасовъ шлакъ.*

Это фосфорнокислое удобрение получается въ качествѣ отброса при переработкѣ чугуна на желѣзо и сталь; при этомъ образуется шлакъ, довольно богатый фосфоромъ отъ котораго стараются освободить сталь и желѣзо, какъ отъ вредной примѣси.

Для процесса бессемерования до 80-хъ годовъ употреблялся чугунокъ, содержащій не больше 0,1% P<sup>1</sup>) и 0,05% S; но въ 1879 году Томасъ и Гилькристъ сдѣлали возможной переработку чугуна, содержащаго большое количество P, введя въ употребленіе „основной процессъ“ въ отличіе отъ прежняго „кислаго“ (въ смыслѣ избытка SiO<sub>2</sub>) бессемерованья.

Попутно этотъ процессъ доставилъ сельскому хозяйству крупный и хорошо используемый источникъ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Въ этомъ измѣненномъ процессѣ бессемерованія реторта („конвертеръ“), въ которой производится плавленіе чугуна, имѣетъ внутреннюю обкладку изъ доломитоваго известняка, сверхъ того прибавляется къ сплавляемому металлу CaO, для связыванья образующейся при окисленіи фосфора P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Процессъ окисленія совершается при вдуваніи воздуха; сперва окисляется Si, потомъ Mn, C, а при 1800°—2000° P сгораетъ въ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, которая съ CaO образуетъ известковую соль, всплывающую наверхъ въ видѣ шлака вмѣстѣ съ

---

монной кислотѣ и лимоннокисломъ амміакѣ, даже лучше, гѣмъ фосфатъ томасова шлака (см. ниже), съ которымъ общей чертой является здѣсь избытокъ основанія (тетрафосфатъ). Съ другой стороны *Walters* предложилъ сплавлять фосфориты съ кислымъ сѣрчатымъ наромъ, берется 100 частей фосфорита, 70 ч. NaHSO<sub>4</sub>, 20 ч. CaCO<sub>3</sub>, 22 ч. песку и 6 ч. угля (?); по опытамъ Вагнера усвояемость фосфата Вольтерса выше, чѣмъ для томасова шлака. Далѣе, *Ystgaard* сплавляетъ апатитъ съ карналлитомъ и кизеритомъ при 650°, при чемъ получается хрупкая, легко размельчаемая масса, содержащая фосфатъ магнія, но дѣйствию также близкій къ томасову шлаку или даже его превосходящій (см. *Bied. Centralblatt* 1904, 301 и 419 стр., 1905, 362 и 1906, 67). Очевидно однако, что производство подобныхъ фосфатовъ возможно лишь тамъ, гдѣ дешево топливо, и то въ томъ случаѣ, если томасовъ шлакъ вслѣдствіе значительныхъ издержекъ на перевозку или другихъ причинъ не будетъ вытѣснять ихъ.

1) Желѣзные руды обыкновенно содержатъ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, которая при вышлавкѣ чугуна восстанавливается въ P; присутствіе послѣдняго въ большихъ количествахъ дѣлаетъ невозможнымъ получение стали и желѣза должнаго качества.

и *свѣжеосажденный* трехкальціевый фосфатъ. Растворимость  $P_2O_5$  томасова шлака въ лимоннокисломъ амміакѣ, въ водѣ съ углекислотой и въ уксусной кислотѣ довольно велика; такъ, слабая уксусная кислота за 72 часа растворила изъ 100 ч.  $P_2O_5$ :

Въ томасовомъ шлакѣ а). . . . .	58%
b). . . . .	51 „
c). . . . .	36 „
Въ ланскомъ фосфоритѣ. . . . .	5,6 „
Въ копролитахъ. . . . .	10,9 „ <sup>1)</sup>

Первые опыты примѣненія томасова шлака принадлежать Флейшеру (въ 1884—85 г.) въ Германіи. Оказалось, что это удобреніе на торфянистыхъ почвахъ вполне замѣняетъ суперфосфатъ и преципитатъ; на другихъ почвахъ для равнаго эффекта съ суперфосфатомъ шлака нужно было вносить раза въ  $1\frac{1}{2}$ —2 больше.

При опытахъ на бѣдной песчаной почвѣ подь Парижемъ Грандо получилъ такіе результаты:

Почва удобр. въ дост. колич. N и K,	Урожай:	
	картофеля.	пшеницы.
по безъ $P_2O_5$ . . . . .	8830 kilo	24 hectol.
„ „ N, K и суперфосфат. . . . .	26,210 „	— „
„ „ преципитатомъ. . . . .	23,860 „	43 „
„ „ томасовымъ шлакомъ (французск.). . . . .	27,885 „	43 „
„ „ томасовымъ шлакомъ (англійск.). . . . .	20,230 „	40 „

Большій эффектъ шлака сравнительно съ суперфосфатомъ на песчаной почвѣ объясняется тѣмъ, что такая почва не имѣетъ достаточно извести для нейтрализаціи кислой фосфорнокислой соли, поэтому послѣдняя не можетъ перейти въ полурстворимую форму и вымывается, или же благодаря кислой реакціи неблагопріятно дѣйствуетъ на корни и тѣмъ понижаетъ эффектъ удобрения. Томасовъ же шлакъ кислой реакціи не имѣетъ и почвенной водой напрасно не уносится.

Въ среднемъ же принимаютъ, что дѣйствіе Томасова шлака равно 50—60% дѣйствія суперфосфата (при равномъ со-

держаніи  $P_2O_5$ ). Слѣдовательно, нримѣняя двойное количество шлака, можно достигнуть при извѣстномъ соотношеніи цѣны болѣе дешевымъ путемъ того же эффека, какъ при болѣе дорогомъ суперфосфатѣ.

При оцѣнкѣ томасова шлака обращаютъ вниманіе на 1) со- держаніе  $P_2O_5$ , 2) степень размола (чѣмъ мельче, тѣмъ лучше); большая часть частицъ шлака должна проходить черезъ сито № 100, діаметръ отверстій котораго приблизительно  $= 0,2^m$  м.), 3) растворимость шлака въ лимонно-кисломъ амміакѣ (реактивъ Вагнера) или лимонной кислотѣ; эта растворимость колеблется у разныхъ шлаковъ въ широкихъ предѣлахъ, отъ 8 до 22%  $P_2O_5$  въ ‰ отъ навѣски или отъ 39%—93% въ ‰ отъ всей  $P_2O_5$  и иногда даже далѣе.

Вообще, томасовъ шлакъ разнаго происхожденія не представляетъ однообразнаго по растворимости и эффеку дѣйствія удобрения.

Нѣкоторые изслѣдователи, напр., Вагнеръ, считаютъ степень растворимости шлака въ водномъ растворѣ лимонно-кислаго амміака хорошимъ показателемъ степени усвояемости  $P_2O_5$  удобреніи растеніями. Въ опытахъ Вагнера это под- тверждается слѣдующей серіей цифръ.

Раствори- мость.	Удобрит. дѣйствіе.
(Относительныя числа).	
100	100
85	80
81	72
72	72
73	66
76	63
39	40
48	38
42	38
45	31
38	30

Подобныя же цифры приводитъ п Меркеръ.

На основаніи своихъ опытовъ Меркеръ и Вагнеръ счи-

1) См. Sachsse, Lehrbuch der Agriculturchemie, 528.

таютъ возможнымъ оцѣнивать шлаки разнаго происхожденія по показаніямъ вытяжки лимоннокислымъ амміакомъ.

Но не всѣ изслѣдователи совершенно согласны съ такимъ методомъ оцѣнки; такъ, Грандо и Петерманнъ полагаютъ, что лишь при рѣзкихъ разницахъ въ растворимости фосфатовъ наблюдаются соотвѣтственные разницы и въ урожаяхъ, полного же параллелизма не наблюдается; вотъ цифры для одного опыта Грандо:

Растворимость шлака . . . . .	90	66	56	37
Приростъ урожая фасоли . . . . .	100	63	65	67
„ „ картофеля . . . . .	100	82	75	64

Замѣтимъ, что при оцѣнкѣ томасова шлака, опредѣляя растворимость  $P_2O_5$  его и степень размола, необходимо принимать во вниманіе особенности растенія и вліяніе почвы. Очевидно, что напр., градація по растворимости  $P_2O_5$  разныхъ шлаковъ, совпадающая (допустимъ) съ усвояемостью для хлѣбовъ, не обнаружить этого совпаденія для люпина, гречихи и проч.

На торфянистыхъ почвахъ, по Флейшеру, растворимость шлака болѣе, чѣмъ въ реактивѣ Вагнера; весьма возможно, что если бы эти условія были приняты во вниманіе, то нѣкоторые случаи несовпаденія пашли бы свое объясненіе. Во всякомъ случаѣ опредѣленіе растворимости  $P_2O_5$  шлака имѣетъ нѣкоторое практическое значеніе, какъ указатель на степень чистоты шлака, опредѣленіемъ которой пренебрегать нельзя вслѣдствіе встрѣчающейся въ торговлѣ фальсификаціи томасова шлака примѣшиваніемъ къ нему фосфорита,  $P_2O_5$  котораго въ лимоннокисломъ амміакѣ менѣе растворима; при чемъ съ цѣлью придать фальсифицированному матеріалу чернѣйшій цвѣтъ шлака смѣшиваютъ его съ углемъ (или съ шлаками, не имѣющими цѣнности).

Отношеніе  $P_2O_5$  томасова шлака къ растворителямъ находится въ связи съ ближайшимъ составомъ шлака; въ этомъ отношеніи нѣкоторыя указанія получены выдѣленіемъ механическимъ путемъ минераловъ входящихъ въ составъ шлака.

При медленномъ остываніи шлака въ немъ замѣчается выдѣленіе кристалловъ; слѣдующіе кристаллическія вещества являются характерными.

1) Кристаллы напоминающіе апатитъ, гексагоальной системы, содержащіе 36—37%  $P_2O_5$ .

2) Минераль снѣга цвѣта, представляющіи по составу двойную фосфорно-кремнекислокальціеву соль формулы  $4\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 3\text{Ca}_3\text{SiO}_5$ , содержащій 31%  $\text{P}_2\text{O}_5$  (моноклинической системы).

3) Минераль ромбической системы, желтаго цвѣта, по химическому составу представляющій тетракальціеву соль  $\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_9$ .

Соотношеніемъ этихъ трехъ минераловъ обуславливаются повидимому свойства томасова шлака (кромѣ нихъ находятся, конечно, и другія соединения Ca и Fe).

Вагнеръ (Norheim) <sup>1)</sup> выдѣлилъ ихъ (съ помощью тяжелыхъ растворовъ) и испыталъ растворимость въ лимоннокисломъ амміакѣ.

Для тетракальціевой соли растворимость оказалась около 88%. Двойная соль съ кремнекислымъ Ca дала растворимость  $\text{P}_2\text{O}_5$  около 85%.

Для перваго же минерала (подобнаго апатиту) растворимость оказалась значительно ниже, около 60% (къ сожалѣнію, Вагнеръ не выдѣлилъ его въ совершенно чистомъ видѣ; весьма вѣроятно, что дѣйствительная растворимость этого минерала еще ниже).

Такимъ образомъ, тетрафосфатъ и двойная соль съ кремнекислымъ Ca являюся наиболѣе цѣнными формами  $\text{P}_2\text{O}_5$  въ шлакахъ. Связь между растворимостью  $\text{P}_2\text{O}_5$  и содержанием  $\text{SiO}_2$  была еще раньше подмѣчена; поэтому стали прибавлять  $\text{SiO}_2$  (кварцевый песокъ) въ расплавленный шлакъ съ цѣлью повысить растворимость  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Въ Россіи томасовъ шлакъ до послѣдняго времени получался изъ за границы и потреблялся главнымъ образомъ въ Остзейскомъ краѣ, но теперь имѣется на рынкѣ томасовъ шлакъ нашихъ южныхъ заводовъ, именно въ Таганрогѣ и близъ Мариуполя (ст. Сартаны); по пока эти заводы не находятъ полнаго сбыта своимъ шлакамъ въ Россіи и большая часть ихъ вывозится моремъ за границу (такъ было по крайней мѣрѣ въ 1906 года).

Кромѣ томасова шлака есть еще нѣкоторые виды шлаковъ, могущіе служить фосфорнокислымъ удобрениемъ, хотя и не столь богатымъ фосфоромъ; таковы *мартеновскіе* шлаки

<sup>1)</sup> Landw. Vers Stat, Bd. 49.

(если они получены при введеніи извести, вообще избытка оснований). „Мартенованіе“ отличается отъ „томасированія“ (и вообще бессемерованія) тѣмъ, что при немъ получаютъ сталь изъ чугуна (т. е. понижаютъ  $\frac{9}{10}$  углерода) не столько путемъ окисленія, сколько сплавленіемъ чугуна съ желѣзомъ. Шлакъ при этомъ получается вообще говоря, низкопроцентный, но можно нѣкоторыми приѣмами сконцентрировать фосфоръ въ одной части шлака и эту часть продавать на удобреніе; именно рекомендуется „производить работу въ двухъ мартеновскихъ печахъ съ основнымъ подомъ, при чемъ въ 1-ю вносить немного извести, не добываясь полной дефосфорациі, а во 2-ой печи заканчивать дефосфорацию при избыткѣ извести; тогда въ 1-ой печи будетъ получаться шлакъ съ значительнымъ содержаніемъ фосфора“. (*Любавинъ*, Техническая химія, т. III, стр. 778). Такіе приѣмы употребляются на заводахъ Домбровскаго района, нужно ждать ихъ распространенія и на заводахъ сѣверо-западнаго Урала. Усвояемость  $P_2O_5$  въ образцахъ мартеновскихъ шлаковъ съ Урала, полученныхъ черезъ посредство проф. В. П. Ижевскаго по нашимъ предварительнымъ опытамъ является довольно хорошею.

### *Костяная мука.*

Кости представляютъ также крупный источникъ фосфорной кислоты для сельскаго хозяйства; размолотая кость была однимъ изъ первыхъ (если не самымъ первымъ) продажнымъ концентрированнымъ удобреніемъ; хотя лишь въ 1769 году Scheele и Gahn открыли фосфоръ въ костяхъ, но китайцы за нѣсколько столѣтій до этого пользовались костью, какъ удобреніемъ. Въ Европѣ въ 1775 году James Hunter (Линкольнширъ) рекомендовалъ удобрять костями; первая фабрика для переработки кости на удобреніе возникла въ Шотландіи, затѣмъ въ Англій, при чемъ Англія увеличивая спросъ на кости стали вывозить ихъ со всей Европы. Въ 30-хъ годахъ появилась первая мельница въ Силезіи; постѣ Либиха Германія постепенно перестала вывозить кость въ Англій, мало того, спросъ на кость превысилъ ея наличность и Германія начала ввозить кость изъ Россіи.

Кости состоятъ изъ органическихъ и минеральныхъ ве-

ществъ, преимущественно изъ  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . Вотъ средній составъ костей:

$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . . . . .	58—62 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
$\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ . . . . .	1— 2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
$\text{CaCO}_3$ . . . . .	6— 7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
$\text{CaF}_2$ . . . . .	2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Органич. вещ. . . . .	26—30 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
N въ немъ . . . . .	4— 5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Органическая часть состоитъ главнымъ образомъ изъ жира и оссеина (влей-дающее вещество, съ 18<sup>0</sup>/<sub>0</sub> N).

Фосфатъ, жиръ и оссеинъ могутъ быть раздѣлены въ костяхъ такъ: жиръ извлекается бензиномъ, эфиромъ; зольныя вещества растворяются въ кислотахъ (можно извлечь изъ костей минеральныя вещества HCl, при чемъ остается мягкій остовъ кости изъ органическаго вещества оссеина); оссеинъ же растворяется въ щелочахъ и разваривается въ водѣ при нагрѣваніи.

Сырая кость трудно поддается измельченію, съ трудомъ разлагается въ почвѣ. Простой и грубый способъ получить измельченный фосфатъ состоитъ въ томъ, что органическое вещество сжигаютъ, получаютъ костяную золу. Для этого кости пережигаютъ въ печахъ или кучахъ; иногда костяная зола получается попутно; такъ, въ южной Америкѣ древесный матеріалъ является сравнительно цѣннымъ, костей же получается много; поэтому (по нѣкоторымъ свѣдѣніямъ) иногда тамъ томятъ сухими костями, при чемъ получается масса костяной золы (Ла-Плата). Промежуточнымъ продуктомъ обжиганія является костяной уголь, употребляемый на сахарныхъ заводахъ для фильтрованія и отчасти идущій и на удобреніе. Оказывается, однако, что операція обжиганія не является безразличной для качества удобрения: усвояемость  $\text{P}_2\text{O}_5$  костяной золы значительно меньше чѣмъ у необожженной кости; въ лимоннокисломъ амміакѣ, напр., растворялось <sup>1)</sup>:

	Въ костяной мукѣ.	Въ костяной золѣ (изъ той же муки).
1)	17,7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> $\text{P}_2\text{O}_5$	7,2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> $\text{P}_2\text{O}_5$
2)	18,1 „	8,0 „
3)	17,8 „	6,2 „

<sup>1)</sup> См. данныя Gebek'a. Biederm. Centralblatt, 1895, стр. 10.

Изъ 100 частей  $P_2O_5$  растворялось (при хорошем измельчении) въ случаѣ костяной муки 74—93<sup>0/100</sup>, послѣ же озолена 32—43<sup>0/100</sup><sup>1)</sup>. Конечно, въ костяномъ углѣ растворимость не столь низка, какъ въ костяной золѣ, но все же она ниже, чѣмъ необоженной кости.

При другихъ способахъ обработки кости стараются одновременно утилизировать содержащаяся въ ней азотистыя вещества и жиры, для чего кости обрабатываютъ кипящей водой, паромъ подъ давленіемъ экстрагируютъ соответствующими растворителями (бензинъ, эфиръ), обрабатываютъ кислотами.

Смотря по способу обработки, получается „сырая размолотая кость“, „пареная“, „обезжиренная“ костяная мука и пр.

Остановимся нѣсколько на этихъ подготовительныхъ процессахъ, чтобы составить понятие о самыхъ продуктахъ.

Извлечение органическихъ веществъ изъ кости (для облегченія размола) достигается лишь отчасти варкой измельченной кости въ открытыхъ котлахъ. При этомъ жир всплываетъ наверхъ и можетъ быть использованъ, но нельзя того же сказать относительно клея, такъ какъ при этомъ лишь часть осеина переходитъ въ растворъ и послѣдній является слишкомъ жидкимъ; это обстоятельство составляетъ существенный недостатокъ способа. Полученная изъ такого матерьяла костяная мука является удобреннѣе отчасти азотистымъ, такъ какъ содержитъ еще 3—4<sup>0/100</sup> N.

Лишь при обработкѣ паромъ подъ давленіемъ осеинъ сполна переходитъ въ клей; но только часть этого клея извлекается конденсирующей на костяхъ водой; если кости послѣ парки прямо измельчаются, то и получается *пареная* костяная мука; если же клей извлекается горячей водой (повторная обработка по принципу противотока, на подобіе диффузоровъ въ свекло-сахарн. производствѣ), то получится *обезжелезная* мука, содержащая уже мало азота, потому часто иже разцѣпываемая. (Помимо прямого значенія азотистыхъ веществъ

1) Въ одномъ изъ нашихъ отчетовъ прокаливанье такъ влияло на усвояемость фосфата кости:

	Безъ $P_2O_5$ .	Костяная зола.	Костяная мука.
Урожай . .	1,24	9,26	31,14 гр.

ихъ считаютъ желательной составной частью еще и потому, что разлагаясь въ почвѣ они способствуютъ лучшему растворенію фосфорной кислоты кости). Однако нужно замѣтить, что чѣмъ полнѣе удалены клей и жиръ, тѣмъ костяная мука будетъ относительно богаче фосфорной кислотой.

Теперь часто употребляется для полученія жира экстракціонный способъ, при которомъ жиръ извлекается бензиномъ, послѣдній отгоняется и вновь употребляется на экстракцію; обезжиренная кость пропаривается для удаленія бензина, послѣ чего получается продуктъ, подобный пареной кости, но съ болѣе полнымъ удаленіемъ жира, который препятствуетъ разложенію костей въ почвѣ, мѣшая смачивающую частицу водой; будучи же выдѣленъ, жиръ является продуктомъ болѣе цѣнными, чѣмъ сама костяная мука. При возможно полномъ использованіи всѣхъ составныхъ частей кости является возможность организовать производство костяной муки дешевле, нежели когда она является единственнымъ поступающимъ въ продажу продуктомъ.

Для обработки костей употребляютъ также и химическіе агенты—кислоты и щелочи.

Чаще всего на кости, лишенные предъидущими обработками части органическаго вещества, дѣйствуютъ сѣрной кислотой для полученія суперфосфата; или кости послѣ предварительной подготовки (извлеченія бензиномъ) обрабатываютъ водой съ HCl, извлекающей зольныя вещества; мягкій остовъ кости будетъ состоять изъ оссеина, который при нагрѣваніи съ водой даетъ лучшіе сорта клея (желатину). Солянокислый экстрактъ нейтрализуютъ Ca(OH)<sub>2</sub> получаютъ преципитатъ.

Составъ костяной муки зависитъ отъ ея происхожденія и способа приготовленія.

Содержаніе главныхъ составныхъ частей кости при разной обработкѣ измѣняется въ слѣдующихъ предѣлахъ:

	N	Жиръ.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .
Сырая кость со- держитъ . . . . .	4,5 — 4,75 0/0	10—15 0/0	15—20 0/0
Кость вареная (не подъ давленіемъ) .	3,3—4,3 „	6—8 „	18—22 0/0
Пареная мука. .	4 „	4 „	20—24 „
Обезкислая мука	0,7—2 0/0	—	22—27 0/0

Энгельгардтъ и Ильенковъ <sup>1)</sup> предложили хозяйственный способ обработки костей щелочами. При обработкѣ костей (КНО) вслѣдствіе растворенія клеевого вещества структура кости нарушается и она распадается, причемъ трехъкальціевый фосфатъ получается въ состояніи легко размельчающейся въ порошокъ рыхлой массы. Но ѣдкія щелочи вещества дорогія и не совсѣмъ удобныя для домашняго употребленія, почему рекомендуется такой способъ: въ непрозрачный для воды резервуаръ (кадку или яму выложенную досками или кирпичемъ) накладываются грубо измельченныя кости и пересыпаются гашеной известью; смѣсь поливается растворомъ поташа, реагируя съ которымъ  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  освобождаетъ КОН. Смѣсь по временамъ смачивается водой и недѣли черезъ 2 — 3 перекалывается такъ, чтобы лежація вверху кости легли внизъ; еще черезъ 2—3 недѣли получается мягкая творогообразная масса. На 12 нуд. костей берутъ 2 пуда  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и 1 пудъ поташу раствореннаго въ 20 ведрахъ воды (Энгельгардтъ, 1. с.).

Рекомендуютъ вмѣсто поташа брать золу растеній съ соотвѣтствующимъ содержаніемъ углекислыхъ щелочей. Считаютъ, что березовой золы нужно брать количества приблизительно равныя по вѣсу массѣ костей, а гречешной 75% отъ послѣдней. Извести берутъ въ томъ же отношеніи какъ сказано выше. Если зола бѣдна поташемъ (зола хвойныхъ), то разложенія не происходитъ. Можно значительно ускорить разложеніе, если подвергнуть смѣсь изъ костей, поташа и извести варкѣ въ котлѣ въ теченіе трехъ-четырехъ часовъ.

Наконецъ, примѣняется подготовка костей компостировальнымъ, при которомъ кости грубо размолотыя или разбитыя на куски переслаиваются съ землей и поливаются навозной жижей.

Въ послѣднее время рядъ опытовъ съ разложеніемъ костей по Ильенкову и Энгельгардту произведенъ былъ г. Философовымъ <sup>2)</sup>; главные выводы изъ этихъ опытовъ слѣдующіе: количество извести можетъ быть значительно уменьшено (приблизиться къ требуемому формулой  $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 =$

<sup>1)</sup> Изъ химической лабораторіи Земледѣльческаго Института, 1867 г.

<sup>2)</sup> Вѣстникъ С. Х. 1906 г. №№ 28 и 29.

= 2 КОН + СаСО<sub>3</sub>); известь слѣдуетъ брать гашеную (около  $\frac{1}{15}$  части отъ вѣса костей), сначала нагрѣть въ котлѣ смѣсь извести и поташа съ водой, затѣмъ порціями всыпать кость, которая должна быть возможно хорошо измельчена; (не крупнѣе „гречневой крупы“, съ возможно большимъ процентомъ тонкой муки). Въмѣсто поташа можно брать болѣе дешевую соду, или брать продажный чѣдкій натръ, который хотя и дороже соды но его нужно меньше и при немъ не нужна известь. При соблюденіи этихъ условій варка оканчивается въ 2—3 часа.

Замѣтимъ однако, что если далеко идти въ сторону размельченія кости, то можетъ явиться вопросъ: не выгоднѣ ли размельчить до конца (до муки) и обойтись безъ обработки щелочью? Въдѣ послѣдняя въ сущности и предложена, какъ средство замѣнить механическое измельченіе, такъ какъ химически фосфатъ отъ растворенія клея щелочью неизмѣняется.

По вопросу объ удобрительномъ значеніи костяной муки существуютъ весьма различныя мнѣнія. Меркеръ и Вагнеръ являются сторонниками низкой оцѣнки этого удобрения. Для примѣра приведемъ нѣкоторыя данныя полученныя Вагнеромъ.

Въ одномъ изъ его опытовъ усвоено растеніями:

Въ 1-й годъ. За 6 лѣтъ.

Изъ 100 ч. I <sub>2</sub> O <sub>5</sub> въ формѣ суперфосфата. . . . .	64 ч. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	72 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
„ 100 ч. костяной муки (грубаго размола). . . . .	2 ч. „	13 „
„ 100 ч. толко размолотой костяной муки. . . . .	3 ч. „	15 „

Изъ этихъ опытовъ Вагнеръ заключаетъ, что костяная мука должна находить примѣненіе лишь при исключительныхъ обстоятельствахъ „подобно фосфоритамъ“, а не при среднихъ хозяйственныхъ условіяхъ (Bied. Centr. 1897 г. стр. 20).

Точно также Меркеръ пришелъ къ отрицательному выводу въ опытахъ съ костяной мукой, какъ видно изъ слѣдующихъ его словъ: „Фосфорная кислота костяной муки (безразлично, пареной, обезклеенной или нѣтъ, въ первый ли, второй или

третьей годъ по внесеніи) вообще не представляетъ собой дѣйствующей формы фосфорной кислоты, и мы думаемъ, что давно уже пора необработанную (кислотами) костяную муку не считать фосфорнокислымъ тукомъ. Подобно тому какъ сырые фосфориты уже давно примѣняются только при исключительныхъ условіяхъ, такъ въ будущемъ и сырую, и пареную костяную муку не слѣдуетъ примѣнять въ обыкновенныхъ условіяхъ. Несомнѣнно, оно дѣйствуетъ своимъ азотомъ; но этого недостаточно, чтобы это удобреніе окупалось, такъ какъ въ настоящее время фосфорная кислота костяной муки стоитъ сравнительно дорого, а между тѣмъ на самомъ дѣлѣ она дѣйствуетъ не лучше, чѣмъ фосфорная кислота фосфорита<sup>4</sup>.

Нужно однако замѣтить, что выводамъ Меркера и Вагнера было придано болѣе общее значеніе, чѣмъ слѣдовало; дѣло въ томъ, что эти авторы или вводили въ своихъ опытахъ углекислую известь, или же имѣли дѣло съ почвами отъ природы богатыми известью; а позднѣе Kellner обнаружилъ, что углекислая известь понижаетъ дѣйствіе костной муки, представляющей повидимому въ этомъ отношеніи особенную чувствительность по сравненію съ суперфосфатомъ и томазовымъ шлакомъ.

Съ другой стороны, Кюнъ и Гольдефлейссъ<sup>1)</sup> цѣнятъ фосфорную кислоту костяной муки гораздо выше, считая ее относительно хорошо усвояемой. Довольно давній опытъ удобрения этимъ матеріаломъ подтверждаетъ скорѣе послѣднее мнѣніе: въ Англии костяную муку употребляли еще появленія минеральной теоріи.

Въ пользу костяной муки говорить также хорошая растворимость ея въ растворѣ лимонноамміачной соли.

Но если въ опытахъ Вагнера и Меркера дѣйствіе костяной муки было благодаря побочнымъ причинамъ ниже нормальнаго, то въ нѣкоторыхъ опытахъ противоположнаго лагеря также имѣются свои причины для отклоненія въ другую сторону.

Вотъ примѣръ изъ опытовъ Кюна (*Jahresbericht für Agri-culturchemie*, 1896).

1) Holdefleiss: Das Knochenmehl, Berlin 1890.

		Урожай.	
Безъ удобренія . . . .	100 ч. зерна.		При достаточномъ внесеніи азотистыхъ удобреній.
100 kgr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> въ видѣ суперфосфата. . . . .	145	τ	
100 kgr. томоваго шлака. . . . .	161	π	
100 „ костяной муки (обезклеенной) . . . . .	164	„	
100 kgr. пареной. . . . .	158	„	

Опытъ произведенъ былъ съ озимой рожью на песчаной почвѣ. Противъ этого опыта возможно прежде всего то возраженіе, что дозы P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> были слишкомъ высоки, что всегда ведетъ къ низеллированью показаній для разныхъ фосфатовъ, кромѣ того, на песчаныхъ почвахъ суперфосфатъ часто не проявляетъ полного дѣйствія благодаря своей кислой реакціи.

Эти обстоятельства можно было учесть и въ то время, когда Kühn ставилъ свой опытъ; по позднѣе обнаружилась и еще одна причина новышенныхъ результатовъ для кости въ этомъ опытѣ — это то обстоятельство, что въ качествѣ источника азота Kühn ввелъ сѣрнокислый аммоній, а эта соль, какъ фізіологически-кислая, является въ песчаной почвѣ сильнымъ растворителемъ и выравниваетъ дѣйствіе фосфатовъ; въ опытахъ по сравненію фосфатовъ между собой не должны устремляться такіе источники азота, какъ соли аммонія<sup>1)</sup>.

Во всякомъ случаѣ, расхожденіе въ результатахъ опытовъ Вагнера, Меркера, Кюна и др. заставляло желать новыхъ опытовъ съ костяной мукой, причемъ въ нихъ должна быть учтена въ отдѣльности роль какъ почвъ, такъ и растений.

У насъ въ *песчаныхъ культурахъ* со злаковыми оказалось, что костяная мука нерѣдко даетъ эффектъ равный 40—60% отъ дѣйствія суперфосфата, т. е. получается среднее рѣшеніе между выводами Меркера и Кюна.

Такъ, костяная мука въ случаѣ ржи, пшеницы, ячменя, гороха оказала значительно болѣе эффектное дѣйствіе, чѣмъ фосфоритъ, но меньшее — чѣмъ растворимыя и полурастворимыя соли P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Въ случаѣ же гречихи урожай на костя-

<sup>1)</sup> См. *Priänischn kow*, Zur Frage über den relativen Werth verschiedener Phosphate, Landw. Vers. Stat., Band LXV, стр. 50.

ной мукѣ (при двойной дозѣ  $P_2O_5$ ) иногда приближался къ урожаю на растворимыхъ фосфатахъ, очевидно благодаря большей энергіи усвоенія у гречихи.

Вотъ урожайныя данныя нѣкоторыхъ опытовъ 1899—1902 гг.

	Растворимая ф. к.	Костяная мука.	Фосфоритъ.	Безъ фосфорной кислоты.
Пшеница. . . .	21,1 гр.	15,0	3,8	—
Рожь. . . . .	22,4 „	12,5	1,8	—
Свекла <sup>1)</sup> . . . .	95,2 „	50,4	—	0,2
Табакъ . . . .	38,2 „	25,9	5,1	0,67
Гречиха . . . .	20,0 „	15,8	9,0	1,4
Тоже, при двой- ной дозѣ $P_2O_5$ <sup>1)</sup> .	49,9 „	46,2	31,0	3,6

Такимъ образомъ, приведенные результаты песчаныхъ культуръ 1899—1902 гг. являются гораздо болѣе благоприятными для костяной муки, нежели опыты съ почвами у Меркера и Вагнера; обычно урожай на костяной мукѣ былъ выше 50% отъ урожая нормальной культуры.

Въ 1903 году у насъ были произведены опыты относительно вліянія измельченія кости на ея усвояемость; для ячменя въ песчаныхъ культурахъ результаты были такіе:

Костяная мука (0,25 гр. $P_2O_3$ на сосудѣ)			Нормальная куль- тура (0,25 гр. $P_2O_3$ ).	Безъ фосф. к-ты.
Размоль $\frac{1}{4}$ мм.	$\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ мм.	$\frac{1}{2}$ —1 мм.		
<b>Урожай:</b>				
19,7—18,0	13,3—12,9	10,6—10,3	31,3—32,1	3,5—3,5 гр.
<b>Среднее:</b>				
18,9	13,1	10,4	31	3,4

Отсюда видно, что только при тонкомъ размолѣ костяная мука давала урожай около 60% отъ урожая на растворимой  $P_2O_5$ , при грубомъ же урожай падалъ значительно ниже (33%). Въ западно-европейской литературѣ имѣются опыты съ почвами именно Kellner'a, давшие тѣже результаты, какъ у насъ песчаныхъ культуры: средній коэффициентъ получается около 60% (отъ дѣйствія равнаго количества растворимой  $P_2O_5$ ). Какъ было упомянуто результаты Вагнера Kellner

<sup>1)</sup> Эти цифры относятся къ сырой массѣ, остальные—къ воздушносухой.

объясняетъ тѣмъ, что въ его опытахъ прибавлялся углекислый кальцій или брались почвы съ высокимъ содержаниемъ  $\text{CaCO}_3$ ; а это вещество, по Kellner'у, понижаетъ дѣйствіе кости довольно значительно (Biedermann's Centralblatt 1901, 1902).

Наши опыты въ песчаныхъ культурахъ дали неоднократно полное подтвержденіе наблюдений Kellner'a; такъ въ 1903 г. получилось для овса. (См. рис. 19).

Нормальная к.	К о с т я н а я м у к а.				Безъ $\text{P}_2\text{O}_5$
	Безъ Са	0,1%	0,3%	1% $\text{CaCO}_3$	
19,2	8,3	3,7	3,9	1,7	0,9 gr.

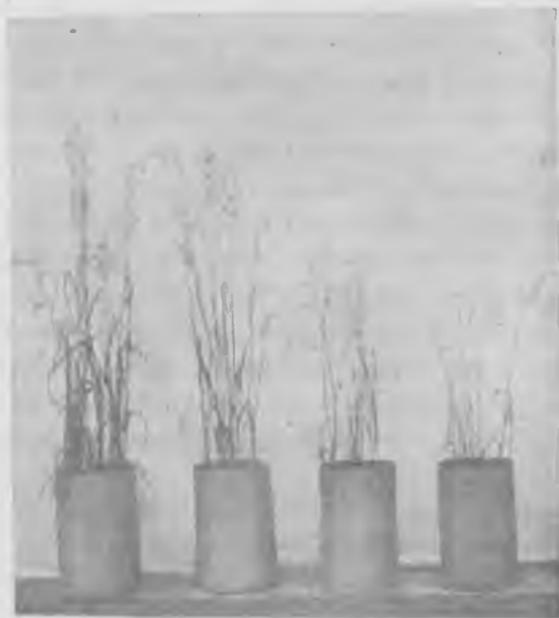
Подобнымъ же образомъ дѣйствуютъ очевидно вообще основанія, такъ при возрастающихъ количествахъ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  получилось такое же понижающее дѣйствіе:

34,7	34,8 <sup>1)</sup>	31,9	12,8	8,8	1,7 gr.
------	--------------------	------	------	-----	---------

По этой чувствительности къ присутствію избытка основаній кость существенно отличается отъ томасова шлака и суперфосфата, которые выносятъ значительное висесіе ( $\text{CaCO}_3$  безъ пониженія эффекта (см. подробнѣе объ этомъ ниже, въ главѣ о сравнительной опѣнкѣ фосфатовъ).

Различное отношеніе къ извести костяной мукѣ съ одной стороны и

Рис. 19. Костяная мука.



$\text{KN}_2\text{PO}_4$     Безъ  $\text{CaCO}_3$     0,1%    0,3%  $\text{CaCO}_3$

<sup>1)</sup> Высокій урожай на костяной мукѣ (равный нормальн. к.) объясняется увеличенной дозой фосфорной кислоты въ этомъ рядѣ опытовъ (0,42 gr.  $\text{P}_2\text{O}_5$  на сосудѣ).

одно-и двукальціева фосфата, съ другой — нашло себѣ подтвержденіе также въ опытахъ Söderbaum'a (Bied. Centr. 1903, 737) и Schulze (тамъ же, 1904, 653); эти опыты подтверждаютъ также сравнительно хорошо использование кости на почвахъ бѣдныхъ известью<sup>1)</sup>.

Кромѣ того, Söderbaum повторилъ примѣнительно къ костяной мукѣ наши опыты относительно вліянія солей аммонія на усвояемость фосфатовъ, и показалъ, что не только въ песчаныхъ культурахъ, но и просто въ песчаной почвѣ замѣна селитры сѣрнокислымъ аммошемъ сильно вліяетъ на усвояемость фосфатовъ; наоборотъ селитра какъ соль физиологически щелочная не можетъ способствовать усвояемости фосфата кости (быть можетъ даже нѣсколько ее подавляетъ; см. Söderbaum, Vers. Stat. Bd. и наши замѣчания на его работу въ томъ же журналѣ, Bd. 65).

Итакъ, съ одной стороны, имѣется рядъ опытовъ, произведенныхъ разными лицами, въ которыхъ костяная мука обнаруживаетъ дѣйствіе, отвѣчающее 50—60% эффекта отъ растворимой фосфорной кислоты; съ другой стороны, это дѣйствіе можетъ понижено присутствіемъ избытка оснований или же повышено подѣ вліяніемъ кислотности, „физиологической“ (нѣкоторыя соли) или кислотности непосредственной (нѣкоторыя ночвы).

Кромѣ названныхъ вліяній дѣйствіе костяной муки, если она внесена лишь при посѣвѣ, повидимому, зависить отъ общей быстроты развитія растений въ тотъ или иной годъ, именно при быстромъ ростѣ получаютъ болѣе низкіе коэффициенты, чѣмъ при ростѣ замедленномъ; такъ у насъ въ 1906 году послѣ того какъ втеченіе 7 лѣтъ въ песчаныхъ культурахъ костяная мука давала коэффициенты въ 50—60%, вдругъ получились урожаи лишь около 25% отъ урожая съ нормальной культуры (и даже ниже); мы пока не имѣемъ другого объясненія для этого факта, кромѣ того, что въ этомъ году была очень ранняя и теплая весна, и при быст-

---

1) Söderbaum кромѣ данныхъ своихъ опытовъ сообщаетъ еще фактъ, что въ округѣ Smaaland (въ Швеци), съ почвами бѣдными известью, костяная мука находитъ хороший сбытъ, а въ округѣ Schonen, съ почвами образовавшимися на известковыхъ породахъ, спросъ на нее малъ (Bied. Centr., 1903, 745).

ромъ ростъ костяная мука не могла съ соотвѣтственной быстротой удовлетворять потребность растений въ фосфорѣ. Аналогичное наблюдение сдѣлалъ и Söderbaum: у него вмѣсто 80% въ годъ съ ранней весной костяная мука дала лишь 50%; что эти величины выше нашихъ объясняется тѣмъ, что Söderbaum работалъ съ почвами, а не съ песчаными культурами; въ почвахъ же можно ожидать присутствіе растворителей, дѣйствіе которыхъ присоединяется къ растворяющему дѣйствию корней. Такъ у насъ въ томъ же 1906 году, столь мало благоприятномъ для кости въ песчаныхъ культурахъ, въ опытахъ почвами результаты были очень хорошіе; именно, песчаная почва изъ лѣсной дачи дала слѣдующіе урожаи въ зависимости отъ удобрения:

Безъ $P_2O_5$	Костяная мука.			Растворимая $P_2O_5$
	0.25	0.50	1 gr. $P_2O_5$	
16,7	33,4	37,6	39,0	40,2 гр.

На подзолистыхъ почвахъ конечно костяная мука способна давать высокіе приросты, такъ какъ на такихъ почвахъ дѣйствуетъ даже и фосфоритъ, поэтому приводить результаты для этихъ почвъ не для чего; но особенный интересъ представляютъ опыты съ черноземными почвами, въ которыхъ относительно больше извести, чѣмъ въ сѣверныхъ выщелоченныхъ почвахъ и относительно которыхъ возможно предположеніе, что дѣйствіе кости будетъ слабымъ. Хотя въ этомъ отношеніи пока нѣтъ достаточно широкихъ опытовъ, но для Тульской губерніи работы Шатиловской станціи установили возможность примѣненія костяной муки съ весьма благоприятнымъ результатомъ; такъ въ 1905 г. при введеніи 3-хъ пудовъ  $P_2O_5$  въ видѣ кости и шлака (безъ внесенія другихъ удобрений) на крестьянскихъ земляхъ получены были такіе урожаи:

	Безъ удобрений.	Костяная мука.	Томасовъ шлакъ.
1)	27,4 п.	50,4 п.	60,4 пуда.
2)	23,2 „	42,7 „	47,8 „

Въ другихъ опытахъ, на почвахъ менѣе выпаханыхъ костяная мука давала урожаи 122%, шлакъ въ 129% и су-

перфосфатъ въ 136% отъ урожая съ удобренныхъ дѣлянокъ (100)<sup>1)</sup>.

Приведемъ еще данныя изъ опытовъ произведенныхъ въ Петербургской сел.-хоз. лабораторіи К. К. Гедройцемъ для песчанистаго чернозема Воронежской губерніи (опыты въ сосудахъ, въ присутствіи азотистаго и калийнаго удобрения; относительныя цифры):

		Фосфоритъ.	Кость.	Шлакъ.	Растворимая P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Оз. рожь. . .	30	45—64	82	95	100
Оз. пшеница.	34	43—62	86	89	100 <sup>2)</sup>

Изъ совокупности приведенныхъ данныхъ видно, что кость по усвояемости существенно отличается въ выгодную сторону отъ фосфорита, но уступаетъ томасову шлаку (съ послѣднимъ однако она можетъ при извѣстномъ соотношеніи цѣнъ конкурировать); точно указать цифровое отношеніе для усвояемости P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> кости пока было бы трудно, но вѣроятно она въ среднемъ не ниже 50%; отъ этого средняго возможны отклоненія, очевидно большія, чѣмъ для томасова шлака и суперфосфата, обусловленныя преимущественно вліяніемъ свойствъ почвы и соутствующихъ удобреній.

### *О сравнительной цѣнности фосфатовъ.*

Какъ намъ приходилось уже выше отмѣчать, три опѣнѣхъ фосфатовъ путемъ аналитическимъ имѣеть значеніе кромѣ опредѣленія растворимой въ водѣ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> имѣеть значеніе еще опредѣленіе растворимости въ лимонной кислотѣ (или лимоннокисломъ амміакѣ), такъ какъ многіе фосфаты будучи „полурастворимыми“ (citratlöslich) отличаются хорошей усвояемостью; типичнымъ представителемъ этой группы является двукальціевый фосфатъ (CaHPO<sub>4</sub>).

Вопросъ о сравнительномъ значеніи одно и двухъкальціеваго фосфата въ свое время (начало 80-хъ годовъ) возбудилъ острую полемику, но теперь считаютъ, что дѣйствіе *одно и 2-хъ кальціеваго фосфата близко*, причемъ нѣкоторыя разницы находятся въ зависимости отъ свойствъ почвъ. Въ

<sup>1)</sup> См. Отчеты Шатиловской станціи, вып. II, и статьи В. В. Винера въ Вѣстникѣ С. Х. за 1906 годъ.

<sup>2)</sup> Труды Лабораторіи. Вып. IV (1905).



Въ полѣ же на единицу вѣса суперфосфата приходится гораздо большее количество почвы заключающей еще соединенія желѣза и глинозема, поэтому ретроградация должна пойти значительно быстрее, такъ что фосфорная кислота въ состоянiи будетъ передвинутая въ почвѣ богатой известью лишь на незначительное разстоянiе. Но осаждаясь при встрѣчѣ съ  $\text{CaCO}_3$ , фосфорная кислота даетъ преимущественно тотъ же двукальціевый фосфатъ, легко растворимый въ водѣ съ углекислотой <sup>1)</sup> и легко усвояемый. Допущеніе что одно и двухкальціевый фосфаты почти равноцѣнны какъ источники  $\text{P}_2\text{O}_5$  для растений и что наблюдаемая различія зависятъ отъ почвенныхъ условій, находитъ себѣ подтвержденіе въ песчаныхъ культурахъ, гдѣ получаютъ наир. слѣдующіе результаты (наши опыты 1899 г., культуры Н. М. Тулайкова и М. А. Лушникова; см. рис. 20):

Источники фосфорной к.:	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{CaHPO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{Ca}_3\text{PO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	Трехкальціевый фосфатъ, вогни.	Трехкальціевый фосфатъ, фосфоритъ (фосфоритъ).
Урожай ржи . . .	22,4	24,5	23,1	12,5	1,8
„ пшеницы.	21,1	25,9	25,0	15,0	3,9

Какъ видимъ, двухкальціевый фосфатъ далъ весьма хороше результаты (нѣкоторое пониженіе въ случаѣ однокальціева фосфата видимо объясняется его кислой реакціей, которой въ нескѣ нечѣмъ было нейтрализоваться).

Высказывалось, что несмотря на многочисленность западно-европейскихъ опытовъ и указанные результаты песчаныхъ культуръ, все-таки слѣдуетъ съ извѣстной осторожностью пользоваться этими выводами напр. для нашихъ черноземныхъ почвъ, такъ какъ нѣкоторые опыты (им. Харитоненко, Харьковской губ.) обнаружили болѣе слабое дѣйствіе на свеклу полурастворимыхъ фосфатовъ по сравненіи съ растворимыми; вообще разнаго типа почвы могутъ оказывать то понижающее, то повышающее дѣйствіе на коэффициентъ использования фосфатовъ по сравненію съ песчаными культурами, (о чемъ еще будемъ говорить ниже, примѣнительно къ вопросу о фосфоритахъ), и вопросъ объ осажденномъ фосфатѣ

<sup>1)</sup> См. Landw. Jahrb. 1880, 783, Albert и Richard Wagner.

(и ему подобныхъ удобреніяхъ) требуютъ мѣстныхъ опытовъ для болѣе правильнаго рѣшенія; опять таки и здѣсь можно было бы высказать предпо-

Рис. 20-й.

положеніе, что печерноземныя почвы, какъ менѣе богатая углекислой известью (не говоря уже о почвахъ „кислыхъ“) будутъ болѣе благоприятны для двукальцеваго фосфата, нежели почвы черноземной полосы; но тотъ фактъ, что не только съ шлакомъ, но и съ костью получены были благоприятные результаты въ нѣсколькихъ пунктахъ черноземной полосы, заставляетъ воздержаться отъ подобныхъ преждевременныхъ обобщеній.

Что касается 3-хъ кальцеваго фосфата, то дѣйствіе его весьма зависить отъ той формы, въ какой онъ вносится для удобренія. Свежеосажденная соль  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  хорошо растворяется въ лимоннокисломъ аммиакѣ и отлично усваивается растеніями, какъ видно



$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Кость. Фосфоритъ.

изъ приведенныхъ выше данныхъ; прокаленная же соль или взятая въ видѣ фосфорита въ лимонноаммиачной соли растворяется слабо, и до послѣдняго времени было спорнымъ вопросомъ, является ли такая форма  $\text{P}_2\text{O}_5$  доступной непосредственно растеніямъ.

Вопросъ о фосфоритахъ является какъ разъ однимъ изъ такихъ вопросовъ, въ которомъ не легко было разобраться при помощи только полевыхъ опытовъ, гдѣ важно было примѣнить и вегетационный методъ въ цѣляхъ лучшаго разчлененія факторовъ. Полевыхъ опытовъ дѣлалось много и прежде, въ 1895' году сдѣлана была попытка сдѣлать сводъ ихъ результатовъ<sup>1)</sup>, но получилась масса сырого матеріала безъ опредѣленныхъ выводовъ. Въ то же время было извѣстно, что у Энгельгардта фосфориты повышали урожай, на черноземѣ же часто не наблюдалось никакого эффекта, что Франція пользуется своими фосфоритами (улучшеніе ладѣ), а въ Германіи пришли къ выводу, что для большинства почвъ „пора перестать считать фосфориты удобреніемъ, такъ какъ они представляютъ лишь сырой матеріалъ для приготовленія фосфорнокислыхъ удобреній“.

Не говоря о массѣ неудовлетворительно поставленныхъ полевыхъ опытовъ, разногласіе касалось самаго толкованія тѣхъ или иныхъ результатовъ; если напр. фосфоритъ въ Смоленской губерніи дѣйствуетъ, а въ Воронежской — не дѣйствуетъ, то въ чемъ здѣсь причина, въ почвѣ или климатѣ? или оподзоленія почвы способны разлагать фосфоритъ, а черноземъ не способенъ, или недостаточное увлажненіе само по себѣ могло понизить дѣйствіе трудно растворимыхъ фосфатовъ на черноземѣ? На эти вопросы удобнѣе всего могъ отвѣтить вегетационный методъ, позволяющій провести опытъ съ разными почвами при одинаковыхъ условіяхъ температуръ и влажности, позволяющій далѣе замѣтить почву инертной средой—чистымъ кварцевымъ пескомъ, ради учета роли почвы путемъ ея исключенія.

Для того, чтобы лучше разобраться въ этомъ вопросѣ, слѣдовало разчленивъ его на отдѣльныя части, а именно: 1) какъ относятся растенія сами по себѣ къ фосфоритамъ, 2) какова роль почвы, какъ посредника между удобреніемъ и растеніемъ въ данномъ случаѣ.

Физиологическія данныя по вопросу объ отношеніи корней растенія къ малорастворимымъ источникамъ минеральной пищи вообще (и  $P_2O_5$  въ частности) довольно скудны. Не касаясь

<sup>1)</sup> Труды комиссіи по отдѣлу искусственныхъ удобреній И. М. О. С. Х. 1895 г., редакция Яновскаго.

опытовъ Сакса <sup>1)</sup> укажемъ, что еще въ 60-хъ годахъ Дитрихъ выращивалъ разныя растенія въ обломкахъ горныхъ породъ (базальта и песчаника). Оказалось, что бобовыя развивались лучше злаковыхъ и усвоили больше минеральныхъ веществъ; отсюда Дитрихъ заключилъ, что бобовыя обладаютъ большей способностью переводить необходимыя для нихъ минеральныя вещества въ растворимую форму. Но нельзя считать опытъ Дитриха доказательнымъ, такъ какъ ему неизвѣстна была способность бобовыхъ использовать (при наличности клубеньковъ) азотъ атмосферы, поэтому злаки и бобовыя могли находиться въ неравныхъ условіяхъ. Другая интересная для насъ работа принадлежитъ Дайеру. Титруя вытяжку изъ корней бобовыхъ и злаковыхъ, Дугер нашелъ, что бобовыя имѣютъ болѣе кислый „сокъ“, чѣмъ злаки <sup>2)</sup>.

По все-таки опредѣленія Дайера относятся къ водной вытяжкѣ изъ всей массы корня, а не къ корневымъ выдѣлениямъ собственно; вопросъ о наличности органическихъ кислотъ въ послѣднихъ является до сихъ поръ спорнымъ.

Въ 1896 г. появилась работа Чапека, который склоняется къ выводу, что коррозионныя явленія зависятъ отъ углекислоты, выдѣляемой корнями при дыханіи, органическихъ же кислотъ корни не выдѣляютъ <sup>3)</sup>. Къ этому Чапекъ приходитъ главнымъ образомъ на основаніи слѣдующаго опыта: если изъ смѣси гипса и фосфорнокислаго глинозема сформовать пластинку съ гладкой поверхностью и помѣстить ее на пути распространенія корней, то коррозионныхъ слѣдовъ не получается; такъ какъ фосфорнокислый глиноземъ растворимъ въ цѣломъ рядѣ органическихъ кислотъ, но не растворяется въ присутствіи одной угольной кислоты, то Чапекъ и заключаетъ, что корни растеній не выдѣляютъ органическихъ ки-

<sup>1)</sup> Опыты эти обнаружили что если на пути распространенія корней положить полированную мраморную пластинку, то въ мѣстахъ соприкосновенія корни разѣдаютъ поверхность мрамора и она становится матовой по линіямъ прикосновенія, давая отпечатокъ корневой сѣти (чтобы сдѣлать замѣльной эту сѣть издали въ цѣляхъ демонстративныхъ, достаточно слегка натереть мраморную пластинку порошкомъ графита). Это разѣданіе (коррозионныя явленія) обыкновенно приводятся какъ доказательство существованіе корневыхъ выдѣлений.

<sup>2)</sup> Biedermann's Centralblatt. 1894. 799.

<sup>3)</sup> Но все же и у Чапека есть указанія, что напр., у люпина корневые выдѣленія имѣютъ болѣе кислую реакцію, чѣмъ у злаковъ.

слотъ. По опыту этотъ не точенъ, потому что лишь нѣсколько растворимъ въ водѣ (около 2: 1000), поэтому гипсовыя пластинки подвергались размывающему дѣйствию воды и не могли обнаружить измѣненій рельефа подъ вліяніемъ корней; а фосфорнокислый глиноземъ по опытамъ въ песчаныхъ культурахъ отлично используется растеніями (о чемъ Чапекъ могъ бы заключить уже по аналогіи съ фосфорнокислымъ желѣзомъ, которое вводится при воднымъ культурахъ); вотъ полученные нами результаты:

Источникъ фосфорной кислоты.	СаНРО <sub>4</sub>	Высуш. при 100°.		При 150°.		Прокаленные.	
		АРО <sub>4</sub>	FePO <sub>4</sub>	АРО <sub>4</sub>	FePO <sub>4</sub>	АРО <sub>4</sub>	FePO <sub>4</sub>
Урожай овса.	30,2	24,0	23,0	21,3	19,5	17,5	3,0гр.

Такимъ образомъ даже прокаливаше не дѣлаетъ фосфорнокислаго глинозема недоступнымъ корнямъ, какъ это имѣетъ мѣсто для желѣза, а Чапекъ бралъ непрокаленные фосфаты<sup>1)</sup>.

Итакъ, послѣ работы Чапека, какъ и до нея вопросъ о природѣ корневыхъ выдѣленій остается нерѣшеннымъ.

Однако, какъ бы ни былъ рѣшенъ вопросъ о корневыхъ выдѣленіяхъ въ окончательной формѣ, мы и теперь можемъ съ помощью песчаныхъ культуръ „узнавать мнѣіе растеній“ и эмпирически опредѣлять, какова усвояемость разныхъ фосфатовъ и одинакова ли она для разныхъ растеній.

Такого рода песчанья и почвенныя культуры по фосфоритному вопросу начаты были нами въ 1896 году и продолжены въ послѣдующіе годы.

По этимъ опытамъ, опытамъ Лабораторіи Министерства Земледѣлія (въ Лѣсномъ Институтѣ), а также по даннымъ, полученнымъ въ Бельгіи Schreiber'омъ оказалось, что раз-

<sup>1)</sup> См. Jahrbücher für wissensch. Botanik 1896. Кромѣ того оказывается, что фосфаты желѣза и глинозема вовсе не такъ стойки, какъ это полагалъ Чапекъ, они поддаются дѣйствию воды и углекислоты, поэтому не могутъ служить пробнымъ камнемъ для рѣшенія вопроса о присутствіи кислотъ въ корневыхъ выдѣленіяхъ (см. докладъ автора о корневыхъ выдѣленіяхъ на Менделѣевскомъ съѣздѣ). Въ 1906 году появилась еще одна работа о корневыхъ выдѣленіяхъ, именно Kunze (Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik 1906 г.), но въ ней также есть экспериментальныя погрѣшности; такъ, въ качествѣ источника азота авторъ вводилъ соли аммонія, слѣдовательно у него не была отдѣлена кислотность корневыхъ выдѣленій отъ „физиологической кислотности“ и даже отъ кислотности вызываемой нитрификаціей, такъ какъ культуры не были стерильны.

ныя растенія неодинаково относятся къ фосфоритамъ. Въ этомъ отношеніи растенія можно раздѣлить на двѣ группы: 1) совершенно не использующія  $P_2O_5$  фосфоритовъ сами по себѣ, безъ содѣйствія растворяющаго вліянія почвы, 2) болѣе или менѣе сильно переводящія  $P_2O_5$  фосфоритовъ въ усвояемое состояніе; между этими группами существуютъ переходы.

Такъ оказывается, что хлѣбныя злаки совсѣмъ не используютъ  $P_2O_5$  изъ фосфоритовъ или проявляютъ эту способность въ очень слабой степени. Вотъ, напр., результаты *песчаныхъ* культуръ за 1896-ой г., полученные въ нашей лабораторіи Н. К. Недокучаевымъ <sup>1)</sup>:

Источник $P_2O_5$	$KH_2PO_4$	Смолен- скій	Костром- ской	Рязан- скій	Подольскій фосфоритъ
Урожай ячменя. . .	38,12 гр.	5,52	5,03	4,47	4,47

Такіе же результаты для фосфорита получились и во многихъ другихъ культурахъ того года; растенія выглядѣли какъ совершенно подавленные въ ростѣ, „предѣльные“; это проявилось настолько рѣзко и было настолько неожиданно для участниковъ опытовъ, что была склонность не довѣрять полученнымъ результатомъ <sup>2)</sup> и искать какихъ либо погрѣшностей (излишняя поливка, нечистота нѣкоторыхъ солей и пр.); но культуры 1897 г. дали тѣже результаты и показали, что дѣло не въ случайныхъ погрѣшностяхъ, а дѣйствительно въ неусвояемости фосфорной кислоты фосфоритовъ для цѣлага ряда растеній; вотъ нѣкоторые примѣры изъ данныхъ второго года опытовъ:

	Удобр. раств. $P_2O_5$ .	Уд. фосфори- томъ.	Урожай на фосфоритѣ въ $\frac{0}{100}$ отъ урожая на растворимой $P_2O_5$ .
Урожай овса. . . .	15,60	1,75—3,35	11—20 $\frac{0}{100}$
„ проса . . . .	29,07	0,57	2 $\frac{0}{100}$
„ пшеницы. . . .	12,20	1,15	9,4 $\frac{0}{100}$

Во вносимыхъ фосфоритахъ содержалось  $P_2O_5$  при этихъ опытахъ больше въ 2—5 разъ сравнительно съ нормальной культурой. Насколько мало значеніе большихъ количествъ фосфорита видно изъ такого позднѣе произведеннаго у насъ опыта (песчанья культуры):

<sup>1)</sup> „Доступна ли культурнымъ растеніямъ фосфорная кислота фосфоритовъ?“ Д. Н. Прянишникова. 1899-й. См. также „Хозяинъ“ 1897 г.

<sup>2)</sup> См. „Результаты студенческихъ работъ за 1896 годъ“ въ Извѣстіяхъ Института 1897.

Урожай:	Безъ фосфорной кислоты.	Фосфоритъ (смоленскій).					СаНРО <sub>4</sub>
		Въ двойн. количествѣ.	Четверномъ.	Шестерн.	Восьмерн.	Десятерн. колич.	
пшеницы .	1,20	2,50	2,65	2,00	3,15	3,75	14,7
овса . . .	1,40	—	3,50	3,90	6,05	5,33	20,9
ячменя . .	1,43	—	4,00	3,70	5,00	5,20	24,9

Количествомъ фосфорита такимъ образомъ нельзя возмѣстить его малой растворимости; даже десятерная доза (по сравнению съ СаНРО<sub>4</sub>) не помогаетъ, разнѣтъ на лицо достаточно активного растворителя (см. рис. 21-й).

Рис. 21-а. Пшеница.



Форма Р <sub>2</sub> О <sub>3</sub> : —	Фосфоритъ (Смоленскій)						СаНРО <sub>4</sub>
Относит. колич.:	0	2	4	6	8	10-ие	1

Другое отношеніе къ фосфориту люпина, гречихи, отчасти гороха. Въ нашихъ опытахъ 1897 г. при культурѣ на фосфоритѣ

просо образовало . . .	0,58	gr.	сухого	вещества.
горчица же около . . .	6	"	"	"
люпинъ . . . . .	9	"	"	"
горохъ . . . . .	12	"	"	"

Въ слѣдующихъ опытахъ люпинъ давалъ 16—20 гр. и гречиха (см. рис. 22-й) 9—14 гр., пшеница же, овесъ и ячмень разъ въ 5 меньше.

Въ 1897 г. дашыя относительно малой доступности фосфоритовъ для злаковъ были получены также въ лабораторіи проф. Коссовича (Лѣсной Институтъ), а въ концѣ того же года<sup>1)</sup> появилось сообщеніе Schreiber'a (Бельгія), который дѣлая втеченіе нѣсколькихъ лѣтъ опыты въ почвѣ (очевидно лишенной кислыхъ свойствъ), пришелъ къ выводамъ въ основныхъ чертахъ близкихъ къ вышеприведеннымъ; именно, не обнаруживали прироста урожая отъ фосфорита большинство злаковыхъ, ленъ, табакъ, замѣтный же приростъ давали гречиха, горохъ, горчица, конопля; въ отдѣльныхъ случаяхъ есть и некоторые несовпаденія въ распредѣленіи растеній по группамъ, но принимая во вниманіе различіе въ постановкѣ опытовъ и сложную зависимость урожая отъ цѣлаго ряда факторовъ, иного трудно было бы и ожидать.

Рис. 22-й.



Безъ  $P_2O_5$ . Фосфоритъ.  $KH_2PO_4$ .

Въ упомянутыхъ опытахъ проф. Коссовича (въ лабораторіи М. З. и Г. И.) падь овсомъ и горохомъ получены такія данныя<sup>2)</sup> (несчастныя культуры):

	Удобр. раств. $P_2O_5$ .	Удобр. фосфорит.	Урожай на фосфоритъ въ % урожая на раств. $P_2O_5$ .
Урожай овса. .	42,0 гр.	4,0—10,1 гр.	9,5—24,0 %
„ гороха.	57,0 „	29,7—30,0 „	52,1—52,0 „

Т.-е. горохъ гораздо лучше овса развивался на фосфоритѣ. Интересно, конечно, судить о доступности фосфорной

<sup>1)</sup> Biedermanns Centralblatt 1897, Heft 12.

<sup>2)</sup> „Хозяинъ“, 1899, № 50, II-й Отчетъ СПБ. Лабораторіи М. З. и Журналъ Опытной Агрономіи 1900, 1901 и 1902 гг.

кислоты не по урожаямъ только, а по дѣйствительному опредѣленію усвоенной растеніемъ  $P_2O_5$ ; въ статьѣ П. С. Коссовича находимъ такіа данныя:

		Урожай на сосудъ.	Количество $P_2O_5$ въ урожаѣ на сосудъ.
Овесъ:	Удобр. фосфоритомъ. . .	10,1 gr.	0,014 gr.
	„ растворимой $P_2O_5$ . . .	42,0 „	0,136 „
Горохъ:	„ фосфоритомъ. . .	30,0 „	0,047 „
	„ растворимой $P_2O_5$ . . .	57,0 „	0,147 „

Рис. 23-й. Озимая рожь.



Безъ  $P_2O_5$ . Фосфоритъ. Раствор. ф. б.

При нашихъ опытахъ 1899 г. обнаружилось, что гречиха на фосфоритъ усвоила около 60 mgr.  $P_2O_5$  на сосудъ, въ то время, какъ хлѣба содержали 4 — 12 mgr.; въ люпинѣ же найдено 97 mgr.

Итакъ, зависитъ ли это отъ разницъ качественныхъ (различія въ выдѣляемыхъ кислотахъ) или количественныхъ (разныя количества выдѣляемой  $CO_2$ ), но несомнѣнно, что корни разныхъ растеній обладаютъ различной растворяющей способностью.

Отмѣтимъ, что нельзя судить о способности растенія усвоить  $P_2O_5$  фосфоритовъ по одной принадлежности его къ известному семейству, напр., бобовыхъ или злаковыхъ. Такъ, изъ бобовыхъ клеверъ плохо развивался на пескѣ при удобреніи фосфоритомъ (данныя Петерб. лабораторіи), а изъ злаковыхъ — мюгаръ — *относительно* лучше (показаніе Schreiber'a).

Всѣ приведенныя цифры относились къ яровымъ хлѣбамъ; для озимыхъ также имѣются опыты въ песчаныхъ культурахъ и данныя этихъ опытовъ не

обнаружили замѣтныхъ различій на сравненіи съ яровыми; такъ въ опытѣ Р. Р. Шредера озимая рожь дала такіе урожаи (рис. 23) <sup>1)</sup>:

Безъ $P_2O_5$ .	Фосфоритъ.	$KH_2PO_4$ .
3,5	5,9	97 гр.

Отсюда не слѣдуетъ заключать, что шансы на успѣхѣ фосфоритнаго удобренія одинаковы для озимыхъ и яровыхъ, такъ какъ время соприкосновенія фосфорита съ почвой здѣсь неодинаково (см. ниже о вліяніи *почвы*).

Какъ слѣдовало ожидать на основаніи ранѣе приведенныхъ показаній лимонно-кислой вытяжки, разные фосфориты оказываются не совсѣмъ одинаковыми по доступности источниковъ фосфорной кислоты для растенія, а именно подольскій и вятскій фосфориты замѣтно уступаютъ въ этомъ отношеніи фосфориту рязанскому, смоленскому, курскому и костромскому; это видно изъ слѣд. цифръ, полученныхъ методомъ песчаныхъ культуръ.

	Растворимая $P_2O_5$ .	Относительная высота урожаевъ.				
		Рязан.	Смолен.	Костр.	Вятск.	Подольск.
Овесъ (наши культуры) . . . . .	100	21,5	17,1	13,0	—	12,2%
Овесъ (лаборат. мин. земл.) . . . . .	100	28,6	25,2	24,0	14,0	9,5 "
Горохъ (тамъ же) . .	100	64,4	62,5	52,6	41,6	52,1 "
Гречиха (наши культуры) . . . . .	100	45,0	62,0	—	—	29,3 "

По практически какъ разъ для главныхъ культуръ съ этими различіями мало приходится считаться, такъ какъ всѣ фосфориты чрезвычайно плохо используются хлѣбами, если нѣтъ на лицо какого-либо растворяющаго агента.

Вышеприведенныя данныя по дѣйствию фосфоритовъ на растенія относились къ песчанымъ культурамъ и находятъ аналогію лишь въ тѣхъ полевыхъ опытахъ, которые были произведены съ почвами, не обладающими кислыми свойствами.

Несравненно сильнѣе дѣйствіе фосфоритовъ на подзолистыхъ и торфянистыхъ почвахъ, какъ это показано опытами А. П.

<sup>1)</sup> См. „Извѣстія Моск. Сельско-Хозяйств. Института“. 1899, кн. IV.

Энгельгардта въ Россіи, Kieffel'я и др. во Франши и другихъ странахъ.

Вегетационные опыты (при которыхъ полнѣе исключается дѣйствіе переменныхъ факторовъ, въ частности погоды) подтверждаютъ это. Приведемъ данныя полученныя у насъ при первыхъ же опытахъ въ 1896 году относительно яровой ржи (культуры Б. А. Скалова):

П о ч в ы :	Урожай зѣрна.		Общ. вѣсъ надземн. орган.		Повышеніе урожая въ %.
	Безъ удобрения.	Съ фосфоритомъ.	Безъ удобрения.	Съ фосфоритомъ.	
Черноземъ. . .	1,95	2,30	5,65	5,80	+ 3%
Супесь . . . .	1,25	1,50	3,55	4,40	+ 24 "
Подзолъ № 1-й.	0,40	4,75	3,30	10,75	+226 "
Подзолъ № 2-й.	1,40	3,30	2,35	11,10	+372 "

Такимъ образомъ фосфоритъ далъ сильное повышеніе на подзолистыхъ, не культурныхъ почвахъ; черноземъ же совершенно не реагировалъ на это удобрение. Такъ какъ яровая рожь не могла сама по себѣ пользоваться фосфорной кислотой фосфорита (на основаніи ранѣе изложеннаго), то очевидно подзолистыя почвы подготавливали фосфоритъ, дѣйствовали на него растворяющимъ образомъ, а черноземъ этого дѣйствія не проявилъ, хотя всѣ почвы снабжались влагой въ одинаковой мѣрѣ; такимъ образомъ, это показаніе даетъ поводъ думать, что опыты съ фосфоритами въ черноземной полосѣ были менѣе успѣшны по сравненію съ нечерноземными вследствие климатическихъ причинъ, а вследствие иныхъ свойствъ почвы. Выводъ этотъ подтверждается и послѣдующими опытами (1897 и 1898 гг.).

Въ 1897 году проверено было дѣйствіе фосфоритнаго удобрения на подзолъ № 1-й; результаты были таковы (для яровой ржи):

Удобрение.	1 гр. KNO <sub>3</sub> и 0,54 гр. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> въ видѣ;				
	Безъ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 1 гр. KNO <sub>3</sub>	Рязанск.	Куломзинск.	Рославльск.	Подольск.
Урожай надземныхъ частей въ % . . .	100%	300%	235%	234%	163%

ф о с ф о р и т а .

Въ другомъ опытѣ съ той же почвой сравнивались различные фосфаты:

Удобрение.	Безъ $P_2O_5$ 1 gr. $KNO_3$ .	1 gr. $KNO_3 + 0,27$ г. $P_2O_5$ въ видѣ.			
		Суперфосф.	Фосфорита.	Кост. муки.	$NaH_2PO_4$ .
Урожай въ % отъ неудобр. . . . .	100%	153%	141%	154%	175%
Тоже для зерна. . .	100 „	178 „	168 „	190 „	202 „

Слѣдовательно, дѣйствіе почвы можетъ измѣнить существенно свойства фосфорита и приблизить результаты его примѣненія къ результатамъ, полученнымъ отъ болѣе цѣнныхъ фосфатовъ. Отмѣтимъ, что даже подольскій фосфоритъ поддавался активному воздѣйствію со стороны почвы и далъ замѣтный приростъ, хотя и меньше противъ другихъ фосфоритовъ. (Это даетъ поводъ думать, что причина неуспѣха подольскаго фосфорита лежитъ не только въ особенностяхъ самаго удобрения, но и въ томъ, что онъ испытывался на южныхъ, а не на сѣверныхъ, подзолистыхъ почвахъ).

Результаты подобные дѣйствію подзола на фосфоритъ, получены и для болотно-суглинистой почвы XII поля фермы М. С. И.:

	Безъ удобр.	Фосфо- ритъ.	Фосфоритъ и селитра.	Суперфосфатъ и селитра.
Урожай надземныхъ орга- новъ (въ % отъ неудоб.).	100	153	250	271

Но и изъ сѣверныхъ (даже подзолистыхъ) почвъ, повидимому, не всѣ реагируютъ на фосфоритъ; можно предполагать, что и эти почвы по мѣрѣ улучшения подъ вліяніемъ обработки и навознаго удобрения мало по малу теряютъ способность воздѣйствовать на фосфоритъ растворяющимъ образомъ.

Замѣтимъ, что если для торфяныхъ почвъ несомнѣнной причиной указанныхъ явленій служитъ наличность свободныхъ кислотъ (такъ что въ большинствѣ случаевъ достаточно привести въ соприкосновеніе фосфоритъ съ торфомъ даже на непродолжительное время, чтобы обнаружить въ растворѣ фосфорную кислоту), то для почвъ подзолистыхъ причина эта является болѣе сложной и пока не изслѣдованной въ достаточной мѣрѣ.

На основаніи только что приведенной разницы въ дѣйствіи разныхъ почвъ на фосфориты нельзя еще утверждать, что индифферентныя въ этомъ отношеніи почвы никогда не должно

удобрять фосфоритами. Возможно, что для люпина, гречихи, гороха и подобных растений фосфоритное удобрение будет полезно и на таких почвах; но при условии, что мы имеем дело не только с малым „плодородием“, но и с малым „богатством“ почвы по фосфорной кислотѣ<sup>1)</sup>, иначе эти растения будут черпать из трудно растворимого запаса

1) Здесь является вопросом, будет ли гречиха благодаря усвояющей способности чаще реагировать на фосфоритъ чѣмъ хлѣба при полевой культурѣ или именно большая усвояющая способность корней позволить ей черпать  $P_2O_5$  изъ такихъ соединений почвы, которые хлѣбамъ недоступны и сдѣлаетъ ее нечувствительной къ внесению фосфорной кислоты въ любой формѣ? Очевидно это зависитъ отъ того какъ фосфорная кислота той или иной почвы распределится по разнымъ категориямъ соединений: эти соединения могутъ быть или 1) одинаково недоступны ни гречихѣ, ни хлѣбамъ (органический P?) 2) доступны гречихѣ, но недоступны хлѣбамъ (апатитъ и подобные ему фосфаты), 3) доступны всѣмъ растениямъ (растворимые и „полурастворимые“ фосфаты). Если почва (лишенная кислыхъ свойствъ) содержитъ соединения преимущественно первой категоріи или вообще бѣдна фосфорной кислотой, то будетъ реакція на фосфоритъ для гречихи, но ея не будетъ—для хлѣбовъ; если же фосфорная кислота находится въ соединенияхъ главнымъ образомъ второго рода, то и гречиха не будетъ реагировать на фосфоритъ, да и другіе фосфаты не будутъ обнаруживать на нее достаточнаго дѣйствія, хотя хлѣба будутъ на нихъ отзываться; наконецъ, въ третьемъ случаѣ, конечно, и хлѣба не будутъ пуждаться во внесении фосфорнокислыхъ удобрений вообще.

Такимъ образомъ возможны соотношенія очень различныя, въ особенности если принять во вниманіе, что въ большинствѣ случаевъ мы будемъ имѣть условія не рѣзко выраженнаго типичнаго, а смѣшаннаго переходнаго характера. Въ нашихъ опытахъ 1899 года имѣлъ мѣсто случай близкій къ случаю второму вышеприведенной схемы, именно:

На одной почвѣ (изъ Карловки Полт. губ.), пшеница и горохъ чрезвычайно сильно реагировали на фосфорную кислоту, гречиха же почти совершенно въ ней не нуждалась и дала почти равные урожаи какъ безъ фосфорной кислоты (18,7 гр.), такъ и при растворимомъ фосфатѣ (20 гр.); понятно, что фосфоритъ въ этихъ условіяхъ также не дѣйствовалъ; но если бы, при болѣе бѣдной почвѣ, гречиха реагировала на фосфорную кислоту, то нужно ожидать, что и фосфоритъ былъ бы пригодной формой.

Въ томъ же опытѣ горохъ далъ такіе урожаи:

Безъ фосфорита.	Фосфоритъ.	Растворимая ф. т.
9,9 гр.	18,9 гр.	45,0 гр.

Слѣдовательно, на одной и той же почвѣ разныя растения показываютъ различное отношеніе къ фосфатамъ (азотистой пищей были обезпечены въ этомъ опытѣ всѣ растения).

(„богатства“ почвы) и не будут реагировать на фосфаты, такъ въ опытахъ П. С. Коссовича и К. К. Гедроица замѣнены были такія различія въ количествѣ фосфорной кислоты, усвоенной на *одной и той же почвѣ* разными растеніями:

Люпинъ . . . .	114 mgr.	Тимофеевка. . .	31 mgr.
Горохъ . . . .	87 „	Оз. рожь. . . .	32 „
Гречиха. . . .	65 „	Люцерна . . . .	38 „

(См. IV выпускъ „Трудовъ с. х. лабораторіи“, СПб. 1905).

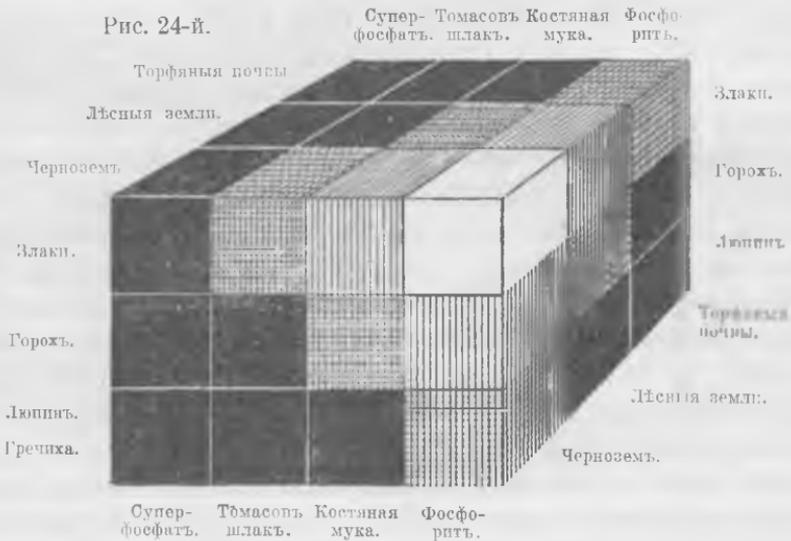
Въ сельскохозяйственной литературѣ неоднократно встрѣчаются попытки установить коэффициенты для использования фосфорной кислоты того или иного фосфата; пзъ вышесказаннаго ясно что такіе коэффициенты не могутъ быть постоянными, они мѣняются въ зависимости отъ рода почвы и рода растенія; нельзя, напр., вообще утверждать, что фосфорная кислота такого-то фосфорита используется въ 4 раза хуже, чѣмъ  $P_2O_5$  суперфосфата (или коэфф. использования равенъ 25 %); можно устанавливать эти нормы лишь оговоривши напередъ, какія почвы и какія группы растеній имѣются въ виду. Можно, напр. выдѣлить растенія съ слабой усвояющей способностью корней и почвы, лишеныя кислыхъ свойствъ, или наоборотъ; въ болѣе тѣсныхъ предѣлахъ возможно получить уже довольно постоянные коэффициенты.

Поэтому показанія песчаныхъ культуръ даютъ болѣе устойчивый матеріалъ для сравнительной оцѣнки продажныхъ фосфатовъ; но вообще говоря эти фосфаты не могутъ быть характеризованы какимъ-либо постояннымъ коэффициентомъ, въ виду того, что использование зависитъ какъ отъ рода растенія, такъ и отъ рода почвы; если имѣть въ виду пока только растеніе и при графическомъ изображеніи расположить на горизонтальной линіи различные фосфаты въ убывающемъ порядкѣ по растворимости, а за ординаты взять относительныя величины урожаяевъ, то получимъ для разныхъ растеній различныя кривыя; для злаковъ такая кривая будетъ рѣзко понижаться въ сторону фосфорита, для люпина она быть можетъ приблизиться къ совершенно горизонтальной линіи; кривая для другихъ растеній должна расположиться между ними. Для болѣе точнаго опредѣленія величины орди-

нать въ разныхъ случаяхъ нужны еще дальнѣйшіе опыты; примѣрными могутъ служить слѣдующія величины для относительныхъ урожаевъ:

Безъ $P_2O_5$ .	Фосфоритъ.		Костяная мука.	Томасовъ шлакъ.	Супер- фосфатъ.	
	Подольск. Смоленскій.					
Въ процентахъ.						
Хлѣба .	5%	5—10	5—20	40—60	60—70	100
Горохъ .		—	40	70	80	100
Гречиха .		30	60	90	100	100

Эта схема будетъ вѣрна для песчаныхъ культуръ и для тѣхъ почвъ, которыя являютя болѣе или менѣе инертной средой, не дѣйствующей замѣтно на вносимое удобреніе, но въ очень многихъ случаяхъ приведенныя величины будутъ измѣняться подъ вліяніемъ почвъ, а на почвахъ кислыхъ



часто вся картина можетъ быть затушевана, благодаря выравниванію въ дѣйствіи всѣхъ фосфатовъ. Если бы мы пожелали сразу, на одной схемѣ, выразить отношенія между фосфатами, почвами и растеніями, то пришлось бы прибѣгнуть къ изображенію въ пространствѣ и тремъ осямъ координатъ; на горизонтальной оси, напр., расположить фосфаты въ порядкѣ ихъ усвояемости, на вертикальной—расте-

нія, въ порядкѣ по энергій усвоенія ими  $P_2O_5$  изъ малорастворимыхъ источниковъ, на третьей, перпендикулярной къ плоскости двухъ первыхъ — почвы, тоже въ известной послѣдовательности, по способности растворяющимъ образомъ дѣйствовать на фосфаты; если такимъ образомъ построить модель, сложенную изъ кубиковъ и придать имъ окраску по интенсивности отвѣчающую дѣйствию фосфата, (въ зависимости отъ совокупности его свойствъ, свойствъ почвы и свойствъ растенія), то получимъ рядъ оттѣнковъ, дающихъ понятіе о сложности отношеній, имѣющихъ мѣсто въ дѣйствительности (см. рис. 24-й).

Но и такая схема не охватываетъ еще затрагиваемыхъ явленій сплошн; именно эта схема построена въ предположеніи, что почвы, разсматриваемыя нами, нуждаются въ фосфорнокисломъ удобреніи потому, что они бѣдны фосфорной кислотой вообще; между тѣмъ, почвы могутъ содержать разныя формы фосфорнокислыхъ соединений, изъ которыхъ одни растенія могутъ использовать большія, другія меньшія количества; поэтому одна и таже почва можетъ то реагировать на фосфорнокислое удобреніе, то относиться къ нему совершенно безразлично, смотря по тому, какое растение мы возьмемъ для опыта; основными, на нашъ взглядъ, являются слѣдующіе четыре случая:

*А. Никакъ я фосфорнокислыя удобрения не дѣйствуютъ ни на какія культуры; очевидно, это имѣетъ мѣсто въ томъ случаѣ, когда почва богата фосфорной кислотой въ удобоусвояемой формѣ.*

*В. Растворимая фосфорная кислота удобреній дѣйствуетъ на хлѣба, но не дѣйствуетъ на гречиху и люпинъ; это значитъ, что въ почву мало легко усвояемой фосфорной кислоты, но ея много въ элементахъ „богатства почвы“. Фосфоритъ въ этомъ случаѣ не дѣйствуетъ вовсе (не дѣйствуетъ на хлѣба, потому что онъ имъ недоступенъ, а на гречиху и люпинъ потому, что эти растенія и въ почву находятъ готовый запасъ аналогичныхъ малорастворимыхъ соединений, и не нуждаются въ удобреніи).*

*С. Растворимая фосфорная кислота удобреній дѣйствуетъ на всѣ растенія, а фосфоритъ только на гре-*

чиху, люпинъ и подобныя культуры; это указываетъ, что въ почвѣ есть общій недостатокъ въ фосфорной кислотѣ, но данная почва лишена кислыхъ свойствъ.

*D.* Въ фосфаты (въ томъ числѣ и фосфоритъ) дѣйствуютъ на всѣ культуры; очевидно, почва, при общемъ недостаткѣ въ фосфорной кислотѣ, обладаетъ ясно выраженными кислыми свойствами.

Вопросъ о кислотности почвъ надлежитъ конечно дальнѣйшему изслѣдованію; пока мы можемъ лишь указать на то, что эта „кислотность“ видимо можетъ быть иногда повышена внесеніемъ другихъ (сопутствующихъ фосфатамъ) удобрений въ формѣ физиологически-кислыхъ солей; но крайней мѣрѣ наши опыты 1900 года для песчаныхъ культуръ съ ясностью показали, что введеніе солей амміака въ качествѣ источника азота существенно измѣняетъ условіе использования фосфатовъ, дѣлая даже фосфориты матерьяломъ доступнымъ для хлѣбныхъ злаковъ. Можно думать, что и въ почвѣ соли амміака должны способствовать растворенію фосфатовъ той избыточной кислотой, которая остается послѣ ихъ использования растеніемъ, будетъ или это использованіе непосредственнымъ или оно будетъ сопровождаться предварительной нитрификаціей (во второмъ случаѣ количество дѣйствующей кислоты удваивается); но конечно въ почвѣ это растворяющее дѣйствіе не будетъ направлено только на фосфаты, какъ это достигается въ песчаныхъ культурахъ, оно можетъ быть ослаблено наличиемъ другихъ соединений, нейтрализующихъ кислоты (чаще всего  $\text{CaCO}_3$ ).

Насколько рѣзко дѣйствіе солей аммонія въ качествѣ растворителя, видно изъ слѣдующаго опыта; если, взявши въ качествѣ источника  $\text{P}_2\text{O}_5$  фосфоритъ постепенно во взятомъ рядѣ сосудовъ измѣнять источникъ азота, переходя отъ селитры (или  $\text{CaNO}_3$ ) и смѣси селитры и амміака и къ чистому сѣрнокислому амміаку, то вмѣстѣ съ введеніемъ солей аммонія (по мѣрѣ развитія растений) повышается кислотность среды отъ причинъ физиологическихъ (накопленіе избыточной сѣрной кислоты) и фосфоритъ подвергается растворенію, какъ бы на мѣстѣ потребления превращаясь въ суперфосфатъ; вотъ относящіеся къ этому опыту цифры (культуры И. М. Тулайкова и М. А. Лушникова).

Источникъ азота.	$\text{NaNO}_3$	$\frac{3}{4} \text{NaNO}_3$ $\frac{1}{4}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\frac{1}{2} \text{NaNO}_3$ $\frac{1}{2}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\frac{1}{4} \text{NaNO}_3$ $\frac{3}{4}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Урожайъ овса на фосфоритѣ.	6,2	22,0	20,5	19,9	1,6 грам.
% $\text{P}_2\text{O}_5$ въ урожаѣ . . . . .	0,09%	0,30%	0,57%	0,92%	1,46%
Абсолютное количество $\text{P}_2\text{O}_5$ въ урожаѣ . . . . .	65 mgr.	66,0	116,8	176,6	24,1 mgr.

(См. рис. 25-й).

Рис. 25-й.



Источникъ  $\text{P}_2\text{O}_5$ :                    Ф О С Ф О Р И Т Ь.

Источникъ азота     $\text{NaNO}_3$      $\frac{3}{4} \text{NaNO}_3$   
 $\frac{1}{4}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$      $\frac{1}{2} \text{NaNO}_3$   
 $\frac{1}{2}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$      $\frac{1}{4} \text{NaNO}_3$   
 $\frac{3}{4}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$      $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Какъ видимъ, растенія голодавшія отъ недостатка фосфорной кислоты при селитрѣ, но мѣрѣ введенія аммонія обильно ее воспринимали; что касается послѣдняго случая, когда введенъ былъ одинъ  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ , то здѣсь растенія пострадали отъ слишкомъ кислой реакціи, и дали малые урожаи несмотря на избытокъ (относительный) воспринятой фосфорной

кислоты (подробности см. въ нашемъ отчетѣ о вегетационныхъ опытахъ за 1900 годъ).

Насколько возможно этой растворяющей способностью солей аммонія, столь ясной въ песчаныхъ культурахъ, воспользоваться на практикѣ, объ этомъ пока трудно судить безъ дальнѣйшихъ опытовъ; во всякомъ случаѣ, при сравнительныхъ опытахъ и въ почвѣ нельзя считать замѣу селитры еѣрнокислымъ амміакомъ — безразличной. Замѣтимъ, что и азотнокислый аммоній также обладаетъ растворяющей способностью, хотя и смягченной по сравненіи съ еѣрнокислымъ; причина этого отчасти лежитъ въ возможности нитрификаціи, а отчасти, повидимому, и внѣ этого обстоятельства (подробности вошли въ отчетъ по культурамъ за 1901—1902)<sup>1)</sup>.

Такимъ образомъ, кромѣ свойствъ самаго фосфата, свойствъ почвы и растения, мы имѣемъ еще одинъ факторъ, способный значительно вліять на усвоенія фосфорной кислоты, именно *сопутствующія удобрения*: если одни изъ нихъ (соли аммонія) повышаютъ эффектъ фосфорнокислыхъ удобрений, то другіе способны его понижать; такъ во многихъ случаяхъ дѣйствуетъ углекислая известь, что мы уже отмѣчали въ случаѣ кости.

Но это дѣйствіе не является общимъ для всѣхъ фосфатовъ; въ опытахъ 1905 г., когда мы получили, согласно съ Kellner'омъ, рѣзкое пониженіе отъ прибавки  $\text{CaCO}_3$  для костяной муки, не наблюдалось пониженія для растворимаго фосфата ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ):

	Безъ $\text{CaCO}_3$	0,1%	0,3%	0,5%	1% $\text{CaCO}_3$
Урожай овса. . . .	44,1	43,9	42,8	43,0	40,4 gr)

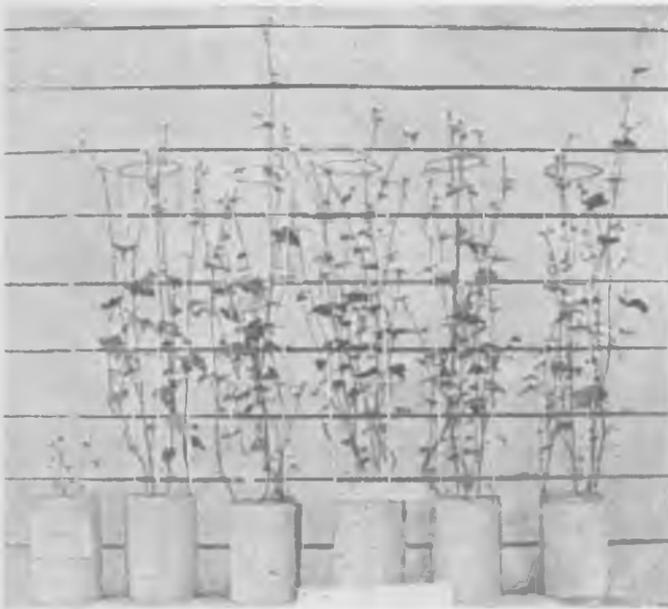
Только очень высокая доза  $\text{CaCO}_3$  (1% отъ вѣса песка) даетъ намекъ на пониженіе.

Въ 1903 году (Bied. Centralblatt, Heft 11) появилось сообщеніе о работѣ Söderbaum'a, который наблюдалъ также значительныя различія въ отношеніи фосфатовъ и извести, именно однокальціевый и двукальціевый фосфаты были къ ней гораздо менѣ чувствительны, чѣмъ трехкальцевый фос-

<sup>1)</sup> См. Извѣстія Института за 1905 г., а также статью автора „о растворяющемъ воздѣйствіи корневой системы на минеральный субстратъ“ (въ сборникъ изд. къ 50-ти лѣтнему юбилею И. А. Стебута, 1904 г., статьи въ Ber. d. d. Botan. Ges. 1905 и Landw. Vers. St. 1906.

фаты и кости. Опыты на эту тему были продолжены у насъ въ 1904—7 гг. и привели къ слѣдующему результату: мало-отзывчивыми къ внесению извести фосфатами являются одно- и двукальцевый фосфатъ (слѣдовательно, суперфосфатъ и преципитатъ), а также томасовъ шлакъ; наоборотъ, весьма чувствительны къ присутствію избытка извести трехкальцевый фосфатъ, фосфатъ кости и фосфориты.

Рис. 26.



Безъ  $P_2O_5$       Растворимый (кислый) фосфатъ:  
 $CaCO_3$ :    0            0      0,1%    0,3%    0,5%    1%.

ВОТЪ ПРИМѢРЫ:		Безъ $CaCO_3$	0,1%	0,3%	0,5%	1%	
$Ca(H_2PO_4)_2$	(1905)	20,7	19,5	25,7	25,7	23,2	гр. (гречиха)
$CaHPO_4$	1904 г.	18,4	16,3	18,5	18,2	22,5	(ячмень)
	1906 „	21,8	—	25,7	24,9	21,2	(пшеница)
$Ca_3PO_4$	(1907) „	18,9	—	15,4	8,3	8,0	(овесъ)
Кость	(1907) „	9,7	—	5,7	4,2	3,4	(пшеница)
Фосфо- ритъ	1905 „	13,0	4,3	1,0	0,9	0,5	(гречиха)
	1906 „	16,9	—	2,5	1,2	1,2	(гречиха)
Томасовъ шлакъ	1904 „	22,7	21,4	25,1	23,1	25,5	(ячмень)
	1905 „	23,6	23,7	25,3	22,2	18,4	(гречиха)

(см. рисунки 26-й, 27-й и 28-й, а также рис. 19-й).

На основаніи этихъ опытовъ нужно бы ожидать, что для почвъ богатыхъ известью, болѣе пригодными удобрениями будутъ суперфосфатъ, преципитатъ и томасовъ шлакъ; это предположеніе конечно требуетъ ближайшей провѣрки напр. для томасова шлака, такъ какъ наши опыты велись лишь въ предѣлахъ до 1%  $\text{CaCO}_3$ ; возможно, что предѣлъ вреднаго дѣйствія извести на эти фосфаты хотя и лежитъ гораздо

Рис. 27. Дѣйствіе  $\text{CaCO}_3$  на отношеніе гречихи къ фосфориту (опыты И. С. Шулова).



	Безъ $\text{P}_2\text{O}_5$	Ф	о	с	ф	о	р	и	т	ъ
$\text{CaCO}_3$ :	0	0	0,1%	0,3%	0,5%	1%				

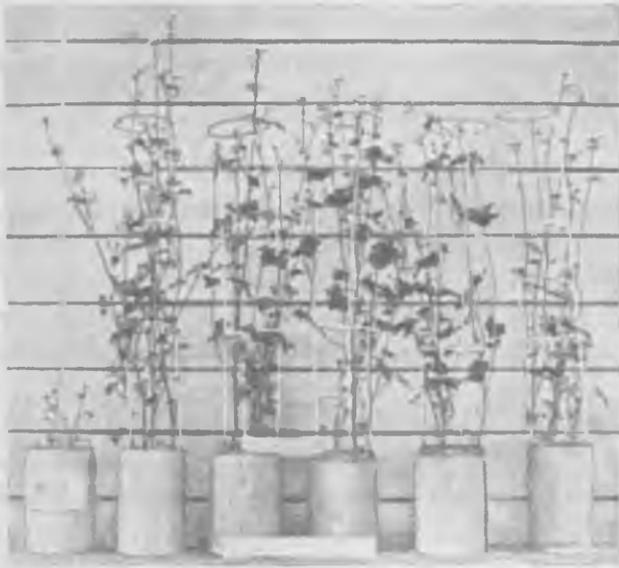
выше, чѣмъ для кости и фосфорита, но все же можетъ быть перейденъ, если не при внесении извести какъ удобрения, то въ случаѣ присутствія избытка извести въ самой почвѣ (мѣловыя, известковыя почвы).

Само собой разумѣется, что подобные опыты производятся не съ такими растениями, которые сами по себѣ чувствительны къ избытку извести, независимо отъ рода фосфата (люпинъ, ленъ).

Изъ вышеизложеннаго видно, что въ рядѣ фосфатовъ мы имѣемъ матерьялы разной растворимости, увеличивающейся въ такой послѣдовательности; фосфоритъ, кость, томасовъ шлакъ, преципитатъ, суперфосфатъ; но различія между сту-

нениями этой скалы могут иногда сглаживаться, именно под влиянием свойств некоторых почв (торфь, подзолъ), особенностей корневой системы некоторых растений (гречиха, люпинъ и проч.), а отчасти и под влиянием некоторых

Рис. 28. Отношение томасова шлака къ  $\text{CaCO}_3$  (опыты Н. С. Шулова).



Безъ $\text{P}_2\text{O}_5$	Томасовъ шлакъ				
$\text{CaCO}_3$ :	0	0.1%	0.3%	0.5%	1%

сопутствующихъ удобреній (физиологически-кислыя соли), иногда же, наоборотъ, различія эти для некоторыхъ фосфатовъ будутъ подчеркиваться подъ влияниемъ другихъ сопутствующихъ удобреній, прежде всего—углекислой извести.

### Дѣйствіе фосфатовъ на растенія. Условія ихъ примѣненія.

Фосфорноислыя удобренія являются для насъ наиболее важными, какъ по общимъ причинамъ, вытекающимъ изъ условій всякаго зернового хозяйства, такъ и потому, что залежи этихъ удобреній мы имѣемъ въ Россіи; умѣя использовать фосфаты, накопляя усвояемый азотъ другими путями (клеверъ въ нечерноземной полосѣ, правильная обработка пара на черноземѣ), мы можемъ обезпечить растеніямъ два.

главнѣйшихъ вещества, чаще всего оказывающіяся въ положеніи *minimum'a*.

Если тѣмъ или инымъ путемъ обезпечено азотистое питаніе, то можно ожидать благоприятнаго дѣйствія фосфатовъ какъ по количеству урожая, такъ и на соотношеніе въ развитіи органовъ культурнаго растенія, а часто и на химическій составъ получаемыхъ продуктовъ.

Что касается до вліянія фосфорнокислыхъ удобреній на хлѣба, то можно сказать, суммируя многочисленные опыты, что  $P_2O_5$  часто *повышаетъ въ урожай отношеніе въса зерна къ солому*.

Вагнеръ настаиваетъ, что этотъ результатъ обусловливается не специфическимъ дѣйствіемъ фосфорно-кислаго удобренія, а соотношеніемъ питательныхъ веществъ въ поивѣ, именно, обыкновенно въ почвахъ  $P_2O_5$  находится въ *minimum'ѣ*, развитіе зерна при такомъ ненормальномъ условіи подавляется; внесеніе въ почву  $P_2O_5$  *возстановляетъ (увеличиваетъ) нормальное отношеніе зерна къ солому*.

Такъ какъ въ почвахъ старой культуры  $P_2O_5$  обыкновенно находится въ относительномъ *minimum'ѣ*, то вышеприведенная законность остается въ силѣ и при такомъ толкованіи ея причинъ.

Большей частью опыты обнаруживаютъ, что и наши почвы нуждаются въ  $P_2O_5$ , при томъ не только сѣверныя, но и черноземныя; таковы, на примѣръ, данныя полученные Я. М. Жуковымъ для многихъ почвъ Харьковской губерніи при многочисленныхъ полевыхъ опытахъ, данныя С. Л. Франкфурта и Б. Н. Рожественскаго для юго-западныхъ губерній, В. В. Винера для Тульской губ. Въ качествѣ примѣра рѣзкаго повышенія можетъ служить опытъ А. И. Стебута съ озимой рожью, въ которомъ суперфосфатъ далъ урожай въ 237 п. при среднемъ урожай безъ удобренія въ 100 п. (Вѣстникъ С. Х. 1904 г.). Такіе эффекты конечно возможны лишь при благоприятныхъ условіяхъ погоды, когда питаніе азотомъ на черноземѣ обезпечено съ избыткомъ. Тоже наблюдается большей частью при опытахъ вегетационныхъ; такъ, у насъ черноземъ Полтавской губерніи (изъ Карловки) сильно реагировалъ на  $P_2O_5$  при нашихъ опытахъ (въ сосудахъ), и пока фосфаты не внесены, удобреніе N и K не дѣйствуетъ, слѣд.,  $P_2O_5$  находится въ рѣзко выраженномъ *minimum'ѣ*; это показываютъ слѣдующія цифры:

	Урожай на сосудь.
Безъ удобренія . . . . .	11,8 gr.
Удобрено N . . . . .	9,5 "
" K + N . . . . .	9,9 "
" K . . . . .	10,1 "
" P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	28,5 "
" N + P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	39,5 "

Зерновые бобовые также сильно реагируют на фосфорнокислые удобрения в подобных условиях; они содержат в урожае больше P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> чѣмъ злаки. Впрочемъ, не цужно забывать, что отзывчивость къ удобрению стоитъ въ связи не только съ содержаніемъ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> въ урожае, но еще и съ усвояющей способностью корневой системы; поэтому, быть можетъ мѣслимо, что, напр., люпинъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ можетъ не реагировать на внесение фосфата, когда хлѣба на него реагируютъ, потому что люпинъ способенъ взять P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> изъ такихъ соединений въ почвѣ, которыя хлѣбамъ недоступны; но той же, вѣроятно, причинѣ при нашихъ опытахъ съ почвой изъ Карловки (см. выше) гречиха не реагировала на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> при совершенно тѣхъ же условіяхъ. при которыхъ пшеница проявила очень рѣзкую реакцію.

Что касается *корнеплодовъ* и *клубнеплодовъ*, то можно сказать о фосфатахъ въ общемъ, что обычно они, увеличивая урожай, не склонны понижать качество продукта (въ отличіе отъ азотистыхъ удобрений); чаще наблюдается обратное: % содержаніе сахара въ свеклѣ и крахмала въ картофелѣ повышается подъ вліяніемъ фосфатовъ.

Одновременно съ этимъ у свеклы замѣчается пониженіе отношенія вѣса листьевъ къ вѣсу корня, что является однимъ изъ признаковъ созрѣванія; вообще можно сказать, что фосфаты если не ускоряютъ развитіе растений противъ нормы, то уменьшаютъ *рискъ запозданія въ созрѣваніи*, вызываемый преобладаніемъ азотистаго питанія; часто можно видѣть, проходя осенью мимо участковъ свекловицы, получившихъ разное удобрение, чередованіе желтѣющихъ участковъ съ зелеными: желтѣютъ раньше другихъ (указывая этимъ на окончаніе вегетационнаго періода и передвиженіе сахара въ ткани корня) именно участки, получившіе фосфорнокислосе удобрение.

Поэтому фосфаты охотно вносятъ совмѣстно съ азотистыми удобрениями, чтобы парализовать понижающее вліяніе послѣднихъ на качество свеклы; вотъ примѣръ изъ одного опыта сдѣланнаго во Франціи:

	Сахаристость,	Доброкачествен.
Безъ удобрения . . . .	15,23%	84,8
Селитра . . . . .	14,83 „	82,2
Селитра и суперфосф.	16,17 „	85,8

Подобный примѣръ для Воронежской губ. (Боринская экономія):

	Урожай (берк.).	Сахаристость.	Доброкач.
Безъ удобрения . . . .	56,2	12,46%	76,7
Селитра . . . . .	64,8	12,67 „	76,8
Селитра + суперфосфатъ	103,2	14,34 „	80,1

(См. отчетъ автора въ Извѣстіяхъ Петровской Академіи за 1889 г., стр. 239).

Подобное же дѣйствіе суперфосфата на свеклу обнаружилось въ цѣломъ рядѣ опытовъ Я. М. Жукова и другихъ лицъ за нѣсколько лѣтъ въ имѣньяхъ Харитоненко, такъ же на опытныхъ поляхъ „Общества сахарозаводчиковъ“, организованныхъ С. Л. Франкфуртомъ; при этомъ въ Россіи сталъ прививаться иной способъ распредѣленія удобрений, нежели обычный въ Зап. Европѣ, именно—*мѣстное внесеніе*, съ помощью особыхъ (комбинированныхъ) сѣялокъ, которые имѣютъ два ящика и два ряда сошниковъ: передніе, идущіе глубже, для высѣва удобрения, задніе—для высѣва сѣмянъ въ тѣже рядки, на нѣсколько меньшую глубину; это позволяетъ значительно удешевить примѣненіе суперфосфата, такъ какъ здѣсь требуются для достиженія того же эффекта меньшія количества удобрения, чѣмъ при сплошномъ внесеніи; такъ, 10 пудовъ суперфосфата позволяетъ обычно достигнуть полнаго эффекта, тогда какъ при разбросномъ внесеніи удобрения потребовалось бы не менѣе 20 пудовъ; даже 5 пудовъ (20% суперфосфата) оказываютъ весьма значительное дѣйствіе при рядовомъ внесеніи (въ сухой годъ эта доза можетъ даже оказаться и наиболѣе рентабельной). Теперь стали даже вносить удобрение и сѣмена черезъ тѣже самые сошники; опытъ

показываетъ, что такое упрощеніе не отзывается дурно на всхожести (при условіи, что сѣмена и суперфосфатъ находятся въ разныхъ ящикахъ).

Что касается причины этого преимущества рядового внесения суперфосфата, то наиболее вѣроятнымъ является слѣдующее объясненіе: при рядовомъ способѣ суперфосфатъ не смѣшивается со всей массой почвы, слѣдовательно не соприкасается съ большими количествами соединений извести, желѣза и глинозема, вызывающихъ ретроградію фосфорной кислоты, переходъ ея въ менѣе растворимое, а постепенно и въ менѣе усвояемое состояніе; оставаясь долѣе легко усвояемой, фосфорная кислота суперфосфата въ этихъ условіяхъ полнѣе используется. Быть можетъ, и самая форма распредѣленія не безразлична для растений, т. е. имѣетъ значеніе нахождения запаса растворимой  $P_2O_5$  на пути распространенія корешковъ въ самую первую стадію развитія растенія <sup>1)</sup>.

Дѣйствіе фосфатовъ на картофель подобно дѣйствію на свеклу т. е. новышеніе урожая достигается безъ пониженія качества, часто съ его повышеніемъ; также рядовой способъ внесенія заслуживаетъ широкаго испытанія при культурѣ

---

<sup>1)</sup> Интересно отмѣтить, что мѣстное внесеніе удобреній оказалось выгоднымъ для суперфосфата, который понижаетъ свою растворимость при смѣшеніи съ почвой; для труднорастворимыхъ удобреній, какъ фосфоритъ, которыхъ усвояемость повышается отъ воздѣйствія почвы, нужно наоборотъ ожидать болѣе благоприятнаго дѣйствія при сплошномъ внесеніи (см. IV отчетъ С.П.Б. лабораторіи, стр. 162). Быть можетъ въ связи съ вышеизложеннымъ соображеніемъ относительно ретроградации стоитъ прежде наблюденіе Вагнера, что для суперфосфата выгодна лишь извѣстная степень измельченія, полное же измельченіе и смѣшеніе съ почвой даетъ уже нѣкоторое пониженіе эффекта. Есть правда другая попытка объясненія этого явленія, а именно: при очень грубомъ распредѣленіи (комочками) не всѣ корни будутъ снабжены пищей (хотя каждый комочекъ будетъ соприкасаться частью съ корнями), при очень тонкомъ—не всѣ частицы удобренія будутъ соприкасаться съ корнями, хотя каждый корешокъ найдетъ нѣкоторыя изъ частицъ удобренія; лишь при нѣкоторомъ среднемъ смѣшеніи каждое зернышко удобренія будетъ имѣть достаточный шансъ быть использованнымъ и въ тоже время каждый корешокъ—достаточно вѣроятности встрѣтить частицу удобренія. Но это объясненіе предполагаетъ почву пассивной и лишь корни активными, и не предполагаетъ разнаго требованія къ распредѣленію для разныхъ удобреній.

картофеля и другихъ пропашныхъ растеній (см. примѣчаніе на стр. 113).

При удобреніи луговъ фосфорная кислота вліяетъ на соотношеніе растеній разныхъ семействъ въ травяныхъ смѣсяхъ: опыты показываютъ, что при удобреніи фосфатами процентъ бобовыхъ часто увеличивается на счетъ злаковыхъ.

Такое измѣненіе соотношенія бобовыхъ и злаковыхъ понятно: злаковыя способны отзываться на вносимую  $P_2O_5$  лишь до предѣла, опредѣляемаго содержаніемъ усвояемаго N въ почвѣ, бобовыя же этого предѣла не имѣютъ, такъ что шансовъ въ борьбѣ за существованіе у нихъ становится больше по сравненію со злаками, чѣмъ было до внесенія фосфатовъ. Вотъ примѣръ рѣзкаго дѣйствія  $P_2O_5$  въ указанномъ направленіи изъ опытовъ Шретера и Штеблера въ Швейцаріи:

	Безъ удобренія.	Фосфорп.-кисл.	Азотъ.	Кали.
(Содержаніе бобовыхъ:	2,8%	45,2%	1,8%	9,2%

Ботанической анализъ смѣси въ этомъ опытѣ произведенъ былъ черезъ годъ послѣ внесенія удобреній.

Характеръ и размѣры дѣйствія на ботанической составъ смѣси, конечно, сильно зависятъ отъ рода почвы; такъ, подобнаго дѣйствія на бобовыя фосфорная кислота не имѣла при опытахъ въ Ротамстедѣ, при нашемъ опытѣ на Жабенскомъ лугу (въ этихъ случаяхъ бобовыя сильнѣе реагировали на калийное удобреніе).

Говоря о фосфорнокислыхъ удобреніяхъ, слѣдуетъ отмѣтить, что они въ разной степени способны проявлять „последствіе“, т. е., давать извѣстный эффектъ не только въ годъ внесенія въ почву, но и въ слѣдующіе года.

Последствіе для суперфосфата относительно невелико, такъ какъ съ опредѣленнымъ количествомъ его вносится меньше  $P_2O_5$ , чѣмъ при другихъ фосфорнокислыхъ удобреніяхъ; кромѣ того, въ суперфосфатѣ  $P_2O_5$  содержится въ формѣ наиболѣе легко усвояемой, такъ что на слѣдующій годъ въ почвѣ  $P_2O_5$  остается меньше, чѣмъ при менѣе растворимыхъ удобреніяхъ, а форма оставшейся отъ суперфосфата  $P_2O_5$  является уже измѣненной, не столь усвояемой. Дѣйствие томасова шлака, и костяной муки можетъ быть менѣе эффектно на первый годъ, за то болѣе длительно, въ видѣ большихъ

количество (обычно) вносимой  $P_2O_5$  и постепенного ее использования. Известен ряд случаев, когда действие фосфатов было заметно на трех последующих растениях; иногда оно растягивается на еще больший срок (при внесении значительных количеств).

Так нам пришлось наблюдать на черноземѣ Воронежской губ. (Бринская экономія) действие удобрения костянымъ углемъ внесеннымъ въ 1889 году, на сахарную свеклу (третье растение по тому же удобрению) въ 1891 году; вотъ нѣкоторые примѣры:

	<u>Безъ удобр.</u>	<u>Съ удобр.</u>	<u>Безъ удобр.</u>	<u>Съ удобр.</u>	<u>Безъ удобр.</u>	<u>Съ удобр.</u>
Урожай.	734 п.	996 п.	616	701	650	852 п.
Сахаристость.	15,07%	16,04%	15,86%	16,47%	15,38%	16,21%

Здѣсь ясное вліяніе не только на урожай, но и на сахаристость въ пѣломъ рядѣ случаевъ; правда, въ этомъ случаѣ костяного угля дано было въ 1889 г. много: 50 пудовъ на десятину <sup>1)</sup>

Вагнеръ приводитъ случай многолѣтняго дѣйствія на луговую растительность томасова шлака, внесеннаго одинъ разъ (осенью 1889 г.) въ количествѣ 48 пудовъ (при повторномъ внесении капшита на всѣхъ участкахъ); укусы были таковы (D. Z.):

1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898 г.	Всего.
Безъ $P_2O_5$ :									
17,5	17,4	16,8	14,0	35,1	28,8	25,5	26,7	25,9	<b>207,7</b>
Томасовъ шлакъ:									
25,0	40,4	42,8	28,4	64,4	41,9	36,1	35,9	31,6	<b>346,5 <sup>2)</sup></b>

Чтобы закончить разсмотрѣніе фосфорнокислыхъ удобрений, нѣсколько остановимся на условіяхъ примѣненія ихъ. Выборъ матеріала обуславливается не только техническими, но и экономическими условіями. Можетъ оказаться, напримѣръ,

<sup>1)</sup> См. „Опыты по физиологіи и культурѣ сах. свекловицы“ въ Извѣстіяхъ Петровской Академіи 1892 г.

<sup>2)</sup> Bied. Centr. 1904 г., стр. 437.

для однихъ условий, что 15% суперфосфатъ при цѣнѣ 60 коп. пудъ будетъ экономически выгоднѣе чѣмъ 30% фосфоритъ, стоящій 30 коп. пудъ; для другихъ — наоборотъ; необходимо принимать во вниманіе кромѣ свойствъ удобрения и свойства почвы, и особенности растений, на которыя было указано выше.

Такъ какъ количество  $P_2O_5$  въ разныхъ фосфорнокислыхъ тукахъ (даже одного названія) значительно колеблется, то удобнѣе ради сравненія приводить стоимость ихъ къ одному проценту  $P_2O_5$  въ пудѣ; напр. 1%  $P_2O_5$  обходится приблизительно въ суперфосфатѣ — 4 к., томасовомъ шлакѣ — 3 к., костяной мукѣ — 2 к., фосфоритѣ — 1 к.; или же 1 пудъ  $P_2O_5$  стоитъ соотвѣтственно 4 р., 3,2 и 1 р.; также и количество удобрения на единицу площади лучше выразить въ пудахъ  $P_2O_5$ .

Нормой для трудно растворимыхъ фосфатовъ (фосфоритовъ) считаютъ такое количество ихъ, которое содержитъ 6 п.  $P_2O_5$ ; но иногда предпочитаютъ вносить съ этими удобрениями 9 п.  $P_2O_5$ .

Что касается суперфосфата, то такое количество его (на десятину), которое содержитъ 6 п.  $P_2O_5$ , является максимальнымъ при разбросномъ высѣвѣ, при нашихъ условіяхъ это количество будетъ большей частью экономически невыгоднымъ или прямо избыточнымъ; обыкновенно съ суперфосфатомъ вносятъ 2—4 п.  $P_2O_5$ .

Въ видѣ томасова шлака обыкновеннаго вносятъ раза въ  $1\frac{1}{2}$  болѣе, а въ видѣ костяной муки раза въ два болѣе фосфорной кислоты чѣмъ въ суперфосфатѣ; но, какъ было ранѣе отмѣчено, кислыя почвы могутъ нивелировать дѣйствіе фосфатовъ; тогда дозы могутъ быть и снижены.

Обыкновенно малорастворимые фосфаты вносятся заблаговременно, напр., подъ яровые — осенью, причемъ рассчитываютъ на то, что часть фосфорной кислоты перейдетъ въ растворъ къ началу роста растений; по этой же причинѣ часто фосфорнокислыя удобрения (нерастворимыя и полурстворимыя) вносятъ заблаговременно и въ паровое поле; нужно думать, что лучшіе результаты при примѣненіи фосфоритовъ подъ озимые по сравненію съ яровыми зависятъ именно отъ болѣе долгаго соприкосновенія и измѣненія фосфорита подъ влияніемъ почвы. Суперфосфатъ можетъ быть

вносимъ и непосредственно передъ посѣвомъ, если мы имѣемъ дѣло съ нормальной почвой, но при этомъ его прямого соприкосновенія съ сѣменами, такъ реакція  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  можетъ вредно отразити на сѣмянѣхъ и клубней.

Во всѣхъ случаяхъ фосфорнокислое удобреніе должно быть хорошо запахано и забороновано, вообще, тщательно перемѣшано съ почвой для возможно равномернаго распредѣленія легко поглощаемой фосфорной кислоты или, въ случаѣ мало растворимыхъ фосфатовъ, ради болѣе полнаго воздѣйствія на нихъ помы. Съ этой цѣлью рекомендуютъ напр. фосфориты разсыпать по первой нахотѣ; но невспаханной землѣ разсыпать ихъ менѣе удобно, такъ какъ тогда ихъ труднѣе хорошо смѣшать съ почвой (Костычевъ).

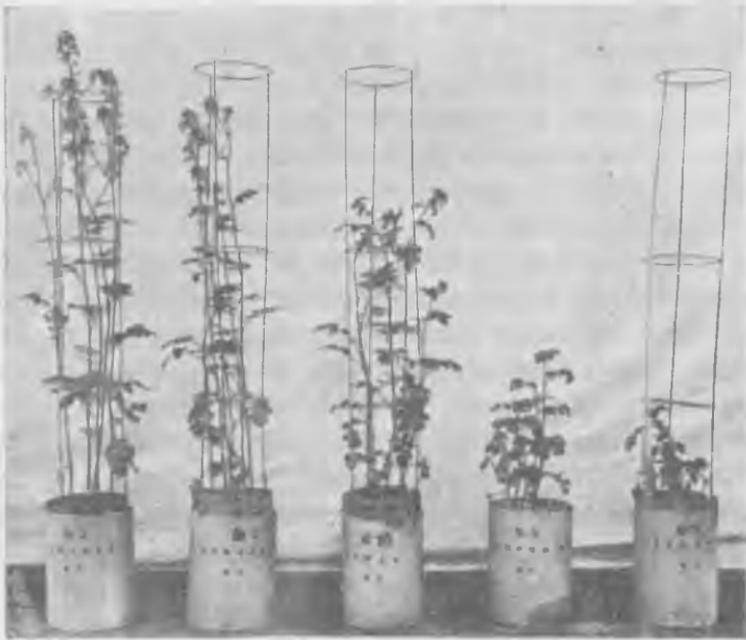


Рис. 29. КСІ Нефелия. Слюда. Полевой шпатъ. Безъ калия.

### С. Калийныя удобрения.

Калий является элементомъ столь же необходимымъ для растений какъ фосфоръ<sup>1)</sup>; въ природѣ онъ встрѣчается въ большихъ количествахъ, чѣмъ послѣдній, преимущественно въ видѣ силикатовъ, какъ составная часть горныхъ породъ, гдѣ содержаніе его выражается нѣсколькими процентами, а не долями ‰, какъ для  $P_2O_5$  (такъ, въ гранитахъ содер-

<sup>1)</sup> По наблюдениямъ Вильфарта (песчанья культуры) калийное голоданіе сказывается иначе, нежели недостатокъ азота и фосфора, именно при немъ появляются желто-бурыя пятна на листовой поверхности, располагающіяся между нервами, пятнистыя листья наклонны давать неправильные изгибы, отчасти замѣчается отмираніе пораженныхъ участковъ; вся картина напоминаетъ нѣкоторыя заболѣванія, вызываемыя грибами, но въ данномъ случаѣ дѣло не въ нихъ (хотя какъ вторичное явленіе и грибныя заболѣванія возможны чаще на истощенныхъ растенияхъ, чѣмъ при нормальномъ питаніи). При недостаткѣ азота если и замѣчается желтизна листьевъ, то общая, а не пятнами, и растения остаются хотя и задержанными въ ростѣ, но неповрежденными; при недостаткѣ фосфора растения по Вильфарту должны оставаться зелеными. См. Willfarth, Ueber Bedeutung des Kalium's für Pflanzenleben (русскій рефератъ — въ Журналѣ Опытной Агрономіи за 1902 г.). Подобныя же явленія наб. юдалъ Feiltzen при калийномъ голоданіи на торфяной почвѣ.

жится 4—6<sup>0</sup>/<sub>0</sub> K<sub>2</sub>O, въ базальтахъ 1—3<sup>0</sup>/<sub>0</sub>). При вывѣтриваніи горнокаменныхъ породъ онъ отчасти вымывается въ видѣ углекислыхъ и кремнекислыхъ солей, отчасти поглощается почвой, вступая въ составъ цеолитовъ (известковыя почвы и песчаная поглощаютъ K<sub>2</sub>O хуже другихъ).

Нѣкоторые французскіе авторы считаютъ, что содержаніе въ почвѣ 0,1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> K<sub>2</sub>O указываетъ на то, что почва можетъ обойтись безъ внесенія K извнѣ при навозномъ удобреніи. По подобныя нормы, конечно, слишкомъ относительно, — провести съ помощью реактивовъ строго опредѣленную границу между K усвояемымъ и неусвояемымъ въ почвѣ мы пока не можемъ; показанія солянокислой вытяжки, правда, даютъ нѣкоторыя указанія, такъ какъ при этомъ главнымъ образомъ извлекается K<sub>2</sub>O цеолитовъ, т. е. находящееся въ поглощенномъ состояніи, а именно эта форма K<sub>2</sub>O и считается усвояемой. Тѣмъ не менѣе, кали безводныхъ силикатовъ не является совершенно недоступнымъ для растений; такъ, по опытамъ проф. Вотчала (Кіевъ) и нашимъ слюда отдаетъ растеніямъ нѣкоторыя количества кали; притомъ вопреки обычно принятому представленію количества эти болѣе значительны, чѣмъ въ случаѣ полевого шпата, который въ условіяхъ песчаныхъ культуръ оказался чрезвычайно плохимъ источникомъ кали (примѣръ: урожай безъ калия—0,5 гр., съ полевымъ шпатамъ—0,8 гр., со слюдой—3,2 гр.; съ растворимыми солями—до 23 граммовъ<sup>1)</sup>).

Понятно, что показанія солянокислой вытяжки часто не идутъ параллельно съ общимъ содержаніемъ K<sub>2</sub>O въ почвѣ, но тѣмъ болѣе расходятся съ нимъ чѣмъ больше содержится въ почвѣ остатковъ невывѣтрившихся минераловъ. Мюнцъ напр. даетъ такія цифры:

Общее содержаніе K <sub>2</sub> O въ почвѣ.	Количество K <sub>2</sub> O въ солянокислой вытяжкѣ.
1,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,24 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
1,0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,25 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
3,3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,25 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

<sup>1)</sup> Въ нѣкоторыхъ (исключительныхъ) случаяхъ калийные силикаты настолько легко разрушаются, что являются легко доступнымъ источникомъ пищи растеній, и быть можетъ способны въ извѣстныхъ случаяхъ играть роль калийныхъ удобреній; такимъ силикатомъ является нефелинъ (подробнѣе о немъ см. ниже).

То-есть, солянокислая вытяжка содержала одинаковыя количества калия при весьма различномъ общемъ содержаніи его въ почвахъ.

У Меркера при анализѣ цѣлаго ряда почвъ содержаніе  $K_2O$  въ солянокислой вытяжкѣ колебалось отъ 0,36 — 0,46 %.

Если оставить въ сторонѣ часть нерастворимую въ соляной кислотѣ и пытаться сопоставить отзывчивость почвъ къ калийному удобренію съ показаніями солянокислой вытяжки, то окажется, что здѣсь зависимость не столь проста, какъ могло бы казаться съ перваго взгляда. Нѣкоторый интересъ представляетъ попытки Вейбулля (Швеція) разобраться въ этомъ вопросѣ; по его опытамъ и анализамъ 117 почвъ намѣчается, при общезвѣстной прямой зависимости между количествомъ глины и содержаніемъ калия въ почвѣ, обратная связь съ усвоемостью этого калия; поэтому онъ предлагаетъ установить подвижныя нормы для показаній солянокислой вытяжки, приурочивши ихъ къ извѣстнымъ типамъ почвъ; вотъ среднія величины по Вейбуллю:

	Пески.	Супески.	Легкіе суглинки.	Тяжел. суглинки.	Глины.
$K_2O$ (по $HCl$ ). . .	0,08%	0,11	0,14	0,20	0,26%
$Al_2O_3$ (по $H_2SO_4$ ). . .	0,60 „	2,06	3,80	6,37	8,64 „
Каолинъ <sup>1)</sup> . . .	0,3 „	1,7	4,3	6,8	11,2 „

Если расположить почвы по возрастающей связности на горизонтальной линіи, а на вертикаляхъ отложить характерное для каждаго случая содержаніе калия, то получится шкворная кривая (см. рис. 30-й), позволяющая при анализѣ каждой почвы найти ея характеристику, и именно, если при данномъ содержаніи глинозема (опредѣляющаго положеніе на абсциссѣ), соответственная величина для калия будетъ ниже нормы, то по Weibull'ю, данная почва будетъ отзывчива къ калийному удобренію; если же соответственная точка ляжетъ выше нормальной линіи, то реакціи на калийное удобреніе ожидать не слѣдуетъ. Большинство опытовъ съ удобреніемъ дали у Вейбулля согласный съ этимъ результатъ. Изъ данныхъ

<sup>1)</sup> Количество каолина опредѣлено на основаніи разницы въ содержаніи  $Al_2O_3$  въ солянокислой и сѣрнокислой вытяжкѣ, въ предположеніи, что первая даетъ  $Al_2O_3$  цеолитовъ, а вторая — цеолитовъ и каолина (Journal f. Landw., 1907, 215).

Weibull'я вытекаетъ заключеніе, что въ почвахъ глинистыхъ калий (или значительная часть его) находится въ болѣе прочныхъ соединеніяхъ, чѣмъ въ почвахъ легкихъ; отъ этого можетъ зависѣть несовпаденіе съ общепринятымъ и правиломъ, гласящимъ что легкія почвы реагируютъ на калийное удобреніе, а тяжелыя—нѣтъ.

Если на работу Weibull'я и нельзя смотрѣть какъ на нѣчто законченное, то во всякомъ случаѣ въ ней представляетъ интересъ стремленіе установить „подвижную скалу“ для различныхъ типовъ почвъ.

Рис. 30. Зависимость между содержаніемъ глинозема и калия въ почвахъ.



Изъ вытѣжекъ болѣе слабыхъ чѣмъ соляная кислота, для опредѣленія усвояемаго калия предлагались растворы  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (Kellner) и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (Rümpfer), въ предположеніи, что этими веществами будетъ вытѣснено поглощенное кали, а также—водная вытѣжка (С. М. Богдановъ) <sup>1)</sup>.

Изъ приведенныхъ выше данныхъ Müntz'a, Weibull'я и Меркера видно, что, почвы содержатъ больше кали, чѣмъ фосфорной кислоты, даже если судить по солянокислой вытѣжкѣ <sup>2)</sup>; но и растенія берутъ въ урожаяхъ кали въ большихъ количествахъ; такъ:

<sup>1)</sup> См. его книгу „Плодородіе почвъ“. 1906 г.

<sup>2)</sup> Примѣры для русскихъ почвъ см. у Коссовича, Курскъ почвовѣднія (частное описаніе почвъ).

	содержитъ	
	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
урожаи пшеницы . . .	38	28
„ сах. свеклы. . .	184	34
„ клевера. . . .	83	25

Тѣмъ не менѣе опытъ показываетъ, что потребность почвы во внесеніи K<sub>2</sub>O извнѣ наступаетъ позже, чѣмъ потребность въ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Помимо разнаго содержанія K<sub>2</sub>O и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> въ почвахъ, причина этого явленія заключается и въ томъ, что P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> содержится преимущественно въ зернахъ и обыкновенно значительная ея часть отчуждается изъ хозяйства; содержаніе же K<sub>2</sub>O въ зернахъ сравнительно небольшое, процентное содержаніе его значительно больше въ вегетативныхъ органахъ, обыкновенно неотчуждаемыхъ изъ хозяйства, а возвращаемыхъ полямъ вмѣстѣ съ навозомъ; такъ, у овса въ зернахъ содержится 0,42%, въ соломѣ 0,97% K<sub>2</sub>O.

Къ тому же, масса вегетативныхъ органовъ въ урожаяхъ больше чѣмъ зерна. Кромѣ того, на поля обычно вносятся еще кали, заключающееся въ луговомъ сѣнѣ, которое скармливается скоту; сѣно содержитъ значительныя количества K<sub>2</sub>O въ золѣ.

Въ упомянутомъ ранѣе хозяйствѣ Крузіуса (см. стр. 165). при учетѣ оказалось, что кали поступаетъ въ почву больше, чѣмъ удаляется изъ нея, благодаря тому, что въ образованіи навоза принимало участіе сѣно съ луговъ; такимъ образомъ, поля возмѣщаютъ кали на счетъ луговъ, и на лугахъ потребность въ немъ должна при такихъ условіяхъ наступать ранѣе чѣмъ на поляхъ.

Итакъ, замѣтнаго истощенія полей относительно кали въ зерновыхъ хозяйствахъ не происходитъ, но при культурѣ корнеплодовъ, клубнеплодовъ и другихъ: „каліиныхъ“ растений, казалось бы, должна быть иная картина. Такъ напр., урожай табака беретъ около 100 klgr. K<sub>2</sub>O, картофеля около 110 klgr. съ десятины, свекла еще больше — 168 klgr. (сахарная) и даже выше (кормовая).

Отсюда естественно было предположить, что именно упомянутыя растения должны хорошо реагировать на калиное удобреніе; обѣднѣніе почвы калиемъ по мнѣнію Либиха было

вѣроятной причиною явленія, извѣстнаго подъ именемъ „свеклоутомленія почвы“.

Но когда были открыты стассфуртскія залежи калийныхъ солей и явилась возможность практическаго примѣненія калийныхъ удобреній, то оказалось, что свекла и клубнеплоды реагируютъ на вносимыя въ этой формѣ калийныя удобрения не больше (а иногда даже меньше), чѣмъ другія культуры.

Это обстоятельство не могло не броситься въ глаза; его сопоставили съ другимъ (тогда еще необъясненнымъ фактомъ), что бобовыя, уносящія много азота въ урожаѣ, мало реагируютъ на азотистыя удобрения.

Изъ сопоставленія обоихъ фактовъ попытались сдѣлать выводъ обратный Либиховскому, что растеніе тѣмъ меньше нуждается во внесеніи извнѣ въ почву какого нибудь элемента, чѣмъ больше содержится его въ урожаѣ, такъ какъ (по этому толкованію) очевидно, что растеніе само умѣетъ себя обезнечить тѣмъ, чего въ немъ должно быть много; а пужно снабдить его тѣмъ, что оно съ трудомъ добываетъ. Но ни тотъ, ни другой принципъ не можетъ быть принятъ прямо къ руководству; такъ, изъ названной группы растеній не всѣ ведутъ себя одинаково, напр., табакъ хорошо реагируетъ на калийное удобреніе, а свекла — слабѣе, хотя оба растенія содержатъ много кали въ золѣ. На самомъ дѣлѣ отзывчивость растенія къ тому или иному удобренію зависитъ какъ отъ размѣровъ потребления даннаго вещества, такъ и отъ той легкости, съ какой растеніе усваиваетъ его; въ формулѣ (предположительной), выражающей потребность растенія въ удобреніи первая величина должна стоять въ числитель, а вторая — въ знаменателѣ; если знаменатель (усваивающая способность) великъ, то растеніе будетъ мало отзывчиво къ данному удобренію, хотя бы потребление (числитель) и достигало значительныхъ размѣровъ. Дѣйствительно, имѣются данныя говорящія за то, что нѣкоторыя изъ „калийныхъ“ растеній отличаются способностью при тѣхъ же условіяхъ заимствовать больше кали изъ почвы, чѣмъ другія; такъ въ опытахъ Вагнера съ одной почвой изъ общаго запаса кали (100%) взяты были разными растеніями такія относительныя количества <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> См. Bied Centralblatt, 1905, 439; подобныя же наблюденія у Schreiber'a, Bied. Centr. 1895, 807.

свекловица . . .	12,1%	люцерна . . . . .	7,7
картофель . . .	10,7	рожь . . . . .	6,9
горохъ . . . . .	8,5	ленъ . . . . .	6,5
овесъ . . . . .	8,1	пшеница . . . . .	6,2
клеверъ . . . . .	8,0%	ячмень . . . . .	5,2

Понятно, что усвояющая способность можетъ играть роль лишь тамъ, гдѣ есть изъ чего усвоить, гдѣ значительная часть калия находится въ элементахъ „богатства“ почвы; на почвѣ же вообще бѣдной будетъ наблюдаться болѣе параллелизмъ между размѣрами потребления кали тѣмъ или инымъ растеніемъ и отрывчивостью его къ удобренію.

Матеріаломъ для калиннаго удобренія служатъ 1) различнаго рода отбросы, преимущественно зола, 2) залежи калийныхъ солей въ Стассфуртѣ (Германія) и нѣкоторыхъ другихъ мѣстностяхъ.

Зола, получаемая при сжиганіи веществъ растительнаго происхожденія, должна замѣнять болѣе или менѣе калийныя удобренія, такъ какъ всѣ растенія потребляютъ и содержатъ въ себѣ кали. Обыкновенно, зола древесныхъ породъ получается въ качествѣ отброса при топкѣ; въ ней содержится не только кали, но и фосфорная кислота, такъ что зола является и фосфорнокислымъ удобреніемъ, какъ это видно изъ нижеслѣдующихъ цифръ.

	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Зола березы содержитъ.	9—13%	4— 7%
„ осины	8—10 „	4— 6 „
„ дуба	6— 8 „	2— 2,5 „
„ сосны	5— 6 „	2— 4 „

Принимаютъ за среднее для золы лиственныхъ породъ 10%, а для хвойныхъ—6% K<sub>2</sub>O. Однако нужно имѣть въ виду, что отъ среднихъ цифръ возможны значительныя отклоненія, какъ въ зависимости отъ почвенныхъ условій, такъ и отъ возраста дерева; въ общемъ, чѣмъ старше дерево или его часть, тѣмъ меньше золы въ немъ и кали въ золѣ; этимъ объясняется, почему западно-европейскіе анализы для золы дровъ даютъ болѣе высокіе проценты K<sub>2</sub>O, чѣмъ наши, ибо часто то, что у насъ является дровами, то будетъ тамъ строительнымъ матеріаломъ, а то, что анализируется тамъ,

какъ зола дровъ, у насъ будетъ отвѣчать золѣ мелкихъ вѣтвей, хвороста. Во всякомъ случаѣ, даже если принять пониженныя нормы, напр. 8—10% для березовой золы, то и это дѣлаетъ золу цѣннымъ источникомъ  $K_2O$ , такъ какъ многія изъ привозимыхъ изъ заграницы специальныхъ калийныхъ удобрений содержатъ не болѣе 12—13%  $K_2O$ .

Содержаніе  $K_2O$  въ стебляхъ нѣкоторыхъ растений полевой культуры еще выше.

Подсолнечникъ (стебли) содержитъ	14%	$K_2O$ въ золѣ.
Гречишн. солома	25%	(отъ 14 до 35%)
Ржаная "	18%	(отъ 9 до 20%)
Зола кизяка	11%	$K_2O$ въ золѣ.

Иногда въ приморскихъ районахъ для удобрения пользуются золой морскихъ растений, водорослей, содержащей около 18%  $K_2O$  (Fucus'ы).

Такой составъ имѣетъ зола въ томъ случаѣ, если она не подвергалась выщелачиванью дождевыми водами или выщелачиванью нѣмренному (въ цѣляхъ получения  $K_2CO_3$ ).

Зола, подвергнутая выщелачиванью, теряетъ уже свою цѣнность, какъ источникъ калия, хотя сохраняетъ нѣкоторое удобрительное значеніе благодаря  $P_2O_5$ , остающейся въ видѣ известкового фосфата.

Такой „отзолъ“ является конечно низко-процентнымъ фосфорно-кислымъ удобрениемъ (2 — 3%  $P_2O_5$ ), но, какъ оказалось по нашимъ опытамъ, въ этой формѣ фосфорная кислота отличается большой доступностью, превосходя въ нѣкоторыхъ случаяхъ томасовъ шлакъ; напр. въ песчаныхъ культурахъ табакъ далъ такіе результаты (см. рис. 13-й):

$P_2O_5$ въ видѣ:	Выщелочен- ной золы	Томасова шлака.	Костяной муки.	Фосфо- рита.	Везъ $P_2O_5$ .
Урожай . . .	45,0 гр.	30,3	25,9	5,1	0.7 гр.

Повидимому, разные виды золы обнаруживаютъ различія въ этомъ отношеніи; такъ въ 1902 году получились такіе результаты:

		З о л а			
		Везъ $P_2O_5$ .	еловыхъ	березовыхъ дровъ	ржаной соломы.
Урожай овса:	1) . . .	1,25	16,2	20,1	34,0
	2) . . .	1,23	19,5	18,9	24,6
	3) . . .	3,30	20,9	24,7	33,7

Такимъ образомъ зола ржаной соломы, являющейся топливомъ въ степныхъ мѣстностяхъ, содержать фосфорную кислоту въ весьма доступной формѣ. Но пока зола невыщелочена, она является неизбѣжно по преимуществу калийнымъ удобрениемъ, ибо если бы мы употребили ее по расчету на фосфоръ, то пришлось бы дать такой избытокъ  $K_2CO_3$  въ видѣ золы, что явился бы рискъ вреда отъ щелочности.

Съ золой вышеназванныхъ матеріаловъ не можетъ сравниваться зола торфа и каменного угля.

Торфъ обычно бѣденъ зольными веществами (не говоря о механическихъ примѣсяхъ) и кали въ особенности; для техническихъ цѣлей онъ цѣнится тѣмъ выше, чѣмъ меньше содержитъ золы.

Вотъ составъ одного образца торфяной золы (но Мюнцу).

$K_2O$	— 0,05%	(чаще до 1%)
$P_2O_5$	— 0,13	„
$CaCO_3$	— 91,1	„
$CaSO_4$	— 2,55	„

Тоже относится и къ золѣ каменного угля. Если и получается иногда хорошій результатъ отъ внесенія большихъ количествъ золы такого состава, то его скорѣе приходится отнести на счетъ соединений Са.

Относительно количествъ золы, которыя слѣдуетъ вносить, пока не выработано прочныхъ нормъ. Часто пишутъ, что на десятицу вносится 70 — 100, иногда 200 пудовъ золы, въ зависимости отъ количества содержащагося въ ней калия, (золы выщелоченной вносятъ бѣдшія количества, хорошо сохранившейся — меньшія).

Нельзя однако не признать обычныхъ нормъ преувеличенными; можно даже думать, что неблагоприятное мнѣніе о золѣ, какъ удобреніи въ значительной степени обязано своимъ происхожденіемъ этимъ повышеннымъ нормамъ. Въ самомъ дѣлѣ если допустимъ, что мы имѣемъ дѣло съ золой содержащей 13%  $K_2O$  (какъ и каннитъ), то почему этой золы нужно класть 50 — 70 п., когда каннита кладется 20 пудовъ?

Конечно, каннитъ можетъ стоить разъ въ 10 больше, чѣмъ зола, и въ его цѣнѣ можно видѣть регуляторъ, предостере-

гающей отъ высокихъ дозъ; но дѣло въ томъ, что эти высокія дозы не только экономически, но и технически не выгодны: 40—50 пудами каинита не трудно въ сухое лѣто вызвать выгораніе луговой растительности; тѣмъ болѣе рисковано примѣненіе въ такихъ дозахъ золы, если это нормальная, не выщелоченная зола соломы или березовыхъ дровъ.

Мы не видимъ никакихъ основаній употреблять такую золу въ количествахъ болѣе высокихъ чѣмъ 15—20 п. на десятину; золы хвойныхъ можно брать въ 2—3 раза больше, а цифры въ 100—200 пудовъ нужно оставить лишь для выщелоченной золы (или золы торфа, каменнаго угля, если такая вообще заслуживаетъ употребленія).

Надо имѣть въ виду одну отрицательную сторону примѣненія большихъ количествъ золы: углекислыя щелочи очень способствуютъ запыванію почвы, образованію корки; поэтому не слѣдуетъ вносить золу передъ посѣвомъ поверхностно (тогда первый же дождь дастъ корку), лучше ее запахивать заранѣе. Изъ сказаннаго понятно, что наилучшій эффектъ зола оказываетъ на кислыхъ торфяныхъ почвахъ.

*Стассфуртскія соли.* Богатѣйшимъ источникомъ калийныхъ удобреній являются соляныя копи въ Стассфуртѣ. Въ немногихъ словахъ исторія разработки ихъ такая. Разработка Стассфуртскихъ залежей каменной соли производилась уже давно, но въ сороковыхъ годахъ истекшаго столѣтія работы на нихъ за невыгодностью почти прекратились. Немного позже все-таки были произведены для изслѣдованія буровыя скважины, причемъ, къ удивленію, на нѣкоторой глубинѣ натолкнулись не на горную породу, какъ можно было ожидать, а на слой содержащій соли Mg, K, подъ которыми залегаетъ опять обширный пластъ (не меньше 300 м. толщины) каменной соли.

Довольно долго считали верхній слой невыгоднымъ отбросомъ (откуда названіе *Abraumsalz* — съемочная соль) и добывали только каменную соль, но съ 1862 года стала производиться въ обширныхъ размѣрахъ разработка этихъ солей преимущественно въ цѣляхъ полученія калиевыхъ преаратовъ для потребностей фабрично-заводскаго и сельско-хозяйственнаго промысла<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> См. Maercker, Kalidüngung и М. Неймайръ. „Исторія земли“, т. II, стр. 648.

Отложение солей въ Стассфуртскомъ бассейнѣ совершалось продолжительное время между образованіемъ верхняго цехштейна, принадлежащаго пермской системѣ, и пестраго песчаника, относящагося къ нижнему триасу. Процессъ отложения солей происходилъ такъ, какъ въ современную эпоху онъ совершается, наприм., въ Кара-Бугазѣ: достаточно глубокий заливъ былъ отдѣленъ отъ моря пересыщью, не препятствовавшей поверхностному доступу морской воды въ котловину но не допускавшей оттока концентрированныхъ нижнихъ слоевъ жидкости обратно; при сухомъ климатѣ концентрація солей въ послѣдней дѣлалась все больше и больше, пониженіе уровня вслѣдствіе испаренія вызывало притокъ новыхъ количествъ воды, а значить — новыхъ количествъ соли, пока, наконецъ, концентрація достигла той степени, при которой стали осаждаться соли сперва менѣе растворимыя — ангидритъ ( $\text{CaSO}_4$ ), а затѣмъ каменная соль съ прослойками („годовые кольца“) ангидрита.

Точно такъ теперь идетъ отложение на днѣ Мертваго моря солей, приносимыхъ р. Иорданомъ. Только при новомъ и новомъ притоцѣ воды, содержащей соли, возможно было образованіе такихъ мощныхъ отложений, какія находятся въ Стассфуртѣ; если бы мы отдѣлили часть океана и дали водѣ испариться (безъ возобновленія ея), то получился бы гораздо меньшій слой соли.

Въ верхнихъ слояхъ каменной соли къ ней подмѣшивается *полигалитъ*, состоящій изъ 45,2%  $\text{CaSO}_4$ , 10,9%  $\text{MgSO}_4$ , 28,9%  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ; количество этой подмѣси постепенно увеличивается кверху. Верхній слой каменной соли получилъ названіе *полигалитовой* области. Выше расположенъ *кизеритовый поясъ*, отличающійся преобладаніемъ горькихъ солей; приблизительный его составъ такой: 65%  $\text{NaCl}$ , 17%  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  (кизерита) и 13%  $\text{KCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $6\text{H}_2\text{O}$  (карналлита). Надъ кизеритовымъ находится *карналлитовый поясъ*, а мѣстами — *каинитовый*. Карналлитовый поясъ приблизительно состоитъ изъ 25%  $\text{NaCl}$ , 16% кизерита и 55% карналлита съ каинитомъ ( $\text{KCl}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $3\text{H}_2\text{O}$ ).

Каинитовый слой, повидимому, вторичнаго происхожденія: при процессахъ дислокаціи нѣкоторые слои были выдвинуты и подвергались частичному выщелачиванію и вторичной кристаллизаціи съ образованіемъ иныхъ комплексовъ.

Надъ карналлитовымъ и каинитовымъ поясомъ находится тонкій слой глины (съ примѣсью солей), далѣе мощный слой ангидрита, а сверху вторичный слой NaCl (на который наткнулись первоначально при буреніи) и согласно напластованные глинистые сланцы, песчаники и известняки, относящіеся къ нижнему триасу.

По отложеніи каменной соли изъ морской воды маточный рассоль осаждаеть другія содержащіяся въ немъ соли лишь въ особенно благоприятныхъ условіяхъ; выдѣлившіяся изъ него соли легко растворяются вновь, вслѣдствіе чего въ большинствѣ соляныхъ мѣсторожденій не встрѣчаются горькія и калийныя соли.

Послѣднія сохранились въ Стассфуртѣ лишь благодаря тому обстоятельству, что онѣ были прикрыты слоемъ глины, такъ что, когда послѣ выдѣленія ихъ произошло новое наступаше моря, прежнія отложенія остались нетронутыми.

Надо, впрочемъ, замѣтить, что наиболѣе интересные съ сельскохозяйственной точки зрѣнія калиеносные слои занимають далеко не всю площадь Стассфуртско-эгельнской котловины (площадью въ 25 кв. миль): въ нѣкоторыхъ мѣстахъ калийныхъ солей нѣтъ совсѣмъ, въ другихъ — очень мало.

*Каинитъ*  $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot MgCl_2 \cdot H_2O$  (или, по другимъ авторамъ,  $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$ ) является наиболѣе важнымъ рыночнымъ продуктомъ изъ стассфуртскихъ солей; кромѣ минерала „каинита“, онъ содержитъ въ себѣ довольно много хлористаго натра (около 35%), вслѣдствіе чего фирмы гарантируютъ содержаніе въ каинитѣ лишь 12% калия вмѣсто того, что требуется по формулѣ. Въ общемъ продажный каинитъ на половину состоитъ изъ хлористыхъ солей. Онъ представляетъ кристаллическую сѣроватую или красноватую массу, въ размолотомъ состояніи гигроскопическую и поэтому сливающуюся вновь въ сплошныя массы, почему въ молотый продуктъ для предохраненія отъ сливанія иногда прибавляютъ 2% — 2,5% торфяного порошка, если желаютъ хранить его въ молотомъ состояніи.

*Карналлитъ*  $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$  не пользуется такимъ распространеніемъ въ качествѣ удобрения какъ каинитъ, вслѣдствіе большого содержанія хлора, поэтому прежде употреб-

лялся лишь для дальнѣйшей химической переработки<sup>1)</sup>; но когда сдѣлалось извѣстнымъ, что не всѣ растенія чувствительны къ хлору, то стали употреблять и его на удобрение. Фирмы гарантируютъ обыкновенно содержаніе 9%  $K_2O$ <sup>2)</sup>. Вслѣдствіе сравнительно низкаго содержанія кали, карналлитъ находитъ примѣненіе преимущественно въ мѣстностяхъ не слишкомъ удаленныхъ отъ Стассфурта (иначе провозъ удорожаетъ стоимость единицы  $K_2O$  болѣе чѣмъ въ каинитѣ). Карналлитовыя залежи значительно обширнѣе каинитовыхъ.

*Полигалитъ*, состоящій изъ сѣрнокислыхъ солей, содержитъ: 10—15%  $K_2O$ ; залежи его сравнительно невелики.

Кромѣ названныхъ непосредственно добываемыхъ изъ копей продуктовъ для цѣлей удобрения употребляются еще продукты искусственной переработки; таковы „30% и 40% калийныя соли“, получаемыя при кристаллизаціи изъ маточныхъ растворовъ, остающихся послѣ выдѣленія  $KCl$ ; конечно, такіе такіе продукты даютъ сначала не столь опредѣленный составъ, но прибавкой болѣе чистой соли легко довести %  $K_2O$  до гарантируемой нормы.

Какъ продажныя калийныя удобрения, наибольшаго вниманія заслуживаютъ карналлитъ и каинитъ; они ноступаютъ въ продажу преимущественно въ сыромъ видѣ, такъ какъ всякая очистка значительно удорожаетъ продуктъ. Но по мѣрѣ удаленія отъ Стассфурта могутъ наступать условія (какъ въ Россіи), при которыхъ выгоднѣе покупать болѣе концентрированныя удобрения, такъ „40% калийная соль“ можетъ тогда конкурировать съ каинитомъ (при оцѣнкѣ на единицу вѣса  $K_2O$ ), тѣмъ болѣе, что при ея внесеніи мы вносимъ на то же количество кали меньшую сумму солей, имѣющихъ побочныя неблагоприятныя вліянія.

Потребленіе калийныхъ солей на удобрение въ разныхъ странахъ въ 1899 году выражалось слѣдующими цифрами: (килограммы на 1 километръ пахотной земли).

1) Изъ карналлита добываютъ хлористый калий, обрабатывая его при нагреваніи растворомъ  $MgCl_2$ ; при этомъ примѣси (поваренная соль, кизеритъ) остаются по большей части не растворенными, а изъ слитой жидкости по охлажденіи выдѣляется по преимуществу хлористый калий.

2) Нужно не забывать, что хотя расчетъ содержанія ведется ради сравнимости на  $K_2O$ , но на самомъ дѣлѣ въ карналлитѣ содержится  $KCl$ .

Германія . . .	306	Швейцарія . .	49	Франція . . .	23,4
Голландія . . .	297	Финляндія . .	45	Италія . . . .	6,9
Швеція . . . .	197	Норвегія . . .	42	Испанія . . . .	5,8
Бельгія . . . .	159	Соед. Штаты .	36	Австрія . . . .	5,6
Данія . . . . .	52	Англія . . . .	36	Россія . . . . .	0,5

Важнымъ условіемъ успѣшнаго примѣненія стассфуртскихъ солей является достаточное количество влаги въ почвѣ; помимо причинъ общихъ для каждаго удобренія, здѣсь считается опаснымъ повышение концентраціи вслѣдствіе присутствія въ удобреніи или образованія въ почвѣ такихъ солей, какъ  $MgCl_2$  и  $CaCl_2$ , вредныхъ для растительности при невысокой уже концентраціи. Взглядъ Меркера на то, что стассфуртскія соли, какъ вещества гигроскопическія, даже обогащаютъ почву влагою и что на поляхъ, удобренныхъ этими солями, растенія лучше обезпечены влагою нежели на поляхъ неудо- бренныхъ, не имѣетъ никакого основанія, такъ какъ гигро- скопическая влага почвы (содержаніе которой дѣйствительно повышается) представляетъ собою мертвый запасъ, которымъ растенія не пользуются.

Другое условіе ихъ примѣненія — наличность въ почвѣ извести или внесеніе ея со стороны. Необходимость извести для почвъ удобряемыхъ стассфуртскими солями объясняется такъ: соли эти принадлежатъ къ фізіологически-кислымъ, солямъ, т. е. такимъ, изъ которыхъ растенія могутъ усвоить только основанія или потребленіе основанія превышаетъ по- требленіе кислоты, а кислота остается въ почвѣ и постепенно накапливается.

Такъ напр., изъ  $KCl$ ,  $K_2SO_4$  потребляется въ большомъ количествѣ  $K$ , а въ  $Cl$  растенія почти не нуждаются, точно такъ же остается изъ второй соли избытокъ  $SO_3$ . Въ почвѣ черезъ нѣкоторое время получается избытокъ кислотъ, для нейтрализаціи которыхъ и служитъ известь.

Кромѣ того, при удобреніи этими солями почва обѣдняется известью независимо отъ потребленія ея растеніями. При внесеніи  $KCl$  въ почву калий поглощается ею и вмѣсто него выдѣляется эквивалентное количество кальція ( $CaCl_2$ ), кото- рый постепенно вымывается дождевыми водами въ нижніе слои; потребность почвы въ извести поэтому повышается.

Наконецъ, при употребленіи стассфуртскихъ солей надо

имѣть въ виду, что строеніе почвы мѣняется въ неблагопріятную сторону: является наклонность къ ухудшенію физическаго строенія и образованію корки. Неблагопріятное въ этомъ направленіи дѣйствіе стассфуртскихъ солей въ извѣстной мѣрѣ парализуется внесеніемъ извести.

Наивысшій эффектъ отъ этихъ удобреній получается, конечно, тогда, когда именно калий находится въ *minimum*'ѣ; слѣд., часто приходится заботиться о внесеніи предварительно  $P_2O_5$  или N.

Такъ, напр., въ одномъ опытѣ безъ удобренія на лугу урожай сѣна былъ. . . . .	2200	килогр.
При удобреніи каинитомъ. . . . .	2300	„
„ „ суперфосфатомъ. . . . .	2500	„
„ „ суперфосфатъ + каинитъ. . . . .	4350	„

Соли въ почву должны быть внесены заблаговременно, не вмѣстѣ съ сѣменами, чтобы отъ излишняго (мѣстнаго) повышенія концентраціи не пострадала всхожесть, чтобы соли успѣли распределиться, циркулируя съ почвенной влагой, въ большемъ слоѣ почвы. Особенно заблаговременно вносятъ эти соли при культурахъ растений, не выносящихъ избытка Cl; тогда этотъ иослѣдній долженъ быть выщелоченъ въ подпочву, что съ успѣхомъ достигается осенними и весенними водами при внесеніи этого удобренія съ осени.

Травы высѣваемые на поляхъ и луговая растительность потребляютъ большія количества кали, урожай сѣна въ 240 пуд. беретъ до 4 пуд. K и лишь 1 пуд.  $P_2O_5$ . (Луговое сѣно состоитъ главнымъ образомъ изъ стеблей, въ которыхъ содержится много K и мало P, преобладающаго въ сѣменахъ). Луговая растительность очень отзывчива на калиныя удобренія и за границей иногда употребляютъ до 50 пуд. каинита на десятину; обычно же употребляется вдвое или втрое меньше. При цѣнѣ каинита на мѣстѣ въ 13 коп. за пудъ (близь Стассфурта) во влажномъ климатѣ даже такія высокія дозы могутъ окупаться при интенсивномъ хозяйствѣ; но и здѣсь лучше всего примѣнять калиныя удобренія съ осени, для того чтобы соли могли проникнуть въ почву (въ сухомъ же климатѣ дѣйствіе большихъ дозъ внесенныхъ весной можетъ быть губительнымъ). Замѣчено, что лучше всего соли эти дѣйствуютъ на бѣдныхъ зольными веществами лугахъ

подвергавшихся заболачиванию (торфянистыхъ), на подзолистыхъ супесчаныхъ, песчаныхъ и известковыхъ, и менѣе замѣтно на суглинистыхъ и глинистыхъ почвахъ.

Подъ вліяніемъ этихъ удобреній обычно замѣчается перемѣна состава луговой растительности. Большинство опытовъ указываютъ на исчезновеніе мха, осоки и другихъ кислыхъ травъ; начинаютъ преобладать овсяница, лисохвостъ, мятлики, клевера, *Lathyrus* и др. Въ общемъ повышается процентъ бобовыхъ; вотъ напр. весьма рельефный случай повышенія урожая на торфяномъ лугу съ одновременнымъ измѣненіемъ ботаническаго состава (опытъ проф. Книрима въ Ригѣ):

	1886 г.	1887 г.	1888 г.
Безъ удобренія . . .	613 ф.	644 ф.	1264 ф. сѣна
12 пудовъ каинита .	1448 "	1268 "	1448 " "
12 пудовъ каинита и			
18 п. том. шлака .	1795 "	2568 "	2136 " "

1886 г. Содержаніе бобовыхъ, злаковъ и др. семействъ:

Безъ удобренія . . .	8%	75%	17%
Каинить . . . . .	22%	65%	13%
Шлакъ + каинить .	27%	63%	10%

Такимъ образомъ въ этомъ случаѣ весьма энергичное дѣйствіе удобренія наблюдалось не только въ годъ внесенія его, а и въ слѣдующіе годы.

Въ нашемъ небольшомъ опытѣ на Жабенскомъ лугу мы также наблюдали появленіе бобовыхъ подъ вліяніемъ каинита (см. стр. 114).

Измѣненія въ составѣ флоры часто слѣдуютъ за однократнымъ внесеніемъ удобренія, но сильнѣе сказываются при повтореніи его

Подобно сказанному о постоянныхъ лугахъ, примѣненіе калиныхъ солей имѣетъ большое значеніе и при полевомъ травосѣяніи; такъ клеверъ, потребляя большія количества кали, хорошо реагируетъ на внесеніе названныхъ солей, будучи мало чувствителенъ къ формѣ, въ какой вносится кали (каинить, 30—40% соль), лишь бы были соблюдены общія правила относительно предѣльной концентраціи. При опытахъ Энгельгардта въ Смоленской губерніи на каждый

пудъ каинита получалось 7—8 пудовъ прироста въ урожаѣ клевернаго сѣна (конечно это относится къ обычнымъ дозамъ въ 15—20 п. каинита или вообще къ 2 пудамъ  $K_2O$  въ видѣ какой-либо изъ солей). Особенно важенъ каинитъ, по Энгельгардту, „при удобреніи клеверовъ на топчихъ старопахотныхъ земляхъ, плохо удобрявшихся навозомъ, при удобреніи клеверовъ 2 и 3 года, при удобреніи новоплахотныхъ земель, пустошныхъ и обложныхъ, въ особенности если эти земли подъ хлѣба были удобряемы только фосфоритами“. Такъ какъ молодые листочки клевера могутъ иногда страдать при непосредственной посыпкѣ каинитомъ, то лучше вносить его заблаговременно весной еще лучше если можно осенью, такъ какъ на почвахъ съ достаточной поглотительной способностью можно не опасаться вымыванія кали.

Относительно хлѣбныхъ растеній оказывается, вопреки ожиданіямъ (ср. возвращеніе кали съ соломой и пр.), что они часто отзываются на калийныя удобренія, причемъ влияние это на бѣдныхъ почвахъ сильнѣе и повышеніе урожая на такихъ почвахъ для хлѣбовъ является общимъ правиломъ.

При прочихъ равныхъ условіяхъ овесъ легче усваиваетъ кали изъ почвъ, чѣмъ ячмень и пшеница. Если же при сведѣніи отвѣтовъ хозяевъ (какъ это было сдѣлано въ Германіи) оказывается, что въ суммѣ овесъ и рожь реагируютъ чаще на кали, чѣмъ пшеница, то это стоитъ очевидно въ связи съ посѣвомъ первыхъ двухъ растеній на болѣе бѣдныхъ почвахъ по сравненію съ почвами „пшеничными“. Ячмень для пивоваренія особенно охотно удобряютъ калийными солями.

Зерновыя бобовыя реагируютъ на калийныя удобренія благоприятно и первый случай удачнаго примѣненія этихъ удобреній былъ именно съ этими растеніями у Шульца въ Люпицѣ.

Картофель, свекла хотя и реагируютъ на каинитъ и вообще калийныя удобренія содержащія  $NaCl$ ,  $MgCl_2$  въ смыслѣ увеличенія массы урожая, но часто получаютъ нежелательные результаты отъ примѣненія этихъ удобреній въ смыслѣ ухудшенія состава продукта, причемъ вызывается пониженіе  $\%$  крахмала и сахара подъ влияніемъ хлора.

Напримѣръ:

безъ удобр. получено	89 центи.	съ содерж.	крахмала	18,2 $\%$
съ каинитомъ.	103	„	„	15,6 „

Тоже самое получается, если каинитъ примѣняется съ навозомъ:

безъ удобр. получено. 101 центн. на дес. картоф., крахм. 20,2%	
удобрено навозомъ. . 109 " " " " " 19,1 "	
навозъ + каинитъ. . 117 " " " " " 17,4 "	

Если рассчитать абсолютное количество полученнаго крахмала, то оно окажется на единицу площади:

въ первомъ случаѣ . . . . .	20,4
” второмъ ” . . . . .	20,8
” третьемъ ” . . . . .	20,4

Особенно понижается содержаніе крахмала въ картофелѣ въ случаяхъ поздняго внесенія этихъ солей. Поэтому, если желаютъ все-таки пополнить недостатокъ въ кали посредствомъ каинита, слѣдуетъ вносить каинитъ не подъ картофель, а подъ предшествующій ему хлѣбъ или по крайней мѣрѣ вносить съ осени. Кромѣ ухудшенія состава картофеля иногда замѣчается и ухудшеніе вкуса, увеличеніе содержанія азота, и вообще какъ бы запаздываніе созрѣванія клубней. Что въ подобныхъ случаяхъ влияетъ не К, а именно Сl, подтверждается внесеніемъ  $K_2CO_3$ , употребленіе котораго не сопровождается вредными послѣдствіями; точно также  $K_2SO_4$  можетъ быть переносимъ въ большихъ количествахъ безъ вреда для качества продукта чѣмъ препараты богатые хлоромъ. По этимъ же причинамъ 30% и 40% калийная соль имѣютъ въ данномъ случаѣ еще то преимущество передъ каинитомъ, что съ нимъ можно внести тоже самое количество  $K_2O$  съ меньшимъ количествомъ сопровождающихъ хлоридовъ <sup>1)</sup>.

Свекла часто понижаетъ подъ вліяніемъ хлористыхъ солей процентъ сахара и повышаетъ количество несахара, т. е. веществъ переходящихъ въ сокъ и состоящихъ изъ солей, бѣлковъ и проч.; этотъ несахаръ мѣшаетъ кристаллизациі сахара. Поэтому примѣненіе калийныхъ удобреній подъ сахарную свеклу должно сопровождаться тѣми же предосторожностями, какъ и подъ картофель. Къ кормовой свеклѣ

<sup>1)</sup> См. Шнейдевицъ. Калийныя удобренія (Библиотека Хозяина, май 1905).  
Ученіе объ удобреніи. 17

это не относится, такъ какъ здѣсь не предъявляется тѣхъ требованій къ составу, какъ въ случаѣ свеклы сахарной.

Табакъ тоже не переноситъ избытка Cl, который легко проникаетъ въ корни табака; это видно изъ слѣдующихъ цифръ:

Зола табака	содержала	безъ	удобрения	всего	0,6%	хлора.
"	"	"	съ	удобрениемъ	KCl	20,1 " "



Рис. 31-й. Схематическій разрезъ Стассфуртскихъ залежей (Neustassfurt).

Сгораемость табака понижается и онъ становится менѣ ароматнымъ. Поэтому приходится избѣгать подъ табакъ удобрений, содержащихъ много хлора (если только культивируются болѣе цѣнные сорта).

Прядильныя растенія—ленъ и конопля съ успѣхомъ используютъ калийныя удобрения, несмотря на примѣсъ хлористыхъ солей. Вообще замѣчено, что на растенія, культивируемыя изъ за стеблей, калийныя соли дѣйствуютъ всегда болѣе благопріятно (съ этимъ можно оставить въ связь дѣйствіе калийныхъ удобрений на кормовыя травы, въ урожаѣ которыхъ стебли играютъ по массѣ важную роль).

Согласно вышеизложенному, у насъ калийныя распространяются не въ свеклосахарномъ районѣ, а въ районѣ культуры льна и клевера (Остзейскій край, Псковская и смежныя губерніи), гдѣ и почвы часто бѣдны цеолитной частью (подзолы).

*Калийные силикаты, какъ калийное удобрение.* Какъ выше было упомянуто кали въ полевоиъ шпатѣ является почти недоступнымъ для растеній; поэтому совершенно справедливо разсматриваютъ какъ фальсификацію имѣвшія мѣсто въ Германіи и Швеціи попытки пустить въ продажу муку изъ полевого шпата подъ неопредѣленнымъ названіемъ „калийнаго удобрения“, въ которомъ гарантируется содержаніе  $K_2O$  въ 10%. Слюда, по опытамъ нашимъ и проф. Вотчала, нѣсколько легче отдаетъ свое кали растеніямъ, при условіи конечно тонкаго размельченія. Но особенно высоко стоитъ въ этомъ отношеніи нефелинъ, на который обратилъ вниманіе съ этой стороны проф. Е. С. Федоровъ; именно, при изслѣдованіи береговъ Бѣлаго моря, ему пришлось обнаружить на Турьинскомъ полуостровѣ большое развитіе изверженной породы, состоящей изъ нефелина, калийной слюды апатита; въ виду легкой разлагаемости породы проф. Е. С. Федоровъ высказалъ <sup>1)</sup> предположеніе, что оно можетъ представить интересъ, какъ источникъ калия для растеній, тѣмъ болѣе что въ солянокислую вытяжку переходитъ около 3%  $K_2O$  (отъ вѣса породы). Дѣйствительно опыты съ песчаными культурами, произведенные у насъ въ 1906—7 г. подтверждаютъ такое предположеніе; вотъ примѣры (среднія величины):

---

<sup>1)</sup> Извѣстія М.С.Х.И. 1908, кн. 1-я. На основаніи анализовъ А. Э. Кундффера, обнаружившихъ въ поверхностныхъ слояхъ 3,4%  $K_2O$  и 4,5%  $P_2O_5$ , Е. С. Федоровъ высчитываетъ для болѣе глубокихъ (невывѣтрившихся) слоевъ 4,8%  $K_2O$  и 10,9%  $P_2O_5$ .

	Безъ К <sub>2</sub> О.	Полевой шпатъ.	Слюда.	Нефелинъ.	КСі.	
Гречиха .	1906	2,5	—	—	16,0	19,4
	1907	1,7	3,2	6,5	15,9	17,3 гр.
Пшеница . . . . .	2,6	3,7	4,7	20,9	—	
Овесь . . . . .	2,5	—	—	13,1	16,1	
Горчица . . . . .	2,7	5,8	11,2	12,7	13,9	

Отсюда видно, что дѣйствительно растенія справляются съ кали, даннымъ въ видѣ нефелиновой породы; если даже принять во вниманіе въ этихъ опытахъ общій уровень урожаевъ не былъ достаточно высокъ, то все же ясно выступаетъ преимущественно нефелина перель слюдой и тѣмъ болѣе полевымъ шпатомъ.

Въ виду сказаннаго желательно, чтобы при изслѣдованіи горныхъ породъ обращалось вниманіе на находженіе въ нихъ нефелина, особенно это можетъ имѣть значеніе для отдаленныхъ отъ нашей западной границы мѣстностей, какъ Сибирь и Туркестанъ, куда доставка стассфуртскихъ солей обходится дорого; возможно, что при достаточномъ богатствѣ нефелиномъ такія породы могутъ приобрѣсти извѣстное мѣстное значеніе въ качествѣ источника калия для культурныхъ растеній.

## Полныя удобрительныя вещества.

### Навозъ.

Qui vend son fumier

Vide son grenier.

Навозъ является важнѣйшимъ изъ полныхъ удобреній; полнымъ удобреніемъ онъ является потому, что въ его составъ входятъ тѣ самыя (важныя съ точки зрѣнія удобренія) вещества, которыя уже участвовали въ образованіи растительной массы: составныя части навоза (твердыя и жидкія изверженія животныхъ съ одной стороны и подстилка съ другой) представляютъ изъ себя растительные продукты, отчасти измѣнившіеся при прохожденіи черезъ организмъ животнаго или при храненіи въ навозной кучѣ, но не утратившіе ни того азота, ни тѣхъ зольныхъ веществъ, которые въ нихъ ранѣе заключались.

Чтобы яснѣе представить себѣ составъ навоза, нужно прослѣдить, что дѣлается съ пищей въ организмѣ животныхъ.

При прохожденіи черезъ кишечникъ пища дѣлится на двѣ части: переваримую и непереваримую; послѣдняя выдѣляется изъ организма въ видѣ твердыхъ изверженій, а первая поступающая въ кровь и въ безазотистой своей части окисляется сполна до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ; а бѣлковыя вещества хотя также сильно измѣняются, проходя черезъ организмъ, но не сжигаются до конца, а даютъ остатокъ въ видѣ мочевины, содержащей весь азотъ ихъ, но лишь часть углерода и водорода. Для взрослою животнаго можно принять, что весь азотъ непереваренной части, выдѣляется почками въ видѣ мочи, которая и примѣшивается къ твердымъ изверженіямъ. Итакъ, составъ сухого вещества жидкихъ выдѣленій отличается меньшимъ содержаніемъ N и C отъ состава усвоенной части пищи, но

усвояемый азотъ выдѣляется изъ организма весь этимъ путемъ при обычныхъ условіяхъ (если не принимать во вниманіе прироста мяса, шерсти, выдѣленія молока). Твердые изверженія процентно богаче кормоваго вещества клетчаткой, бѣднѣе другими углеводами и бѣлкомъ. Въ суммѣ, азотъ твердыхъ и жидкихъ выдѣленій отвѣчаетъ азоту потребленной пищи, если исключить упомянутые случаи (откормъ, выдѣленіе молока, приростъ шерсти).

Если опредѣлить то, что животнымъ потреблено и что выдѣлено въ суммѣ (въ твердыхъ и жидкихъ выдѣленіяхъ), то замѣчается уменьшеніе сухого вещества и процентное обогащеніе азотомъ и зольными составными частями отбросовъ по сравненію съ кормомъ. Такъ, въ одномъ рядѣ опытовъ Геннеберга и Стомана съ рогатымъ скотомъ оказалось, что въ среднемъ потреблялось въ день около 21,0 фунта сухихъ веществъ, выдѣлялось въ суммѣ 10,5 фут.; другая половина сухихъ веществъ тратилась на процессы дыханія.

Такъ какъ азотъ и зольныя вещества цѣликомъ переходятъ въ экскременты, то количество ихъ процентно увеличивается приблизительно вдвое.

Въ данномъ опытѣ содержалось въ кормѣ азота	1,46%
Въ сухомъ веществѣ смѣси изверженій	„ 2,90 „

Точно также для зольныхъ веществъ:

Золы въ кормѣ . . .	6,95%
„ „ изверженіяхъ .	14,00 „

Для большинства опытовъ результатъ былъ близокъ къ этому, и такія цифры для травоядныхъ животныхъ могутъ быть приняты за типичныя.

Жидкія изверженія содержатъ азотъ и минеральныя вещества въ видѣ продуктовъ распада веществъ, усвоенныхъ организмомъ. Азотъ здѣсь содержится въ формѣ мочевины, гиппуровой и мочевоы кислоты; азотъ въ формѣ амміака нормально организмомъ не выдѣляется, а получается углекислый амміакъ уже при броженіи жидкости. Жидкія изверженія содержатъ 8—9% сухого вещества; изъ него около  $\frac{1}{10}$  части (или 1% отъ сырой массы) приходится на долю азота и 30—40% на зольныя вещества. Характернымъ для жидкихъ

изверженій травоядныхъ служить отсутствіе въ нихъ (или крайне малое содержаніе) фосфорной кислоты и значительное количество кали въ формѣ  $\text{KHSO}_3$ ; весь почти фосфоръ пищи выдѣляется черезъ кишечникъ. Поэтому жидкія выдѣления сами по себѣ будутъ удобреніемъ азотисто-каліинымъ; лишь смѣсь экскрементовъ является полнымъ удобреніемъ.

Вотъ данныя Буссенго: въ 1000 частяхъ жидкихъ и 1000 ч. тверд. изверженій:

содержится азота. . . . .	9,7	4,2
фосфорной кислоты. . . . слѣды		1,0
окиси калия . . . . .	13,2	0,5

Чтобы представить себѣ ближайшій составъ жидкихъ изверженій приведемъ слѣдующія цифры (по Muntz'у) для рогатаго скота:

Мочевины на 1000 частей. . . . .	18,5
Гипсуровокислоро кали . . . . .	16,5
Молочнокислыхъ солей . . . . .	17,0
Двууглекислоро кали . . . . .	16,0
Воды. . . . .	921

Кромѣ того небольшое количество двууглекислыхъ магнезіи и извести (около 5 ч. въ суммѣ) хлористыхъ и сѣрнокислыхъ щелочей (4 ч.), кремнезема (слѣды).

Абсолютное количество различныхъ веществъ выдѣляемыхъ почками и черезъ кишечникъ различно у различныхъ животныхъ, въ зависимости отъ рода пищи. Въ то время какъ у плотоядныхъ животныхъ благодаря большей питательности и усвояемости ихъ пищи, больше вещества выдѣляется черезъ почки, у травоядныхъ животныхъ наоборотъ:

Напр., лошадь за годъ выдѣляетъ (по Буссенго):

	азота:	кали:	фосфорной кислоты:
	въ килограммахъ:		
жидкихъ изверженій 1200 клгр., въ нихъ	17,7	9,6	—
твердыхъ " 6000 " " "	33	—	18

По Вольфу, если принять за 100 количество органическихъ веществъ, азота и золы въ кормѣ, то на твердые и жидкія выдѣления придется въ процентахъ.

	кормъ	твердыя	жидкія выдѣленія.
Органич. вещества.	100	42,5	3,4%
Азотъ . . . . .	100	40,1	17,2
Зола . . . . .	100	59,7	39,0 „

Нужно замѣтить, что количество твердыхъ и жидкихъ изверженій сильно мѣняется въ зависимости отъ пищи; отъ пищи же зависитъ и ихъ составъ: чѣмъ водянистѣе кормъ, тѣмъ больше масса жидкихъ выдѣленій, чѣмъ переваримѣе сухое вещество корма, тѣмъ меньше количество сухого вещества въ твердыхъ выдѣленіяхъ, а относительно больше— въ жидкихъ; чѣмъ богаче бѣлками кормъ, тѣмъ больше азота въ смѣси экскрементовъ твердыхъ и жидкихъ. Но все же считается въ общемъ характернымъ извѣстное соотношеніе въ содержаніи воды и азота для различныхъ группъ с. х. животныхъ.

Такъ, у рогатаго скота воды въ извержен. 87%	азота 0,4%
„ лошадей . . . . .	78 „ 0,7 „
„ овецъ . . . . .	68 „ 0,9 „

Другая составная часть навоза—*подстилка* играетъ двойную роль:—отъ нея требуется обезпеченіе чистоты и мягкости ложа для скота съ одной стороны и, что для насъ здѣсь болѣе важно, она должна задерживать жидкія изверженія и тѣмъ предохранять отъ потерь вещества важныя для удобрения; вмѣстѣ съ тѣмъ для насъ не безразлично содержаніе въ ней питательныхъ веществъ, такъ какъ въ послѣдствіи онѣ цѣликомъ переходятъ въ навозъ. На ходъ разложенія навоза подстилка также не остается безъ вліянія, обуславливая напр. большую рыхлость его, слѣд., болѣе доступъ воздуха, или наоборотъ.

Матеріалъ для подстилки употребляется крайне различный; въ преобладающемъ числѣ случаевъ употребляется для подстилки солома злаковыхъ; кромѣ того, употребляется солома другихъ растений, древесная листва, торфъ, стружки, мохъ и т. п.

Если руководиться въ оцѣнкѣ соломы злаковыхъ, какъ подстилки, количествомъ воды, которое можетъ удержать она, то съ этой стороны солома должна занять одно изъ первыхъ мѣстъ. Такъ напр., при опытахъ поглощенія воды соломой и

другими матеріалами, употребляющимся въ качествѣ подстилки, оказалось, что

Солома злаковъ на 100 частей удерживаетъ	180—280 ч. воды.		
„ гороха . . . . .	280	„	„
Листья дуба . . . . .	162	„	„
„ бука . . . . .	400	„	„
Верескъ . . . . .	100	„	„
Хвоя . . . . .	150—250	„	„
Еловая лапка . . . . .	70	„	„
Опилки . . . . .	420	„	„
Стружки <sup>1)</sup> . . . . .	300	„	„
Торфъ (см. по возр. торфяника)	500—700 (и даже 1000)	„	„
Мохъ . . . . .	300	„	„

Мѣстами при недостаткѣ соломы прибѣгаютъ, какъ напр. въ Швейцаріи, къ разведенію осокъ, грубостебельныхъ злаковъ (*Molinia*) и др. растений на такихъ лугахъ, которые не могутъ быть использованы подъ культуру какихъ либо болѣе цѣнныхъ растений (вслѣдствіе избытка влаги). Въ крайности примѣняютъ въ качествѣ подстилки почву богатую перегноемъ и песокъ; но недостатокъ этихъ матеріаловъ состоитъ въ необходимости передвиженія большихъ массъ ихъ благодаря малой ихъ влагоемкости (почва — до 50%, песокъ 25%).

Не смотря на то, что количества воды, задерживаемой соломой бобовыхъ и злаковыхъ растений почти одинаковы, со стороны вліянія на составъ навоза эти два рода подстилки далеко не одинаковы. Солома бобовыхъ содержитъ до 2% азота, который цѣлкомъ переходитъ въ навозъ и улучшаетъ его со стороны его химическаго состава; по эта солома, благодаря сравнительно высокому ея питательному достоинству, гораздо чаще скармливается скоту, чѣмъ употребляется какъ подстилочный матеріалъ; послѣднее случается при излишней грубости матеріала или порчѣ его плѣсневыми грибами и пр.

<sup>1)</sup> Стружки и опилки, какъ матеріалъ, содержащій мало азота (около 0,2), должны уступать солому съ точки зрѣнія внесенія въ навозъ элементовъ пищи растений.

Вотъ составъ нѣкоторыхъ видовъ подстилки по анализамъ Ад. Майера:

	Солома хлѣбовъ.	Солома бобовыхъ.	Лиственная подстилка.
Воды . . . . .	12—21	12—22	13—15 <sup>0/0</sup>
Органич. веществъ. .	75—83	76—83	78—81
Азота . . . . .	0,3—0,9	1,2—2,0	0,8—1,4
Золы . . . . .	3—8	3—9	4—6
Фосфорной кислоты .	0,2—0,3	0,3—0,4	0,2—0,3
Кали . . . . .	0,5—1,1	0,6—1,8	0,2—0,4

Количество соломы подстилки сильно мѣняется въ зависимости отъ виѣшнихъ условій: оно зависитъ отъ большей или меньшей водянистости корма и увеличивается вмѣстѣ съ увеличеніемъ этой послѣдней; оно зависитъ отъ времени года (такъ какъ температура вліяетъ на ходъ испаренія и изложенія) и, наконецъ, существенную роль въ данномъ случаѣ играетъ и родъ животныхъ; напр., овцы требуютъ меньше подстилки чѣмъ лошади и рогатый скотъ, считая, конечно, не только на голову, но и на единицу сухого вещества въ кормѣ (приблизительно 1:  $\frac{1}{8}$  для соломы). Въ абсолютныхъ величинахъ считаютъ для лошади необходимымъ 5—10 ф., для рогатаго скота 8—12 ф., для овецъ—1  $\frac{1}{4}$  ф. въ сутки.

Торфъ употребляется на подстилку въ разныхъ формахъ наибольшей способностью поглощаетъ воду обладаетъ моховой торфъ, состоящій изъ малоразложившихся еще растений (Sphagnum); но и торфъ болѣе разложившійся идетъ въ подстилку въ различныхъ формахъ; такъ иногда устилаютъ полъ конюшни кирпичами формованнаго торфа, сверху искривая ихъ соломой; или дробятъ торфъ на торфяныхъ мельницахъ (или корнерѣзкахъ, жмыходробилкахъ); количества торфа мѣняются въ зависимости отъ его свойствъ; такъ для войлочнаго торфа разные авторы даютъ нормы отъ 4 до 8 фунтовъ въ сутки на лошадь <sup>1)</sup>.

(Навозъ въ зависимости отъ своего происхожденія и условій сохраненія имѣетъ различный составъ.

<sup>1)</sup> См. „Энциклопедія Сельскаго Хозяйства“, изд. Деври на т. IX, статья „Торфъ и его примѣненія“.

Въ среднемъ (по Вольфу) приходится:

1000 т. навоза:	воды	азота	P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O
у овецъ . . .	646	8,3	2,3	6,7
лошадей . . .	713	5,8	2,8	5,3
свиней . . .	724	4,5	1,9	6,0
рогатаго скота.	775	3,4	1,6	4,0

Слѣдовательно, содержаніе питательныхъ (для растений) веществъ ограничивается долями процента; эти питательныя вещества сопровождаются въ значительной мѣрѣ балластомъ органическаго вещества и воды; на этомъ основаніи (а также въ цѣляхъ улучшенія физическихъ свойствъ почвы) навозъ приходится вносить въ очень большихъ количествахъ по сравненію съ удобрениями ранѣе рассмотрѣнными.

Въ практикѣ употребляется чаще навозъ полуперепрѣвшій; среднія цифры состава такого навоза, которыми можно пользоваться для приблизительныхъ расчетовъ, для смѣшаннаго навоза таковы:

воды 75<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. азота 0,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>—0,2<sup>0</sup>/<sub>0</sub> и K<sub>2</sub>O—0,6<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Составъ навоза, кромѣ того, что зависитъ отъ рода животныхъ, также зависитъ и отъ пищи ихъ; чѣмъ больше бѣлковъ содержится въ пищѣ животнаго, тѣмъ богаче навозъ азотомъ. Мюнцъ и Жираръ подтверждаютъ это положеніе слѣдующимъ опытомъ: при кормленіи рогатаго скота сѣномъ (люцерной), и корнеплодами, съ добавкой ржаной муки, азота въ навозѣ было 0,65<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; а при кормленіи соломой, съ добавкой ржаной муки и канустныхъ листьевъ, азота было въ навозѣ до 0,41<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; фосфорной кислоты въ первомъ случаѣ было 0,3<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, а во второмъ 0,15<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Количество всего получаемаго въ хозяйствѣ навоза можно для предварительныхъ соображеній разсчитывать или по количеству скота, или по количеству кормовъ.

Жирарденъ рекомендуетъ, напр., вѣсъ всего стада помножить на 25; полученное число даетъ приблизительный вѣсъ всего навоза за годъ.

Вольфъ даетъ другой способъ вычисленія количества навоза—по количеству корма въ хозяйствѣ. Организмъ животнаго сжигаетъ приблизительно  $\frac{1}{2}$  сухаго вещества корма,

а другая переходить въ навозъ. Если мы знаемъ количество корма, употребленнаго животными, то можемъ высчитать въ немъ количество сухого вещества; пусть оно =  $a$ ; половина его перейдетъ въ навозъ  $\left(\frac{a}{2}\right)$  туда же перейдетъ все сухое вещество подстилки =  $b$ ; всего сухого вещества въ навозѣ  $\frac{a}{2} + b$ . Въ среднемъ навозъ содержитъ 75% воды, слѣдовательно, если мы общее количество сухого вещества помножимъ на 4, то получимъ количество навоза, которое можно получить изъ даннаго корма  $\left(\frac{a}{2} + b\right) 4$ .

Способъ Баталина претендуетъ на большую точность при вычисленіи общаго количества свѣжаго навоза, но она оказывается излишней, потому что при перепрѣваніи теряется значительная и трудно опредѣляемая количественно часть навоза; ее приходится оцѣнивать на глазъ, а потому точныя вычисленія количества свѣжаго навоза не имѣютъ особаго значенія. Баталинъ пользуется въ данномъ случаѣ переваримостью отдѣльныхъ составныхъ частей корма; зола корма цѣликомъ переходитъ въ экскременты; изъ бѣлковыхъ, безазотистыхъ веществъ и древесины въ навозѣ будетъ непереваримая часть. Изъ переваримой части бѣлковъ въ видѣ мочевины попадаетъ въ навозъ около  $\frac{1}{3}$  (предполагая, что весь азотъ переваримыхъ бѣлковъ выдѣленъ черезъ почки). Безазотистыя соединенія—углеводы непереваримой части идутъ на дыханіе, а потому въ навозъ не переходятъ. Поэтому, если взять золу,  $\frac{1}{3}$  переваримыхъ бѣлковыхъ веществъ, сумму непереваримыхъ веществъ, все сухое вещество подстилки и все это помножить на 4, то получимъ количество навоза.

Для грубаго разсчета количества навоза за годъ считаютъ, что въ среднемъ лошадь даетъ около 400 нудовъ; рогатый скотъ 600 пуд.; (откармливаемые волю до 1000 пуд.), овцы до 35 пуд. и свиньи отъ 75 до 100 пуд.

Существуютъ попытки сопоставить объемъ навоза съ его вѣсомъ, что имѣетъ значеніе при разсчетѣ объема помѣщеній для храненія навоза. Попытки эти даютъ различныя цифры въ зависимости отъ стадіи разложенія навоза; Бусенго нашель, что

кубич. метръ свѣж. навоза вѣсить . . . . .	300—400 klgr.
” ” ” ” уплотненнаго . . . . .	700 —
” ” ” ” полуразложивш . . . . .	800 —
” ” ” ” влажн. разложивш . . . . .	900 —

*Измѣненія въ составѣ навоза.* Первымъ процессомъ, наступающимъ непосредственно послѣ выдѣленія экскрементовъ, является амміачное броженіе мочевины, т. е. превращеніе ее въ углекислый амміакъ, легко диссоціирующую и летучую соль. Это броженіе представляетъ поэтому источникъ крупныхъ потерь азота въ навозѣ; потери эти замѣчены давно, но позднѣе только опредѣлили ихъ размѣры, причемъ они оказались гораздо больше тѣхъ, какіе предполагались.

По этому вопросу есть нѣсколько работъ: Мюнца и Жирара, Меркера и др. Мюнцъ и Жираръ при своихъ изслѣдованіяхъ пользовались конюшнями парижской компаніи омнибусовъ, въ которыхъ какъ уходъ за животными, такъ и за получаемымъ отъ нихъ навозомъ, отличается, по отзыву авторовъ, тщательностью, и гдѣ можно было для опытовъ пользоваться большимъ числомъ однообразно содержимыхъ животныхъ. Не смотря на уходъ потери при храненіи навоза были велики. Такъ опытъ съ лошадьми производился въ теченіи мѣсяца; при этомъ животныя взвѣшивались для провѣрки постоянства ихъ вѣса, взвѣшивался и анализировался ихъ кормъ и получаемый отъ нихъ навозъ. Результатъ былъ такой: недоставало 28<sup>0</sup>/<sub>100</sub> азота отъ того количества его, которое дано было въ кормѣ.

Такой же опытъ производился надъ рогатымъ скотомъ и здѣсь получались потери азота въ 27<sup>0</sup>/<sub>100</sub> отъ количества его въ кормѣ. Произведенъ былъ такой же опытъ и съ овцами, причемъ не только во время опыта велся учетъ N въ кормѣ, подстилкѣ и экскрементахъ, но еще послѣ опыта было опредѣлено количество азота задержаннаго организмомъ и потребленнаго на образованіе мяса, шерсти etc.; вотъ цифры этого опыта (за 6 мѣс.).

Дано N въ кормѣ . . . . .	94,867 gr.
” вт подстилкѣ . . . . .	3,075 ”
<hr/>	
Всего . . . . .	97,942 gr.

Потреблено на образов. мяса . . . . .	8,185
„ шерсти . . . . .	2,720
Найдено въ навозѣ . . . . .	35,425
<hr/>	
Всего . . . . .	46.330

Недостаетъ 51,612 gr. или 52,7<sup>0</sup>/<sub>0</sub> N. Нужно замѣтить, что эти опыты производились въ жаркое время года, а потому потери эти скорѣе нужно считать максимальными. Что броженіе мочевины дѣйствительно въ значительной мѣрѣ зависитъ отъ температуры среды, показали опыты тѣхъ же авторовъ; у нихъ при броженіи мочевины

при 2 <sup>0</sup> С потерялось азота . . . . .	237 mgr.
„ 11 „ „ . . . . .	469 „
„ 20 „ „ . . . . .	704 „
„ 30 „ „ . . . . .	920 „

Меркеръ даетъ цифры потерь азота нѣсколько ниже, нежели въ приведенныхъ опытахъ Мюнца, но все-таки онѣ достигаютъ 13—24<sup>0</sup>/<sub>0</sub> при храненіи навоза въ стойлахъ и еще большихъ размѣровъ, (30—37<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) когда навозъ хранился отдѣльно въ гноищахъ (вліяніе избыточной вентиляціи при перемѣщеніи)<sup>1)</sup>.

Для борьбы съ этими потерями амміака предлагали употреблять различныя средства; прежде всего вниманіе останавливается на кислотахъ для связыванія амміака, и дѣйствительно рекомендовали употреблять съ этой цѣлью разведенную кислоту, которой или поливали подстилку до кислой реакціи, или же ставили чашки съ сѣрной кислотой. Оба эти способа представляютъ значительныя неудобства: чашки представляютъ небольшую поверхность и могутъ задержать поэтому лишь незначительную часть амміака, а поливка подстилки достигаетъ цѣли только тогда, когда прибавлено сѣрной кислоты достаточное количество, а это можетъ дурно отзываться на ногахъ животныхъ. Въмѣсто сѣрной кислоты

1) Это вліяніе становится особенно замѣтнымъ тогда, когда навозъ удаляется изъ стойла недостаточно часто; тогда приходится приводить въ соприкосновеніе съ воздухомъ уже энергично разлагающуюся массу, потому потери амміака при этомъ больше, чѣмъ если удаленіе производится быстро или же вовсе не производится.

предлагаютъ поэтому употреблять сѣрпнокислыя соли—гипсъ и желѣзный купоросъ. Основаніе той или другой соли связываетъ углекислоту, давая осадки ( $\text{CaCO}_3$ ) а сѣрпная кислота связываетъ амміакъ, образуя нелетучую сѣроамміачную соль (такъ реакція идетъ въ растворѣ; при высушиваніи или повышеніи температуры она можетъ пойти и обратно). При употребленіи этихъ веществъ не слѣдуетъ упускать изъ виду, что въ мочѣ есть и другія части, которыя могутъ потребовать гипсъ, именно углекислыя щелочи (K и Na), точно также образующія  $\text{CaCO}_3$  и соответствующую соль  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , поэтому всегда приходится прибавлять излишнее количество гипса для удержанія амміака, чтобы присутствіе нелетучихъ щелочей ненарализовало его дѣйствія. Благодаря этому обстоятельству по даннымъ Мюнца на голову рогатаго скота требуется въ годъ 600 — 700 klgr. желѣзнаго купороса; по мнѣнію этого автора такая затрата выходитъ уже за предѣлы рентабельности при условіяхъ французскаго хозяйства. Въ Германіи же считаютъ выгоднымъ примѣнять по 2 килограмма гипса въ сутки на голову рогатаго скота (Holdefleiss).

Кромѣ этихъ солей рекомендуютъ употреблять стассфуртскія соли, содержащія  $\text{MgSO}_4$ , и дѣйствующія такимъ же образомъ.

Въ этихъ же цѣляхъ рекомендовано Пайеномъ употребленіе ѣдкой извести, которая должна прибавляться къ свѣжимъ экскрементамъ еще до начала броженія, когда еще не развились бактеріи и не образовался амміакъ, съ цѣлью создать щелочную реакцію и тѣмъ самымъ устранить возможность броженія. Лабораторные опыты даютъ въ подобныхъ случаяхъ положительные результаты, но на практикѣ такъ поступать нельзя, потому что известь потребуетъ большее количество для сохраненія щелочной реакціи; хорошее и быстрое смѣшеніе является трудно осуществимымъ, а выдѣляющаяся при разложеніи  $\text{CO}_2$  превращаетъ известь въ углекислую, которая уже не мѣшаетъ дальнѣйшему образованию и потерямъ амміака.

Изъ веществъ не предохраняющихъ жидкія выдѣленія отъ броженія, но удерживающихъ получающійся амміакъ, употребляютъ землю и торфъ вмѣстѣ съ соломой въ подстилку. Для этого землю, по преимуществу торфяную или съ большимъ количествомъ перегноя, кладутъ слоемъ на полъ стойла,

а потомъ кладутъ подстилку, приче́мъ мѣняютъ чаще только солому, не трогая торфа; рѣже — и то и другое или же переслаиваютъ подстилку съ торфомъ или, оставляя подъ животными солому, располагаютъ измельченный торфъ на пути движенія жидкости по склону пола къ канавкѣ (Книримъ), чѣмъ достигается чистота съ одновременнымъ поглощеніемъ избытка стекающей жидкости торфомъ. При употребленіи торфяной подстилки количество амміака въ воздухѣ, какъ показателя амміачнаго броженія мочевины значительно понижалось и онъ появлялся лишь черезъ нѣкоторый промежутокъ времени (опыты Müntz'a).

При употребленіи торфа.		соломы.	
въ 1 день	0	1,2 мллгр.	Н въ 1 куб. метрѣ возд.
” 2 ”	0	3	”
” 3 ”	0	4	”
” 6 ”	1 mlgr.	16	”

По Дегерену, улетучиванье амміака можно предупредить просто создани́емъ среды богатой углекислотой, такъ какъ въ такой средѣ углекислый аммоній не диссоциируетъ; поэтому, если навозъ влаженъ и энергично разлагается, если притокъ воздуха ограниченъ, то углекислота будетъ находиться въ большомъ избыткѣ въ смѣси газовъ заполняющей промежутки, и потери амміака будутъ ничтожны. Въ подтвержденіе Дегеренъ описываетъ слѣдующій опытъ: если вытягивать воздухъ съ помощью аспиратора изъ внутреннихъ частей навозной кучи, то можно пропустить десятки метровъ и не обнаружить замѣтныхъ количествъ амміака; если же извлечь пробу навоза и, провѣтривши ее на воздухѣ, помѣстимъ подъ колоколь, черезъ который затѣмъ протягивать воздухъ, то очень быстро замѣтимъ въ поглотителѣ накопленіе амміака. Совершенно такое же различіе получается, если черезъ склянку съ растворомъ углекислаго аммонія протягивать въ одномъ случаѣ — воздухъ обычнаго состава, а въ другомъ — углекислоту, или воздухъ богатый углекислотой (12—15%  $\text{CO}_2$ ).

Подобно мочеви́нѣ, и другія азотистыя вещества мочи способны распадаться съ образованіемъ углекислаго амміака; такъ, Дегеренъ наблюдалъ разложеніе гиппуровой кислоты (1 граммъ) въ слабо щелочномъ растворѣ при доступѣ воздуха:

Продолжит. опыта.	Количество выдѣл. CO <sub>2</sub> .	Азотъ органич.	Азотъ амміака.
6 дней	22 mgr.	157 mgr.	0
14 "	273 "	130 "	25
30 "	752 "	43 "	111
47 "	748 "	9 "	151

Подобный же результатъ былъ полученъ Dehérain'омъ для мочево́й кислоты <sup>1)</sup>).

Амміачное броженіе мочевины наступаетъ довольно быстро; оно можетъ достигать значительной энергіи еще въ стойлѣ, раньше чѣмъ навозъ (или жижа) достигнетъ гноища; такъ, Жули въ одномъ опытѣ наблюдалъ, что жидкость въ сточной канавѣ передъ стеканіемъ въ колодезь содержала въ литрѣ лишь 2 гр. органическаго азота и 9—амміачнаго.

Поэтому, если навозъ хранится не подъ животными, а при періодической очисткѣ перемѣщается на гноище, то лучше, для цѣлей сохраненія азотистыхъ веществъ, производить очистку чаще, а канавкамъ для стока жижи давать достаточный уклонъ, чтобы разложеніе мочевины протекало преимущественно тогда, когда навозъ находится въ большой массѣ, а слѣдовательно въ атмосферѣ насыщенной углекислотой.

Отъ этихъ первичныхъ измѣненій переходимъ теперь къ условіямъ разложенія и измѣненія навоза при болѣе продолжительномъ храненіи его подъ ногами животныхъ или на гноищѣ, гдѣ измѣняется также органическое вещество твердыхъ экскрементовъ и подстилки.

Разложеніе навоза въ кучѣ можетъ идти или при участіи аэробныхъ бактерій, или же при участіи анаэробныхъ. Оба эти процесса обыкновенно идутъ одновременно въ разныхъ частяхъ, сферы преобладанія того или другого распределяются въ кучѣ въ зависимости отъ доступа воздуха: при сухой погодѣ болышемъ доступѣ воздуха аэробное броженіе далѣе заходитъ въ глубь, при дождливой погодѣ (или обильной поливкѣ) наоборотъ, граница между этими видами броженія приближается къ поверхности. Дегеренъ производилъ анализъ пробъ газа, взятыхъ съ различныхъ глубинъ навоз-

<sup>1)</sup> О разложеніи мочево́й кислоты см. работу *Табедянцева*, въ Извѣстіяхъ М. С. Х. И. 1906, стр. 401.

ной кучи; показателемъ анаэробнаго броженія можетъ служить въ данномъ случаѣ присутствіе метана<sup>1)</sup>.

На поверхности кучи.	Въ срединѣ кучи.	Въ г. уб. слояхъ.
CO <sub>2</sub> —21,6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	CO <sub>2</sub> —31 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	22,7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
O <sub>2</sub> — 0 "	0 "	0 "
N <sub>2</sub> —78,4 "	35,8 "	0 "
CH <sub>4</sub> — 0 "	33,3 "	77,3 "

т.-е въ глубинѣ кучи происходитъ чисто анаэробный процессъ и газы находящіеся тамъ получаются отъ разложенія углеводовъ подстилки и экскрементовъ, а въ наружныхъ слояхъ углекислота образуется насчетъ воздуха кислорода воздуха (поэтому содержаніе азота здѣсь отвѣчаетъ атмосферному, а въ глубь—убываетъ).

При ближайшемъ дождѣ зона анаэробнаго броженія передвигается вверхъ. Въ зависимости отъ доступа воздуха температура внутри кучи можетъ значительно повышаться, какъ это показано въ опытахъ Гэйона (см. стр. 64).

По наблюденіямъ Dehérain'a температура внутри разлагающейся массы навоза, чаще всего колеблется около 60° C, но въ нѣкоторыхъ случаяхъ оно доходитъ до 70 и даже 75° въ верхнихъ частяхъ кучи слѣд., при доступѣ воздуха); при 50—55° наибольшую дѣятельность проявляютъ организмъ *Mesentericus Ruber*, а при болѣе высокихъ температурахъ— (*Thermophilus Grignoni* (*Chimie agricole* 1902). Повидимому *Thermophilus Grignoni* предпочитаетъ субстратъ болѣе богатый азотистыми веществами; этимъ обстоятельствомъ Dupontъ объясняетъ большую способность нѣкоторыхъ видовъ навоза разогрѣваться, какъ напр. конскій навозъ, болѣе богатый азотомъ и предпочитаемый въ качествѣ источника тепла при набивкѣ парниковъ. По наблюденіямъ Дыбовскаго ходъ температуры въ навозѣ разнаго происхожденія характеризуется слѣдующими цифрами:

Дни: . . . . .	0	4	7	12	16	20	24	28	32	36	50
Конскій навозъ. . .	5	50	<b>75</b>	55	25	24	22	20	18	17	15 <sup>0</sup>
Овечій. . . . .	5	35	50	<b>65</b>	40	20	18	18	17	16	15 <sup>0</sup>
Рог. ск. . . . .	5	15	25	35	<b>42</b>	40	30	20	10	10	9 <sup>0</sup>

<sup>1)</sup> См. Dehérain, *Chimie agricole*, 771 (1902).

Конскій навозъ раньше разогрѣвается и даетъ болѣе высокую температуру, которая по минованіи періода энергичнаго разложенія затѣмъ довольно быстро опускается; если желаютъ получить болѣе равномерное и продолжительное разогрѣваніе, то можно примѣшивать навозъ другого происхожденія или разлагающуюся листву (см. Dybowski. *Emploi du fumier dans la culture maraichère*, *Annales agronomiques* 1887). При опытахъ Шлезинга въ искусственной обстановкѣ анаэробное броженіе навоза шло еще при  $72,5^{\circ}$ , лишь при  $80^{\circ}$  оно останавливалось.

Однимъ изъ условій метановаго броженія является слабо щелочная реакція среды, которая въ навозѣ является результатомъ образованія углекислаго амміака. При искусственномъ осуществленіи метановаго броженія приходится кромѣ того повысить температуру; въ соотвѣтствіи съ условіями разложенія навоза, въ одномъ опытѣ Шлезинга 124 gr. навоза положены были въ колбу съ газоотводной трубкой; температура въ теченіе всего опыта (2 мѣсяца) поддерживалась  $52^{\circ}/_{0}$  C). Собранные газы и навозъ послѣ опыта были анализированы; получено  $\text{CO}_2$ —4.217 к. с., метана 4.557 к. с., слѣдовательно почти равные объемы, какъ и слѣдуетъ по принятому уравненію ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = 3 \text{CH}_4 + 3 \text{CO}_2$ ). Углерода содержалось въ навозѣ 12,6 gr., а въ продуктахъ собрано 4.7, г.-е. больше  $\frac{1}{3}$ ; при этомъ вѣсь выдѣленныхъ газовъ превышаетъ потерю въ вѣсѣ взятаго сухого вещества, вслѣдствіе того, что въ реакціи участвуетъ вода. Кромѣ распада на углекислоту и метанъ идетъ образованіе другихъ продуктовъ; такъ Дегеренъ констатировалъ присутствіе летучихъ кислотъ (валерьяновой, уксусной); одновременно подвигается впередъ и процессъ гумификаціи.

Для демонстраціи значительнаго количества выдѣляющагося въ навозной кучѣ метана можно, извлеки достаточный объемъ газа изъ внутреннихъ частей съ помощью аспиратора и удаливши углекислоту, пропустить газъ въ горѣлку и зажечь (Deherain).

Принято думать, что источникомъ для метановаго броженія служить клѣтчатка и пока еще неизвѣстно, насколько могутъ служить для этой цѣли другія вещества. По даннымъ одного опыта (Hebert) видно, что пентозаны разлагаются быстрѣе клѣтчатки; напр., при анализѣ одной пробы оказалось, что

пентозановъ осталось 36%, а клѣтчатки 50% отъ исходнаго количества; вообще безазотистыя экстрактивныя вещества разрушаются легче, древесина—труднѣе.

Иногда, кромѣ углекислоты и метана, наблюдается выдѣленіе и другихъ газовъ при анаэробномъ процессѣ, именно водорода, сѣрводорода и азота. По опытамъ Deherain'a, недостатокъ щелочи обуславливаетъ выдѣленіе водорода вмѣсто метана; тогда же по его наблюдениямъ, увеличиваются и шансы на выдѣленіе свободного азота. Сѣрководородъ можетъ происходить или отъ возстаповленія сульфатовъ (особенно при введеніи гипса) или отъ распада бѣлковыхъ веществъ.

Превращенія азотистыхъ веществъ при дальнѣйшемъ храненіи навоза довольно сложны, и могутъ принимать повидимому различное направленіе въ зависимости отъ условій среды. Deherain и Dupont наблюдали разложеніе альбумина въ условіяхъ анаэробныхъ, заражая бактеріями навоза; но окупчанн опыта они нашли, что изъ 100 частей введеннаго азота 74 части были въ видѣ амміака, 22 — въ видѣ органическихъ соединеній, а 4% — выдѣлилось въ видѣ свободного азота<sup>1)</sup>.

Но результатъ такого опыта не можетъ быть прямо перенесенъ на ходъ превращенія бѣлковыхъ веществъ въ навозѣ, такъ какъ тамъ имѣется преобладаніе безазотистыхъ матеріаловъ надъ азотистыми, поэтому возможно не только распаденіе, но и обратное образованіе бѣлка насчетъ амміака и углеводовъ въ тѣлѣ грибовъ и бактерій, причемъ образованіе бѣлка можетъ брать верхъ надъ распадениемъ его.

Точно также азотистыя вещества мочи измѣняются только сначала въ томъ же направленіи, какъ и въ стойлѣ, т. е., мочевины превращается въ углекислый амміакъ, причемъ это броженіе можетъ достигать maximum'a даже раньше, чѣмъ всѣ жидкіе экскременты попадутъ въ навозохранилище, если имъ приходится протекать по канавкѣ не очень малой длины. Но затѣмъ начинаютъ преобладать другіе процессы, благодаря своей сложности изученные еще мало. Съ такимъ громоздкимъ матеріаломъ какъ навозъ оперировать трудно; трудно даже брать среднія пробы, а результаты опытовъ лаборатор-

<sup>1)</sup> Интересно, что Д. и Д. наблюдали въ этомъ опытѣ выдѣленіе  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{N}_2$  и  $\text{CH}_4$ . Выдѣленіе метана при разложеніи бѣлковыхъ веществъ подтверждено теперь болѣе точными изслѣдованіями Омелянскаго (Архивъ биологическихъ наукъ).

ныхъ не всегда можно переносить непосредственно на процессъ разложенія навоза на гноищѣ, вслѣдствіе различія въ условіяхъ согрѣванія и охлажденія массы, вентиляціи и пр.

Тѣмъ не менѣе, превращенія азотистыхъ веществъ при храненіи навоза изучались въ различныхъ условіяхъ и обстановкѣ, и это изученіе показало, что вторичныя измѣненія и потери могутъ достигать значительныхъ величинъ.

Такъ, въ опытахъ Жули (Biederm. С. 1885) бралась смѣсь экскрементовъ лошади и мелко изрѣзанной соломы; смѣсь эта помѣщалась въ колоколь съ тубулусомъ обращеннымъ внизъ, такъ чтобы избытокъ жидкости могъ стекать въ находящійся подъ колоколомъ сосудъ, сверху колоколь закрыть былъ стеклянной крышккой для уменьшенія испаренія, смѣсь поливалась время отъ времени жидкостью, которая стекала внизъ. Опытъ тянулся 6 мѣсяцевъ; сухого вещества за это время потерялось 50%; изъ 100 частей азота амміака осталось только 15; 40.7 части амміачнаго азота улетучились, а 44.7 — *перешли въ органическое вещество*.

У Hebert а<sup>1)</sup> также находимъ опыты съ разложеніемъ въ искусственной обстановкѣ (при повышенной  $t^{\circ}$  и щелочной реакціи); опытъ тянулся три мѣсяца. Въ соломѣ азота было 0.39 gr., осталось 0.24 gr. Азота въ формѣ  $\text{NH}_3$  было 2.64. осталось 0.40, въ азотъ растворимыхъ органическихъ соединений перешло 0.96, остальное количество улетучилось. При этомъ разложеніи азотъ амміачный переходитъ отчасти при соприкосновеніи съ гуминовыми веществами навоза въ соединеніе болѣе стойкое чѣмъ гуминово-амміачная соль (быть можетъ въ азотъ амдосоединеній, ср. стр. 83). Другая часть амміачнаго азота переходитъ въ органическое вещество благодаря жизнедѣятельности грибовъ, бактерій, причемъ азотъ переходитъ въ бѣлковыя соединенія, входя въ составъ тѣла названныхъ организмовъ.

Часто говорятъ, что при храненіи навоза идетъ нитрификація; однако, если этотъ процессъ и идетъ, то чрезвычайно слабо (въ мѣстахъ соприкосновенія съ почвой), потому что здѣсь мало кислорода и много органическаго вещества, ко-

---

1) Работы Schloesing'a, Hebert'a, Deherain'a и вѣк. др. авторовъ по разложенію навоза напечатаны въ журналѣ Annales agronomiques (преимущественно 1890—1900).

торое какъ показали Виноградскій, является неблагопріятнымъ для нитрифицирующихъ бактерій. Дѣйствительно, анализы показываютъ, что нитратовъ въ навозѣ мало <sup>1)</sup>, но здѣсь взгляды изучавшихъ это явленіе не сходятся: одни говорятъ, что они и не образуются, а другіе, что они распадаются благодаря дѣятельности денитрифицирующихъ бактерій или другихъ причинъ; наприм., по мнѣнію нѣкоторыхъ авторовъ потери азота при гніеніи органическаго вещества навоза въ формѣ свободнаго азота возможны, благодаря тому, что, напр., при соприкосновеніи азотисто-кислыхъ солей съ амидосоединеніями (въ присутствіи  $\text{CO}_2$ ) происходитъ разложеніе ихъ съ выдѣленіемъ свободнаго азота; но, какъ сказано, самая вѣроятность образованія азотисто- и азотнокислыхъ солей въ навозной кучѣ — мала.

Дегеренъ думаетъ на основаніи своихъ наблюденій, что потери свободнаго азота возможны также и путемъ окисленія азотистаго органическаго вещества (слѣд., и безъ предварительной нитрификаціи); онъ наблюдалъ, при протягиваньи воздуха въ теченіе 3 недѣль черезъ колбу, содержащую нормальный навозъ и помѣщенную въ водяную баню при  $50^\circ \text{C}$ . потери азота въ 10—15%, сверхъ того азота, который выдѣленъ былъ въ видѣ амміака и уловленъ сѣрной кислотой (выше мы видѣли, что и при анаэробномъ процессѣ Дегеренъ наблюдалъ выдѣленіе свободнаго азота, но въ малыхъ количествахъ); эти наблюденія требуютъ еще ближайшаго изслѣдованія <sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Вотъ данныя по распредѣленію азота въ нѣкоторыхъ образцахъ навоза, анализированныхъ Меркеромъ.

	N	N	N	N	N
	Всего	нераств. органич. соед.	амидный	амміака	нитратовъ
1)	0,548	0,364	0,017	0,157	0,004
2)	0,730	0,454	0,037	0,225	0,014
3)	0,651	0,450	0,005	0,148	0,048

Нужно замѣтить, что здѣсь цифры для нитратовъ должны быть принимаемы съ извѣстной осторожностью, такъ какъ обычные способы опредѣленія въ присутствіи амидосоединенія даютъ повышенныя показанія, если не принять специальныхъ мѣръ предосторожности.

<sup>2)</sup> Подобный фактъ выдѣленія свободнаго азота безъ предварительной нитрификаціи отмѣчаютъ Schittenhelm и Schröter (Z. f. physiologische Chemie, Bd. 40, 70).

Опыты Эренберга показываютъ, насколько энергично распадаются нитраты въ навозѣ при искусственномъ введеніи ихъ. Брались экскременты различныхъ животныхъ и подвергались анаэробному разложенію въ колбѣ съ газоотводной трубкой безъ прибавки нитратовъ и съ ними. Везъ нитратовъ шло метановое броженіе, а прибавка селитры подавляла его, вызывая выдѣленіе свободного азота и углекислоты. Такъ въ одномъ опытѣ послѣ прибавки  $KNO_3$  было въ газахъ, выдѣленныхъ изъ колбы:

	$CO_2$	N	$CH_4$
Черезъ 10 дней . . . . .	75	25	0
„ 20 „ . . . . .	53	46	0
„ 30 „ . . . . .	47	49	3
„ 60 „ . . . . .	45	0	54

Слѣдовательно, метановое броженіе временно прекращалось подѣ влияніемъ того кислорода, который бактеріи брали изъ селитры, а послѣ того, какъ разлагалась селитра и потреблялся кислородъ ея, опять начиналось метановое броженіе (Bied. Centr. 1890). Этотъ опытъ наглядно показываетъ, насколько невыгодно было бы вводить въ навозъ матеріалы, содержащіе нитраты.

Въ навозѣ подѣ влияніемъ низшихъ организмовъ происходитъ рядъ качественныхъ измѣненій при общей убыли сухого вещества. Энергія этихъ превращеній находится въ зависимости отъ условій храненія навоза. Такъ, въ одномъ опытѣ отъ 1000 kilogr. сухого вещества навоза при храненіи его начиная съ 21 марта осталось къ

18 мая . . . . .	775 kilogr.
18 іюня . . . . .	704 „
18 іюля . . . . .	455 „

Значительная убыль въ послѣдній мѣсяцъ обусловлена высокой температурой іюля, вызывающей болѣе энергичное разложеніе.

Въ опытѣ Фелькера утратилась половина сухого вещества навоза за годъ храненія его.

Какъ было указано, при опредѣленіи состава навоза въ разныхъ его состояніяхъ большое затрудненіе составляетъ выборъ средней пробы изъ этой громоздкой неоднородной

смѣси; тщательное перелопачиванье, конечно, нѣсколько помогаетъ, но нужно имѣть въ виду, что при перелопачиваніи происходитъ улетучиваніе нѣкоторыхъ составныхъ частей (прежде всего воды). Вслѣдствіе трудности составленія средняго образца навоза, учетъ азота и другихъ веществъ не достигаетъ той точности, какая часто была бы желательна.

А priori можно думать, что при рациональномъ храненіи потери азота не очень велики, меньше чѣмъ потери сухого вещества, такъ что должно наблюдаться относительное обогащеніе навоза азотомъ; это положеніе еще болѣе справедливо по отношенію къ зольнымъ веществамъ. Анализы подтверждаютъ эти соображенія.

Для азота относительное увеличеніе его содержанія не идетъ такъ быстро, какъ того можно было бы ожидать по убыли сухого вещества, вслѣдствіе того, что погерь азота избѣжать невозможно. Приводимъ цифры, указывающіе на измѣненіе состава навоза при его храненіи (изъ опытовъ Holdefleiss'a).

	Навозъ свѣжій.	Навозъ лежавшій 7 мѣсяцевъ.
N . . . . .	0,396%	0,444%
% сухого вещества. . .	19,1 "	19,2 "
Амміачн. N. . . . .	не былъ опредѣленъ.	0 "
N селитры . . . . .	0 "	0,01 (?)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,148 "	0,210%
K <sub>2</sub> O . . . . .	0,511 "	0,725 "
CaO . . . . .	0,424 "	0,640 "

За время храненія навозъ потерялъ 31,2% сухого вещества.

Отсюда видно, что приростъ содержанія азота меньше, чѣмъ потеря сухого вещества (значитъ часть азота утрачена), что въ навозной кучѣ селитры почти нѣтъ, такъ какъ здѣсь на лицо условія, неблагоприятныя для нитрификаціи; отмѣчаемъ это въ виду того, что въ нѣкоторыхъ руководствахъ переведеніе азота въ форму нитраговъ считается одной изъ задачъ храненія. Но отсутствіе N амміака не является типичнымъ; по даннымъ Меркера, количества N въ этой формѣ въ большей части образцовъ навоза не было низкимъ.

Потеря сухого вещества различна въ зависимости отъ способа ухода за навозомъ, наприм., примѣняется ли поливка его навозной жижей (или водой) или же нѣтъ. Поливка обезпечиваетъ разложеніе кучи во всѣхъ частяхъ (при высыханіи разложеніе оставаляется), уменьшаетъ излишнюю вентиляцію (связанную съ потерями  $\text{NH}_3$ ), предохраняетъ отъ развитія плѣсени, которыя, помимо того, что потребляютъ питательныя вещества, вредны еще и въ томъ отношеніи,

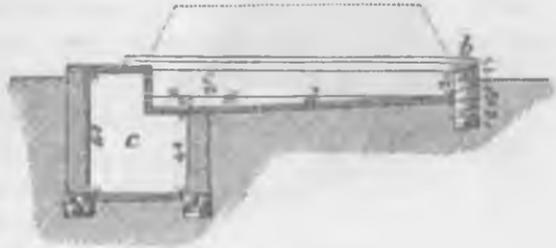


Рис. 32-й.

что своими гифами переплетаютъ частицы навоза, такъ что его трудно разбить при распредѣленіи по полю. Развитіе плѣсени всегда указываетъ на избыточную вентиляцію (рѣзко выраженная аэробія), происходящую или отъ слишкомъ рыхлаго сложенія, или отъ высыханія; уплотненіе и поливка устраняютъ развитіе плѣсени. Поливка сильно способствуетъ

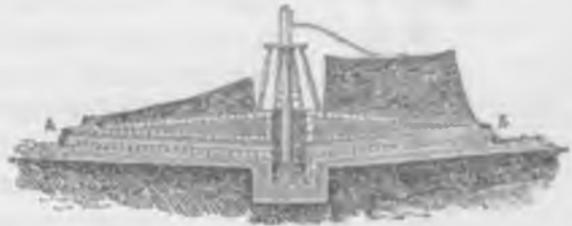


Рис. 33-й.

сохраненію азота, понижая улетучиванье амміака какъ непосредственно, такъ и косвенно, вызывая энергичное разложеніе и заполненіе углекислотой поръ, не занятыхъ водой. Такъ, въ опытахъ Holdefleiss'a наблюдалась

убыль азота въ навозѣ безъ поливки въ . . .	23%
„ „ „ „ съ поливкой „ . . .	13%

Навозъ сохраняется или подъ ногами животныхъ, или же постепенно постуаетъ въ специально устроенныя навозохранилища. Последнія представляютъ или углубленія, такъ что навозъ находится отчасти ниже поверхности земли (рис. 32-й), или же навозохранилища устраиваются цѣликомъ надъ поверхностью земли и навозъ здѣсь сохраняется въ видѣ

кучь, расположенных на непроницаемых платформах (см. рис. 33-й). Въ надземныхъ навозохранилищахъ въ сухомъ



Рис. 34-й.

климатѣ и при недостаточномъ уходѣ возможность потерь больше, такъ какъ площадь соприкосновенія съ воздухомъ больше, и поливка является болѣе необходимой.

При храненіи въ ямахъ возамъ съ навозомъ возможно двигаться по поверхности навоза, надземныя же навозохранилища приходится нагружать и разгружать, не вѣзжая на

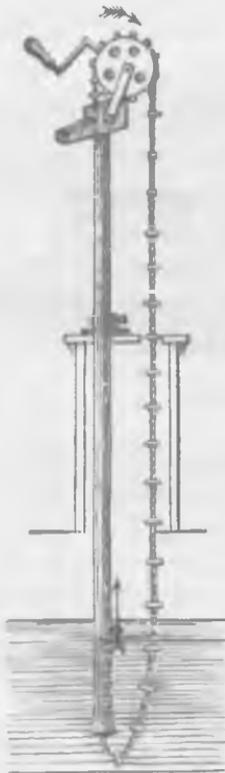


Рис. 35-й.

нихъ, такъ что въ этомъ случаѣ поперечные размѣры кучь не могутъ быть произвольно большими (не больше 2-хъ сажень). Высота обычно не превышаетъ 5 — 6 ф. Иногда надъ навозохранилищемъ устраивается навѣсъ, чтобы предохранить навозъ отъ выщелачиванія (рис. 34-й), но если климатъ не очень влажный, то надобности въ этомъ нѣтъ такъ какъ все равно нужно будетъ увлажнять просыхающую кучу. Дно и стѣнки навозохранилища дѣлаются по возможности водонепроницаемыми, по крайней мѣрѣ изъ плотно-убитой глины, или выкладываются по глинянъ камнемъ или кирпичемъ; встрѣчается и кладка на цементѣ, или асфальтѣ, что болѣе необходимо для сборника или колодца (с, рис. 32-й), предназначеннаго для собиранія избытка жидкости, стекающей съ навоза (эта же жидкость служить и для поливки съ помощью насоса того или этого простаго устройства напр. *четочнаго насоса*, рис. 35-й).

Потери веществъ въ навозохранилищахъ, вообще, значительны; почва на нѣкоторую глубину подъ навозохранилищемъ такъ обогащается азотомъ, что его здѣсь содержится не меньше, чѣмъ въ навозѣ (Müntz); экономи-

ческія соображенія должны указывать, насколько тщательно возможно устраивать навозохранилища для предотвращения потерь азота путем просачиванья жидкости. Заграницей, при интенсивномъ хозяйствѣ и значительныхъ затратахъ, чаще встрѣчается каменная или кирпичная кладка, на цементъ и асфальтовые платформы для кучъ, у насъ же чаще можно рекомендовать дно ямъ просто убивать глиной, если подпочва сама по себѣ не является непроницаемой.

Для уменьшенія потерь N примѣняется еще земляная покрывка навоза. Степень благоприятнаго дѣйствія ея видна изъ слѣдующихъ цифръ Гольдефлейсса:

Потеря N навоза безъ покрывки . . . . .	23%
„ „ „ съ земл. покрывкой. . . . .	2 „

Послѣдняя величина лежитъ въ предѣлахъ погрѣшности учета (вслѣдствіе трудности взятія средней пробы).

Съ той же цѣлью уменьшенія потерь N рекомендуютъ еще употреблять гипсъ, каинитъ, кислоты (кислые отбросы). Результаты примѣненія этихъ веществъ показываютъ, что дѣйствительно ими удерживается значительное количество азота. Эти консервирующіе матеріалы вліяютъ и на убыль сухого вещества, какъ показываютъ слѣдующія цифры Hofdefleiss'a:

	Потеря сухого вещества.
Навозъ безъ консервир. веществъ. . . . .	31%
„ + гипсъ . . . . .	22 „
„ + каинитъ . . . . .	12 „

Но консервирующія вещества являются до извѣстной степени помѣхой тѣмъ процессамъ, которые важны для полученія перегнившей массы съ извѣстными свойствами, благоприятно вліяющими на физическія свойства почвы, почему нѣкоторые авторы, какъ, напр., Дегеренъ, не считаютъ рациональнымъ употребленіе ихъ <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Одно время, на основаніи опытовъ Меркера, приписывали углекислому кальцію благоприятное вліяніе на ходъ разложенія навоза; но такъ какъ Меркеръ примѣнялъ для консервированья не  $\text{CaCO}_3$ , а почву богатую  $\text{CaCO}_3$ , о означенный выводъ нужно считать необоснованнымъ (см. Bied. Centr. 1903, 373).

При земляной покрывкѣ замѣчается образованіе нитратовъ, такъ какъ съ почвой вносятся нитрифицирующія бактеріи и создается среда не столь богатая органическимъ веществомъ; но не слѣдуетъ допускать, чтобы нитраты проникали внутрь кучи путемъ выщелачиванья, такъ какъ при условіяхъ анаэробныхъ они будутъ разрушены. Изъ этого обстоятельства вѣроятно и лежитъ причина противорѣчія нѣкоторыхъ опытовъ съ земляной покрывкой.

Часто навозъ сохраняется и подъ ногами животныхъ. Въ томъ видѣ, какъ этотъ способъ примѣняется въ большинствѣ случаевъ, онъ является довольно совершеннымъ въ смыслѣ полученія удобрения съ возможно малыми потерями и малыми затратами на уходъ за навозомъ (не касаемся здѣсь соображеній зоогигіеническихъ). У Гольдефлейсса потеря органическаго вещества при этомъ способѣ была около 10%, а потери N такъ же мало замѣтны, какъ и при употребленіи земляной покрывки, такъ какъ навозъ постоянно уплотняется ногами животныхъ, смачивается мочей; послѣднее происходитъ особенно равномерно тогда, когда животныя находятся не на привязи. Продуктъ получается вполне доброкачественный. Меркеръ также опредѣлялъ потери N навоза подъ скотомъ и въ навозохранилищѣ. Изъ 469 kilogr. N навоза утратилось:

Въ навозохранилищѣ. . . . .	172 kilgr N.
Подъ скотомъ . . . . .	62 „ „

Вѣроятно при храненіи навоза подъ скотомъ на относительно хорошее сохраненіе азота влияетъ и то обстоятельство, что разложеніе свѣжевыдѣленныхъ жидкихъ экскрементовъ происходитъ въ атмосферѣ богатой углекислотой; а это, по Дегерену, и составляетъ главное условіе, предохраняющее углекислый аммоній отъ диссоціи и улетучиванья. Въ связи съ этимъ очевидно нужно поставить и наблюденіе Schneidewind'a, что если при закладкѣ навозной кучи на дно гноища положить слой уже разлагавшагося ранѣе навоза, то свѣжій навозъ, поступающій на гноище, теряетъ меньше азота, нежели если бы онъ ложился на дно гноища непосредственно <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Landw. Jahrb. 1907, XXXVI, 588.

Разсмотримъ теперь вопросъ объ *удобрительномъ значеніи навоза*.

Съ навозомъ вносятся элементы какъ положительнаго, такъ отчасти и отрицательнаго дѣйствія на урожай; необходимо возможно разчленивъ роль отдѣльныхъ ингредиентов навоза.

Прежде всего въ навозѣ мы вносимъ азотъ и зольныя вещества, необходимыя для жизни растений, а затѣмъ мы имѣемъ цѣлый рядъ другихъ воздѣйствій; такъ, перегной, образующійся при разложеніи навоза, необходимъ для поддержания извѣстныхъ физическихъ свойствъ почвы (прочность строенія, влагоемкость), а одновременно органическое вещество навоза, являясь источникомъ образованія углекислоты и гуминовыхъ кислотъ, способствуетъ растворенію минеральной пищи въ почвѣ; далѣе, съ навозомъ мы вносимъ массу микроорганизмовъ, работа которыхъ можетъ быть то полезной, то вредной, смотря по ихъ природѣ и по характеру той органической пищи, какая имъ дается въ составныхъ частяхъ навоза.

Только въ послѣднее время стали оцѣнивать разныя стороны навознаго удобрения и дѣйствіе отдѣльныхъ составныхъ частей навоза; въ настоящее время имѣются нѣкоторыя данныя преимущественно относительно азота, значеніе же остальныхъ составныхъ частей навоза менѣе затронуто въ имѣющихся изслѣдованіяхъ.

Средній коэффициентъ использованія азота навоза въ первый годъ по вношеніи по Вагнеру равенъ 25% т.-е. дѣйствіе азота въ видѣ навоза составляетъ 25% отъ дѣйствія того же количества N въ видѣ селитры. Если бы, этотъ коэффициентъ былъ постояненъ, то можно было бы считать, что мы, давая съ полнымъ навознымъ удобреніемъ въ 2400 п. п. N вчетверо больше, чѣмъ при удобреніи селитрой, вносимъ равныя количества усвояемаго (въ первый годъ) азота въ обоихъ случаяхъ (см. стр. 147).

Работы Меркера, однако, показали, что Вагнеровскій коэффициентъ является очень приблизительнымъ, что къ нему подходит лишь небольшое число изслѣдованныхъ видовъ навоза, насколько можно судить на основаніи вегетационныхъ опытовъ. Меркеръ въ изслѣдованіяхъ имѣ образцахъ навоза (около 50) нашелъ такія отклоненія отъ величины Вагнеровскаго коэффициента:

Число образцовъ.	7	10	5	8	7	3	5
Коэффициентъ.	60%	45%	36%	25%	14%	3%	—13,8%

Такимъ образомъ, образцы разнаго происхожденія оказали весьма различное дѣйствіе, при чемъ иногда дѣйствіе это было даже отрицательнымъ.

Меркеръ пытался установить связь коэффициентовъ использования съ составомъ и происхожденіемъ навоза, что ему отчасти и удалось сдѣлать.

Если ту же серію анализированныхъ образцовъ разгруппировать по происхожденію, то оказывается:

Для овечьяго навоза коэффиц. использования N	. . . . .	48%
„ конскаго „	„ „ „ „	29 „
„ коровьяго „	„ „ „ „	26 „

Если же, не различая происхожденія, расположить образцы въ порядкѣ по содержанію азота, то чѣмъ образчикъ содержитъ больше N, тѣмъ больше коэффициентъ его использования.

	Коэффиц. использования.
Въ среднемъ, если N	1% . . . . . 61%
„ $\frac{0}{10}$ N = 0,6 „	. . . . . 47 „
„ $\frac{0}{10}$ N = 0,2 и меньше	— 17 „

Совпаденіе замѣчается лишь на среднихъ числахъ, въ отдѣльныхъ случаяхъ послѣдовательность не волиѣ правильная.

Меркеръ и др. пытались опредѣлить дѣйствіе связаннаго N въ отдѣльныхъ частяхъ навоза—калѣ, подстилкѣ, жидкой части. Полученные результаты обнаружили рѣзкую противоположность въ значеніи отдѣльныхъ ингредиентовъ. Такъ, у Меркера при внесеніи равныхъ количествъ азота въ разныхъ формахъ получились слѣдующія измѣненія въ урожаѣ:

	Приростъ урожая.
При удобреніи селитрой . . . . .	+ 59 gr.
„ „ мочей . . . . .	+ 55 „
„ „ лошадинымъ каломъ . . . . .	— 8,9 „
„ „ экскрементами рогатаго скота . . . . .	— 3,7 „
„ „ „ овцы . . . . .	+ 9,9 „

Азотъ жидкой части навоза по дѣйствию довольно близокъ къ дѣйствию N селитры, а азотъ въ формѣ кала не только плохо используется самъ, но еще мѣшаетъ использованію азота почвы вызывая денитрификацію и тѣмъ понижаетъ урожай. Этотъ опытъ не представляетъ чего-нибудь исключительнаго, онъ повторялся очень многими изслѣдователями, и въ нашихъ культурахъ не разъ тоже дѣйствіе проявлялось въ рѣзкой формѣ <sup>1)</sup>, если удобренія вносились подъ яровыя весной, незадолго до посѣва.

Особенно сильно при этихъ условіяхъ понижаютъ урожай калъ и солома. Приводимъ цифры Меркера относящіяся къ соломѣ.

	Урожай.
Безъ удобренія . . . . .	5 gr.
Удобр. селитрой. . . . .	37 ”
” соломою . . . . .	2 ”

Такъ какъ Меркеру и Вагнеру, высказанъ былъ упрекъ, что они брали слишкомъ большія количества соломы, никогда не встрѣчающіяся въ практикѣ, то въ одномъ изъ нашихъ опытовъ испытано было вліяніе различныхъ количествъ соломы, начиная съ  $\frac{1}{4}\%$  и до  $1\%$  отъ вѣса почвы (что отвѣчаетъ приблизительно 400 — 1600 пудамъ на десятину); вотъ полученные результаты:

	Безъ соломы	$\frac{1}{4}\%$	$\frac{1}{2}\%$	$1\%$	отъ вѣса почвы.
Урожай ячменя	16,2	10,0	6,6	3,0.	

Такимъ образомъ уже  $\frac{1}{4}\%$  соломы вызвала значительное пониженіе урожая, а такое количество можетъ заключаться въ перепрѣвшемъ навозѣ, вносимомъ на десятину въ обычныхъ на практикѣ дозахъ. Конечно, рѣзкость приведенныхъ цифръ чрезвычайно повышена тѣмъ, что солома внесена подъ яровое передъ его посѣвомъ, что на практикѣ не встрѣчается. Далѣе указываютъ, что приводимыя цифры относятся къ опытамъ въ искусственной обстановкѣ (въ сосудахъ) гдѣ обильная поливка можетъ создавать условія недостаточной

<sup>1)</sup> Обзоръ соо вѣтствующей литературы данъ С. Л. Франкфуртомъ въ „Трудахъ Вольнаго Экономическаго Общества“ за 1899 г.

вентиляції, въ полѣ же при лучшей вентиляції денитрификація не достигаетъ такихъ размѣровъ; но все-таки и тамъ внесеніе неперепрѣвшихъ органическихъ матерьяловъ въ большихъ дозахъ даетъ себя знать пониженіемъ урожая, какъ видно напр. изъ слѣдующаго опыта Я. М. Жукова, испытывавшаго вліяніе полуперепрѣвшей соломы и мякины на урожай озимыхъ:

Урожай пшеницы.

Безъ удобренія . . . . .	а)	б)
Полуперепрѣвшая солома . . . . .	83 п.	60 п.
и мякина (2000 п.). . . . .	49 "	35 "
Павозъ (2000 п.). . . . .	93 "	86 "

Schneidewind, <sup>1)</sup> наблюдалъ также отрицательное дѣйствіе соломы и кала въ полевомъ опытѣ; именно, солома внесенная весной подъ яровое, понижала втеченіе двухъ лѣтъ урожаи горчицы и лишь на третій годъ обнаружила положительное дѣйствіе; смѣсь же соломы и кала понизила урожай перваго года, и со втораго года уже наблюдалось полезное дѣйствіе.

Пужно однако замѣтить, что при внесеніи заблаговременномъ (въ пору, а особенно съ осени, за годъ до посѣва озимыхъ) дѣйствіе даже неперепрѣвшихъ матерьяловъ успѣваетъ или сгладиться совершенно, или выражается далеко не столь рѣзко, какъ въ вышеупомянутыхъ опытахъ Вагнера и Меркера (см. напр. опыты А. А. Калужскаго, Извѣстія Института 1906.; также на опытной станціи въ им. Харитоненко констатирована подъ вліяніемъ соломы запаханной въ маѣ лишь временная убыль питратовъ, ко времени же посѣва озимыхъ различія сглаживались <sup>2)</sup>).

<sup>1)</sup> Bied. Centr. 1903, 370.

<sup>2)</sup> См. выпускъ 3-й трудовъ станціи отчетъ В. И. Сазаюва. На Шатиловской станціи въ 1901 году наблюдалось пониженіе урожая подъ вліяніемъ соломы запаханной въ іюнь, но зола отъ такого же количества соломы вызвала повышеніе (ср. ниже мнѣніе Костычева по тому же вопросу). Hiltner на основаніи своихъ опытовъ приходитъ къ выводу, что „солома представляетъ весьма цѣнное долго дѣйствующее удобрение, которое можетъ приносить вредъ непосредственно посѣву внесенія только при извѣстныхъ условіяхъ, которыхъ легко избѣжать“ (Arbeiten der Biologischen Anstalt, Band. V, стр. 115).

Желательно, конечно, увеличение числа подобныхъ данныхъ, при томъ для разныхъ дозъ соломы и навоза), но уже изъ сказаннаго слѣдуетъ, что солома сама по себѣ, до перепрѣванія, можетъ являться факторомъ, отрицательно влияющимъ на урожай.

Что касается причинъ указаннаго явленія, то первоначально Меркеръ и Вагнеръ объяснили пониженіе урожаяевъ при удобреніи соломой и неперепрѣвшимъ навозомъ исключительно дѣятельностью денитрифицирующихъ бактерій, вносимыхъ въ почву съ этими матеріалами, такъ что растенія голодаютъ отъ недостатка нитратовъ, разрушаемыхъ этими организмами.

Это объясненіе не является полнымъ; если дѣйствительно, наблюдается убыль нитратовъ, то и въ почвѣ находятся денитрифицирующія бактеріи, слѣдовательно одно внесеніе ихъ извнѣ еще не много измѣнило бы дѣла, если бы одновременно не измѣнялись условія ихъ существованія. Но съ соломой, неперепрѣвшимъ навозомъ въ почву вносится много органическаго вещества, чѣмъ и создаются благоприятныя условія для развитія денитрифицирующихъ бактерій. То же самое явленіе пониженія урожаяевъ произойдетъ и въ томъ случаѣ, если внести въ почву и другія органическія вещества—углеводы, или взять стерилизованную солому. По опытамъ Дегерена, напр., крахмаль оказался веществомъ вызывающимъ усиленное разрушеніе нитратовъ въ почвѣ. еще въ большей мѣрѣ, чѣмъ солома; черезъ мѣсяць послѣ внесенія его въ почву нитратовъ осталось 33% отъ прежняго количества, а при внесеніи соломы въ тѣхъ же условіяхъ—69%.

У Крюгера и Шнейдевинда и также Меркера получены при вегетационныхъ опытахъ такія цифры:

У Крюг. и Шпейд. У Меркера.

Безъ органическихъ вещ. 33,7 gr. 51,3 gr. тоже.

+ нестерилизован. калъ 10,2 4,0 + солома не стеризов.

+ стерилизован. „ 9,0 4,7 + солома стеризован.

Какъ видимъ, стерилизація не устраняла паденія урожаяевъ. При лежаніи навоза органическое вещество перепрѣваетъ, и денитрифицирующая способность соломы и кала падаетъ.

Уже давно известно, что навозъ долженъ до известной мѣры перепрѣть для проявленія своего полезнаго дѣйствія; сообщенные опыты даютъ объясненіе этого наблюденія.

Въ одномъ опытѣ былъ взятъ свѣжій навозъ разныхъ видовъ домашнихъ животныхъ и определено было денитрифицирующее его дѣйствіе. Затѣмъ навозъ былъ помѣщенъ на 50 дней въ термостатъ, при благопріятныхъ условіяхъ разложенія, послѣ чего снова была измѣрена денитрифицирующая способность взятаго матеріала. Измѣненіе послѣдней видно изъ слѣдующихъ цифръ одного опыта:

денитрифицирующая способ- ность навоза.	Свѣжаго. Бывшаго въ термостатѣ.	
Конскій навозъ . . .	100 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	27,7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Навозъ рогат. скота.	97,7	14,4
(Овечій навозъ. . . .	70,4	17,0

Пониженіе денитрифицирующей способности (въ этомъ и аналогичныхъ случаяхъ) при разложеніи навоза объясняется суженіемъ отношенія азотистой и безазотистой части матеріала.

Кромѣ свойствъ самаго навоза, энергія денитрификаціи зависитъ еще отъ вѣдшихъ условій, какі-то отъ влажности среды; повидимому, при томъ же самомъ химическомъ составѣ возможна нитрификація при умѣренной влажности и денитрификація—при избыточной влажности; вотъ одинъ относящійся сюда опытъ Варрингтона:

% воды въ почвѣ.	Количество образовавшейся азотной кислоты.	
	Безъ навоза.	При удобреніи навозомъ (2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> отъ вѣса почвы)
5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	250 mgr.	270 mgr.
10 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	260 "	360 "
15 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	270 "	490 "
20 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	290 "	290 "
25 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	380 "	220 "

Если внесене навоза напр. при 15<sup>0</sup>/<sub>0</sub> влаги не нарушало нормальнаго хода нитрификаціи (даже повышало его, доставляя матеріалъ), то при 25<sup>0</sup>/<sub>0</sub> наоборотъ—количество нитратовъ уменьшалось (вслѣдствіе ли ихъ разрушенія или ме-

нѣе энергичнаго образованія, при маломъ доступѣ воздуха, вызванномъ заполненіемъ поръ водой и потребленіемъ кислорода на образованіе углекислоты).

Отчасти въ указанныхъ фактахъ, быть можетъ, кроется причина наблюдающагося иногда неблагоприятнаго дѣйствія навоза въ районахъ экстензивнаго хозяйства, обильныхъ цѣлиной; обыкновенно въ такихъ районахъ нѣтъ правильнаго ухода за навозомъ, онъ лежитъ пересошимъ и потому не разлагается; если къ этому присоединить неправильную обработку пара, связанную съ изсушеніемъ почвы, то понятно, что нераздложившійся навозъ плохо разлагается и послѣ заправки, а затѣмъ способенъ вызвать убыль нитратовъ и понизить урожай.

Поэтому весьма важно при опытахъ по влиянію навознаго удобрения обращать вниманіе на качество употребляемаго навоза.

Здѣсь уместно вспомнить, что Костычевъ <sup>1)</sup>, еще ранѣе всѣхъ указанныхъ выше работъ по денитрификаціи, считая удобреніе соломой на почвахъ черноземныхъ вреднымъ, утверждалъ, что большой пользы нужно ожидать при удобреніи не самой соломой, а продуктомъ ея перегниванія или же золой, которая получается при сжиганіи разбросанной соломы по полю; мотивировалъ онъ это тѣмъ, что при употребленіи свѣжей соломы вносится значительная масса углеводовъ и азотъ почвы идетъ на построеніе тѣла развивающихся въ большомъ количествѣ грибовъ и бактерій, а поэтому нитраты не накаплиются и высшія растенія чувствуютъ недостатокъ азота.

Значенія этихъ соображеній, дѣйствительно, отрицать нельзя; можно согласовать это объясненіе съ позднѣйшими наблюденіями, допуская, что имѣютъ мѣсто оба процесса— и денитрификація, и потребленіе азота въ смыслѣ Костычева при внесеніи матеріаловъ содержащихъ много клетчатки и пептозановъ. Дѣйствительно, въ нѣкоторыхъ опытахъ послѣдняго времени находимъ фактическое подтвержденіе этого двойственнаго расходванія азота нитратовъ при внесеніи органическаго вещества (Schneidewind, Pfeiffer и Lemmermann, Rogoyski).

---

<sup>1)</sup> Обработка и удобреніе чернозема, 1892.

Оказывается, что въ зависимости отъ условій и состава среды, большая или меньшая часть азота исчезающихъ нитратовъ *переводится въ органическое вещество* такъ что правильно говорить не о денитрификаціи только, а объ *исчезновеніи нитратовъ вообще* или по крайней мѣрѣ уменьшеніи ихъ количества. Для результата перваго года конечно безразлично, отчего произошло паденіе урожая: отъ денитрификаціи, или отъ указанного Костычевымъ процесса потребленія нитратовъ, но въ случаѣ второмъ, можно еще надѣяться на использование этого „ретроградировавшаго“ азота въ послѣдующіе годы, въ первомъ же случаѣ онъ теряется безвозвратно.

Pfeifer и Lemmerman <sup>1)</sup> полагаютъ, что въ вышеописанныхъ опытахъ съ соломой и каломъ (Меркера, Вагнера и др.) денитрификаціи собственно даже не принадлежала главная роль, а болыше значеніе имѣлъ переходъ растворимыхъ азотистыхъ соединений въ бѣлки и другія трудно растворимыя формы, а также быть можетъ прямой вредъ нѣкоторыхъ продуктовъ разложенія избыточно введеннаго органическаго вещества (подобныя указанія дѣлаетъ и Hiltner).

Во всякомъ случаѣ въ дѣйствительности гораздо рѣже будутъ встрѣчаться тѣ условія, какія наблюдали при вегетационныхъ опытахъ Вагнеръ и Меркеръ, такъ какъ вносятся обычно не свѣжая, а болѣе или менѣе перепрѣвшая солома экскременты, количества вносятся не столь большія, и время внесенія иное (не весной подъ яровое, а въ пару подъ озимое). Что перепрѣваніе даже втеченіе сравнительно малаго промежутка времени уже устраняетъ вредныя стороны дѣйствій соломы, видно изъ опытовъ П. С. Коссовича, въ которыхъ достаточно было 47 дневнаго разложенія, чтобы солома потеряла способность оказывать понижающее дѣйствіе на урожай <sup>2)</sup>).

<sup>1)</sup> Landw. Vers. Stat. Bd. 54.

<sup>2)</sup> См. Труды СПб. сельскохоз. лабораторіи, выпускъ V-й. Точно также въ вегетационныхъ опытахъ В. И. Сазонова конскій калъ, внесенный съ осени, оказывалъ не понижающее, а повышающее дѣйствіе (см. 3-й выпускъ трудовъ Ивановской станціи въ им. Харитонеико); этотъ фактъ интересенъ, какъ подтвержденіе ранѣе упомянутого соображенія, что въ большинствѣ вегетационныхъ опытовъ подавляющее вліяніе соломы сказалось рѣзче чѣмъ въ обычныхъ условіяхъ хозяйства главнымъ образомъ благодаря весеннему ея внесенію.

Въ работахъ С. Л. Франкфурта и В. П. Сазанова (1. с.) имѣются данныя о вліяніи различныхъ количествъ обычнаго въ хозяйствахъ (слѣд. довольно соломистаго) навоза на ходъ нитрификации въ черноземныхъ почвахъ и на урожай озимыхъ; оказалось, что ко времени посѣва озимыхъ количество нитратовъ не разнится существенно въ почвѣ унавоженной и не унавоженной:

	Питратный азотъ (миллиграммы на килограммъ)	
	1904 г.	1905 г.
Безъ удобренія . . . . .	24,9	26,5
1000 п. навоза. . . . .	30,5	30,1
2000 " " . . . . .	27,4	25,9
2500 " " . . . . .	26,6	36,8
3000 " " . . . . .	21,5	31,3
4000 " " . . . . .	23,6	31,9

Но все же этими цифрами врядъ ли можно пользоваться для обоснованія утвержденія, что денитрификация (= убыль нитратовъ) въ обычныхъ условіяхъ подъ вліяніемъ даже большихъ количествъ (хотя бы и соломистаго) навоза не происходитъ; очевидно, что въ означенныхъ случаяхъ имѣеть мѣсто борьба двухъ процессовъ, нитрификации и потребления нитратовъ; отъ внесенія доброкачественнаго навоза естественно ожидать черезъ извѣстный промежутокъ повышенія содержанія нитратовъ въ почвѣ, если же его не наблюдается, то значитъ процессъ нитрификации былъ замаскированъ обратными вліяніями и результатъ внесенія большихъ количествъ азотистыхъ соединений временно сведенъ на нѣтъ благодаря присутствію мало перепрѣвшей соломы; очевидно, благоприятное дѣйствіе въ этихъ случаяхъ скажется лишь позднѣе, когда исчезнетъ избытокъ внесеннаго неразложившагося органическаго вещества.

Мы касались пока только одной стороны дѣйствія навоза, именно вліянія его въ качествѣ азотистаго удобрения; является вопросомъ, насколько другія положительныя вліянія навоза (какъ химическія, такъ и физическія) проявляются параллельно съ использованиемъ азота.

Къ сожалѣнію, мы обладаемъ весьма небольшимъ числомъ цифровыхъ данныхъ по отношенію усвояемости другихъ со-

ставныхъ частей навоза; въ одномъ опытѣ Меркера констатировано было хорошее использование фосфорной кислоты въ первый же годъ (около 50% по сравненіи съ растворимой ф. к.), но насколько это показаніе можно обобщить — неизвѣстно<sup>1)</sup>. Относительно кали можно argiōi предполагать, что оно должно находиться главнымъ образомъ въ растворѣ (такъ какъ содержится въ жидкихъ выдѣленіяхъ по преимуществу) и потому обладать хорошей усвояемостью; въ согласіи съ этимъ стоятъ наблюденія Schneidewind'a, по которымъ картофель въ первый годъ усваиваетъ около 60%  $K_{2O}$ , введеннаго съ навозомъ. Но и для фосфорной кислоты и для кали желательны болѣе обстоятельныя опытыя данныя.

Нужно замѣтить, что чувствуется недостатокъ не только въ такомъ расчлененномъ учетѣ, но даже и въ суммарномъ учетѣ дѣйствія навоза; въ этомъ отношеніи желательны систематическіе опыты, ибо простыми записями въ хозяйствахъ, даже самыми точными, трудно пользоваться въ указанныхъ цѣляхъ, по той простой причинѣ, что остается недоказаннымъ тождество унавоживаемыхъ участковъ съ унавоживаемыми (часто даже завѣдомо этого равенства нѣтъ, если въ хозяйствѣ предпочитаютъ унавоживать чаще и сильнѣе „слабыя“ десятины, чтобы выровнять поля; см. по этому поводу статьи Н. И. Шатилова и Я. А. Фокина въ „Хозяинѣ“ за 1902 и 1903 г.г.).

Считается нормальнымъ количествомъ 2400 пудовъ навоза на десятину; но конечно естественно ожидать измѣненій этой нормы въ связи съ свойствами почвы, условіями предыдущей культуры, съ соображеніями рентабельности. Статистическія данныя показываютъ, что въ черноземной полосѣ навозъ кладется большими порціями, хотя примѣняется рѣже, въ нечерноземной же Россіи, гдѣ унавоживанье является необходимымъ дозы не столь велики<sup>2)</sup>. Врядъ ли это общее правило является результатомъ дѣйствительно общихъ причинъ; нужно думать, что часто въ черноземной полосѣ кладутъ излишне большія количества навоза на часть пароваго поля вмѣсто того, чтобы меньшими количествами удо-

<sup>1)</sup> На Шатиловской оп. станціи наблюдалось въ одномъ случаѣ использование около 65% (III отчетъ, 99).

<sup>2)</sup> См. „Распространенность навознаго удобренія въ Россіи“, X выпускъ „Свѣдѣній“ отдѣла с. х. экономіи и статистики (М. З. и Г. И.), 1901.

брить все паровое поле. Такъ, въ опытахъ С. Л. Франкфурта, произведенныхъ въ свеклосахарныхъ хозяйствахъ, 1000 п. навоза вызывала почти тотъ же приростъ урожая озимаго, какъ и 2500 п. (конечно, это относится къ землямъ, которыя уже „заправлены“ навозомъ въ предыдущіе годы); для того же, чтобы слѣдующій за озимымъ урожай свеклы не уступалъ урожаю по 2500 пудамъ навоза, требовалась прибавка нѣкотораго количества суперфосфата.

По Трухановскому <sup>1)</sup>, средняя оплата навоза въ черноземной полосѣ колеблется такимъ образомъ въ зависимости отъ дозы:

Дозы:	На 1 пудъ навоза получается прироста:	
	зерна	соломы.
1200 п. . . . .	1,17 фунта	3,30 ф.
1600 „ . . . . .	0,85 „	0,65 „
2400 „ . . . . .	0,48 „	0,69 „
3000 „ . . . . .	0,34 „	0,50 „

Эти данныя весьма приблизительны, ибо выведены изъ совокупности опытовъ, произведенныхъ въ разныхъ мѣстахъ и въ разные годы, но недостаточно многочисленныхъ и точныхъ.

*Вывозка навоза.* При нагрузкѣ навоза пользуются обыкновенно вилами; за границей употребляются иногда еще особые ножи съ пилообразнымъ лезвіемъ для отрѣзыванія вертикальныхъ слоевъ навоза.

Рекомендуется брать навозъ во всю высоту кучи, а не снимать слоями, чтобы не получить неравномѣрнаго по качеству распредѣленія навоза въ полѣ (такъ какъ верхніе слои будутъ менѣе разложившимися, какъ позднѣе поступившіе на гноище).

При вывозкѣ въ поле по возможности не слѣдуетъ оставлять навозъ лежать не запаханнымъ, въ обычныхъ небольшихъ кучахъ равномерно распредѣляемыхъ при сбрасываніи съ возовъ, передъ нослѣдующимъ ручнымъ разбрасываньемъ и запаханьемъ. Въ дождливую погоду такія кучи выщелачиваются дождемъ, растворимыя азотистыя вещества проникаютъ съ дождемъ въ почву и мѣсто подъ кучей ока-

<sup>1)</sup> Основы ученія объ удобреніи почвъ, Саратовъ, 1897 г., стр. 173.

зывается переудобреннымъ; при разбрасываніи остальныхъ части поля получать главнымъ образомъ солому, которая не окажетъ положительнаго или даже проявить только отрицательное дѣйствіе; слѣдствіемъ является типичная картина пестраго поля, на которомъ темной зеленью и пышнымъ ростомъ выдѣляются мѣста бывшихъ кучь, остальная часть поля покрыта растениями плохо развитыми и блѣдной окраски.

Точно также въ сухую погоду такія мелкія кучи теряютъ цѣнные азотистыя составныя части, такъ какъ они просыхаютъ и пропизываются воздухомъ, уносящимъ амміакъ.

Поэтому лучше навозъ нослѣ вывозки тотчасъ разбрасывать и захивать.

Если же почему либо вывозка навоза должна быть произведена тогда, когда запахать его нельзя (напр. поле занято растениями), то рекомендуется складывать навозъ съ краю поля въ большія кучи, которыя подстилаются и прикрываются землей, во избѣжаніи потерь жижи и летучихъ продуктовъ, и въ которыхъ навозъ продолжаетъ разлагаться также, какъ и на гноищѣ, до тѣхъ поръ пока возможно распредѣлить его по полю (что въ этомъ случаѣ связано съ вторичной нагрузкой и возкой).

Сказанное выше о мелкихъ кучахъ не относится въ такой мѣрѣ къ зимней вывозкѣ навоза: при суровыхъ зимахъ малыя кучи легко промерзаютъ и легко сохраняются безъ измѣненія до весны, такъ что потерь не происходитъ. По стояніи снѣга кучи остаются лежать какъ бы на ледяныхъ подставкахъ; приходится разбрасывать ихъ не сразу, а по мѣрѣ оттаиванья, которое замедляется и для почвы подъ кучами.

Многіе рекомендуютъ при вывозкѣ въ теплое время года разбрасывать навозъ по полю сейчасъ же и оставлять его лежать разбросаннымъ, если нельзя запахать тотчасъ; этотъ способъ можетъ быть и рациональнѣе, чѣмъ оставленіе навоза въ небольшихъ кучахъ, хотя хуже, чѣмъ заплата его немедленно вслѣдъ за вывозкой и раструской. Обычно утверждаютъ, что при этомъ потерь азота не происходитъ, такъ какъ почва поглощаетъ амміакъ; но это поглощеніе не можетъ быть полнымъ, если навозъ не смѣшанъ съ землей и лишь разбросанъ по поверхности; значительная часть амміака

уносится токомъ воздуха и въ почву не попадаетъ. Мало того, имѣются данныя, что потеря азота при обильномъ доступѣ воздуха не ограничивается аммиачнымъ азотомъ; Дегеренъ доказываетъ, что и въ этихъ условіяхъ возможны потери въ видѣ свободного азота. Что органическое вещество при окисленіи способно выдѣлять свободный азотъ, Дегеренъ обнаруживаетъ тѣмъ, что если пропускать воздухъ черезъ трубку съ навозомъ и улавливать аммиакъ, то количества N въ уловленныхъ продуктахъ + оставшійся N навоза неравны исходному количеству азота.

Дегеренъ въ одномъ изъ опытовъ протягивалъ черезъ трубку съ навозомъ, воздухъ обыкновенный и озонированный. Результаты опыта были таковы:

N въ навозѣ до опыта . . . . .	537 mlgr.
„ „ „ въ концѣ опыта . . . . .	413 „
„ поглощенного $H_2SO_4$ . . . . .	42 „
Недостаесть N противъ начальн. колич. его	81 „ или 15 <sup>0</sup> /о.

При пропусканіи озонированнаго воздуха не доставало 19<sup>0</sup>/о N. Слѣдовательно, при разложеніи органическаго вещества происходила потеря N не только въ формѣ  $NH_3$ , но и въ формѣ не поглощаемой сѣрной кислотой, вѣроятно же всего въ видѣ свободного N.

Deherain приводитъ нѣсколько опытовъ по сравненію дѣйствія навоза непосредственно запаханнаго и оставленнаго лежать на поверхности, и каждый разъ запахиваніе оказалось лучшимъ пріемомъ; вотъ примѣры:

	Навозъ тотчасъ запаханъ.	Навозъ остав. лежать на полѣ.
Кукуруза на зелен. кормъ 1878 г.	78,000	71,600 kg.
„ „ „ „ 1879 „	87,000	58,000 „
Картофель . . . . . 1878 „	202	188 „
„ „ „ „ 1879 „	275	257 „

Для нашихъ условій имѣемъ опытъ Я. М. Жукова (им. Харитоненко) съ озимыми; навозъ частью запахивался тотчасъ, частью оставался лежать или разбросаннымъ въ мелкихъ кучахъ въ теченіе мѣсяца и лишь послѣ этого задѣлывался; вотъ результаты:

	а) всѣ участки вспашаны при вывозкѣ.	б) вспашка произв. лишь при задѣлкѣ навоза.
Навозъ оставленъ въ кучахъ	120 п. зерна	8 п. зерна
„ разброс. по поверх.	160 „ „	120 „ „
„ тотчасъ запаханъ .	183 „ „	(183) „ „

И здѣсь непосредственная запашка дала лучшіе результаты, нежели оставленіе навоза разбросаннымъ на значительный срокъ; всего же хуже, конечно, было оставить навозъ въ маленькихъ кучкахъ, безъ предварительной вспашки, такъ какъ здѣсь къ плохому использованию удобренія присоединилось еще изсушеніе почвы.

Въ засушливомъ климатѣ мыслима даже наличность условій, при которыхъ прикрытіе поля навозомъ дастъ болѣе благоприятный результатъ, но въ силу сторонней причины. Разбросанный по полю навозъ задерживаетъ высыханіе почвы, дѣйствуя какъ всякій мертвый покровъ, и наблюдаемое въ этихъ случаяхъ болѣе благоприятное дѣйствіе его должно быть отнесено не на счетъ утилизациі азота при этомъ способѣ, а на счетъ уменьшенія испаренія воды почвой; въ этомъ и заключается благоприятное дѣйствіе лежанія навоза незапаханнымъ, иногда дѣйствительно наблюдающагося; тутъ уже дѣло не въ удобреніи, а въ сохраненіи влаги.

На задѣлкѣ навоза и послѣдующихъ операціяхъ не будемъ останавливаться, такъ какъ онѣ излагаются въ ученіи объ обработкѣ почвы.

Упомянемъ еще объ одномъ случаѣ прямого примѣненія экскрементовъ травоядныхъ для удобренія— о *толокнѣ*. Способъ состоитъ въ томъ, что животныя (обыкновенно овцы) стоняются на почъ на мѣсто, которое имѣется въ виду удобрить; оставшіеся послѣ почевки экскременты запахиваются. При такомъ способѣ устраняется необходимость перевозки навоза, употребленіе подстилки и устройство специальныхъ приспособленій для храненія навоза и избѣгаются потери. Для экстенсивныхъ хозяйствъ съ обширнымъ овцеводствомъ, этотъ пріемъ заслуживаетъ вниманія. Считаютъ сильнымъ удобреніемъ, если овцы проводятъ 12 часовъ на одномъ мѣстѣ при густотѣ 4-хъ штукъ на 1 кв. саж.; нормальнымъ же удобреніемъ считаютъ уже 6 часовъ такого пребыванія. Хотя во вѣсу получается даже въ первомъ случаѣ лишь

половинное количество экскрементовъ по сравнению съ нормальнымъ навознымъ удобрениемъ, но эффектъ его значителенъ, такъ какъ здѣсь дѣйствуетъ главнымъ образомъ N жидкой части экскрементовъ, безъ утратъ попадающей въ почву и не сопровождаемой массой соломы.

Тотчасъ послѣ удобрения толокой поле перепахивается; иногда рекомендуютъ и предварительно предъ ночевкой вспахать удобряемое мѣсто, но при этомъ овцы сильнѣе грязнятся.

### К о м п о с т ь .

Компостъ представляетъ смѣсь, съ одной стороны, веществъ разлагающихся и доставляющихъ элементы пищи растения, а съ другой такихъ веществъ, которыя могутъ удерживать, предохранять отъ потерь продукты разложенія. Въ составъ компостной кучи могутъ входить самые разнообразные матеріалы, которые или представляютъ животные отбросы, испуточно получающіеся въ хозяйствѣ, напр., труны навшихъ животныхъ, кости, рога, копыта, шерсть, вредныя пасѣкомыя, если они скопляются при уничтоженіи въ значительныхъ количествахъ, или же представляютъ отбросы растительнаго происхожденія, напр., испортившіеся корма, сорныя травы, опилки, (кострика) и пр. Далѣе въ компостъ воступаютъ разные отбросы усадьбы, какъ соръ со двора, часто богатый органическими веществами, зола изъ печей, экскременты и пр.,—все это съ пользой можно употребить при устройствѣ компоста.

Важной составной частью компостной кучи, имѣющей цѣлью поглощеніе продуктовъ разложенія является земля, которая въ этихъ цѣляхъ должна обладать значительной влагоемкостью и содержать по возможности значительное количество органическихъ веществъ. Для этой цѣли является пригодной земля съ примѣсью растительныхъ остатковъ, какъ земля изъ канавъ, пыль отъ очистки улицъ, содержащая до 0,2% азота; (кромѣ того указываютъ, что уличная и дорожная пыль содержитъ еще и нѣкоторое количество кали, получающагося изъ обломковъ камней съ шоссе, но усвояемость этого  $K_2O$  невелика). Въ тѣхъ же цѣляхъ употребляется и горфъ, обладающій значительной поглотительной способностью и содержащій органическія вещества, способ-

пыя при наличности оснований и изобилии микроорганизмов также приходит въ разложеніе въ компостъ. Это относится въ особенности къ азотистымъ веществамъ, азотъ которыхъ можетъ перейти въ амміакъ и нитраты подѣ дѣйствіемъ нитрифицирующихъ бактерій въ компостъ. Торфъ въ зависимости отъ происхожденія содержитъ много или мало зольныхъ веществъ. Моховой торфъ, часто состоящій изъ малоизмѣнившихся растений (*Sphagnum*), содержитъ мало золы, а луговой, въ образованіи котораго участвуютъ злаки и осоки, содержитъ значительное количество ея. Встрѣчающійся иногда вивіанитовый торфъ, благодаря содержанию фосфорнокислой закиси желѣза, можетъ служить для обогащенія компоста фосфорной кислотой.

Далѣе въ составъ компоста могутъ входить самые разнообразные матеріалы, но стараются подбирать ихъ такимъ образомъ, чтобы съ матеріалами скоро разлагающимися, напр., мясными отбросами не вносить въ одну и ту же кучу веществъ очень трудно разлагающихся, такъ какъ это ведетъ къ затрудненію опредѣленія времени спѣлости компоста и къ напраснымъ потерямъ питательныхъ веществъ. Для веществъ медленно разлагающихся можно закладывать отдѣльныя (подготовительныя) кучи.

При приготовленіи компоста матеріалы тщательно измельчаются, перемѣшиваются и увлажняются или водой, или навозной жижой (послѣдняя, кромѣ питательныхъ веществъ вносить и ферменты для разложенія). Относительно формы кучъ, въ какія укладываются матеріалы для компоста, обычно даются такія указанія: при произвольной длинѣ имъ придаютъ ширину 5—6 фут., и высоту около  $\frac{1}{2}$  сажени (въ видѣ трапеціи въ поперечномъ разрѣзѣ).

Уходъ состоитъ въ поливаніи и перелопачиваніи для перемѣшиванія и для доставленія доступа воздуха внутрь кучи.

Время, необходимое для того, чтобы матеріалы вполне перегнили и компостъ былъ годенъ къ употребленію, различно въ зависимости отъ составныхъ его частей и простирается отъ нѣсколькихъ мѣсяцевъ до 2 лѣтъ. Критеріемъ спѣлости является однородность компостной массы.

Компостъ является довольно универсальнымъ удобреніемъ. Охотно примѣняется компостъ тамъ, гдѣ навозъ мало удобенъ, напр., при удобреніи луговъ; навозъ зѣсь можетъ

вызвать этиологирование растений въ теплое время года, а компостъ можно распределить болѣе равномерно. Компостъ обычно представляетъ собою скородѣйствующее удобрение и дѣйствие его по большей части ограничивается однимъ годомъ.

### Городскія нечистоты.

Значительная часть продуктовъ полеводства (прямо или непрямо) идетъ въ пищу человѣку, слѣдовательно, выдѣленія человеческого организма должны содержать большія количества азота и зольныхъ составныхъ частей, взятыхъ растениями изъ почвы. Сравнительно съ изверженіями травоядныхъ, отбросы человеческого организма должны быть процентно богаче (считая на сухое вещество) азотомъ и фосфорной кислотой, во-первыхъ потому, что пища человѣка богаче бѣлками, чѣмъ кормъ травоядныхъ. Если, напр., въ пицѣ животныхъ (свинѣ) содержится 1,5% азота, считая на сухое вещество, то въ пицѣ человѣка его бываетъ отъ 2—3% (зерна хлѣбовъ) до 15% (мясо). Во-вторыхъ, пища эта лучше переваривается, значить большая часть ея окисляется, давая въ Н<sub>2</sub>O и СО<sub>2</sub>, а потому оставшаяся еще больше обогащается процентно азотомъ, чѣмъ въ организмѣ травоядныхъ. Въ связи съ родомъ пищи непереваримые остатки ея, плюсь сухое вещество мочи могутъ содержать до 15% азота, который здѣсь иначе распределяется между твердыми и жидкими изверженіями: въ сухомъ веществѣ твердыхъ выдѣлений содержится 2,5% N; кромѣ того, у человѣка вторыя по массѣ сильно преобладаютъ надъ первыми, въ отличіе отъ травоядныхъ. Такъ, для лошади выдѣленія кишекъ относятся къ выдѣлениямъ почекъ (сырой массѣ) какъ 5 : 1, а у человѣка 1 : 9; такое же обратное отношеніе сохраняется и для *сухихъ веществъ*.

Въ среднемъ человѣкъ выдѣляетъ въ сутки около 133 граммовъ твердыхъ изверженій и 1200 гр. жидкихъ; въ нихъ содержится:

	въ твердыхъ	въ жидкихъ.
Сухого вещества .	25 gr.	50 gr
азота . . . . .	2 "	12 "
зоны . . . . .	4,5 "	14 "
фосфорн. кислоты .	1,35 "	1,78 "
К O . . . . .	0,64 "	2,29 "

Такимъ образомъ, большая часть азота содержится въ жидкихъ выдѣленіяхъ. Но для цѣлей утилизаціи важно кромѣ абсолютныхъ количествъ знать и процентный составъ, зависящій болѣе всего отъ содержанія воды. Оказывается, что примѣсью воды матеріалы эти обезцѣнены въ значительной мѣрѣ; такъ составъ ихъ таковъ:

	Твердые изверж.	Жидкія.	Смѣсь ихъ.
H <sub>2</sub> O	75%	95%	93%
N	1,5 "	1 "	1 " и меньше.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,0 "	0,15 "	0,2 "
K <sub>2</sub> O	1,5 "	0,18 "	0,1 "

Содержаніе питательныхъ веществъ въ этихъ отбросахъ зависитъ отъ рода потребляемой пищи и способа уборки ихъ. Чѣмъ лучше пища, тѣмъ богаче азотомъ экскременты, если они одинаковымъ образомъ собираются. Мюнцъ при изслѣдованіи отбросовъ изъ жилищъ зажиточнаго класса находилъ азота 0,869%, фосфорной кислоты 0,324%, а изъ жилищъ рабочаго класса азота 0,549, фосфорной кислоты 0,167; кали было въ 1½ раза меньше въ послѣднемъ случаѣ.

Но обыкновенно, чѣмъ культурнѣе населеніе, тѣмъ больше оно употребляетъ воды; въ такомъ случаѣ отбросы разжижаются и получается обратная картина содержанія питательныхъ веществъ, благодаря значительному количеству прибавляемой къ экскрементамъ воды: отбросы классовъ лучше питающихся содержатъ часто меньше N и P (процентно), благодаря сильному разжиженію.

Составъ отбросовъ употребляемыхъ на удобреніе различенъ въ зависимости отъ способа уборки ихъ. Самый простой—это система выгребныхъ ямъ, но она неудобна какъ со стороны санитарной, такъ и съ точки зрѣнія полученія удобренія, такъ какъ приэтомъ заражается почва, вывозка производится недостаточно часто, поэтому происходитъ усиленное разложеніе азотистыхъ веществъ, выдѣляется масса газовъ, портящихъ воздухъ и теряется значительное количество азота.

Система подвижныхъ ящиковъ или бочекъ, когда экскременты собираются въ вывозные резервуары и удаляются по мѣрѣ накопленія, будучи лучше первой въ своихъ указан-

ныхъ отношеніяхъ, оказывается очень обременительной для хозяйства большихъ городовъ, такъ какъ требуетъ значительнаго количества подводъ для своевременнаго удаленія нечистотъ.

Въ Голландіи въ большихъ городахъ примѣняется пневматическая канализація Лирнура (которую не слѣдуетъ смѣшивать съ обычной славной канализаціей). Центральный резервуаръ соединенъ сътью трубъ съ частными резервуарами отдѣльныхъ домовъ; для удаленія нечистотъ выкачиваютъ воздухъ изъ центральнаго резервуара, а потомъ открываютъ краны трубъ частныхъ резервуаровъ и нечистоты давленіемъ воздуха поступаютъ въ общій резервуаръ. При такомъ способѣ собранія нечистотъ избѣгается ихъ разложеніе и экскременты собираются свѣжими въ цементный резервуаръ, откуда они или поступаютъ въ продажу огородникамъ, или же высушиваются для приготовленія пудрета.

Къ экскрементамъ примѣшиваютъ иногда вещества дезинфицирующія или по крайней мѣрѣ устраняющія развитіе неприятно пахнущихъ газовъ; такъ, употребляютъ желѣзный купоросъ  $FeSO_4$ , который рекомендуется какъ средство, связывающее одновременно и амміакъ, и сѣроводородъ. Его требуется около 10 килогр. на человѣка въ годъ для того чтобы лишить экскременты свойственнаго имъ запаха. Кроме того употребляютъ сѣрнокислый цинкъ, гипсъ; поглощающимъ средствомъ служить часто земля (250 килогр. на человѣка въ годъ), а особенно торфяной порошокъ (60 килогр.), мѣстами примѣняютъ соломенную рѣзку, опилки, шерстяные отбросы и т. д. Въ Китаѣ встрѣчается такой способъ: экскременты смѣшиваются съ глиной, формуются въ плитки, высушиваются и въ такомъ видѣ поступаютъ въ продажу, какъ матерьялъ удобный для обращенія и перевозки.

Въ Европѣ изъ этихъ отбросовъ готовятъ пудреты, т. е. высушиваютъ ихъ и превращаютъ въ порошокъ, чтобы избавиться отъ массы воды и сдѣлать удобреніе выносящимъ перевозку на большія разстоянія. Самый простой способъ приготовленія пудрета состоитъ въ томъ, что матерьялъ помѣщается въ ямахъ, отстаивается, жидкость удаляютъ, осадокъ выкладываютъ на края ямы и даютъ высохнуть. Высыханіе в. вагоемкой массы идетъ медленно, сопровождается

сильнымъ разложениемъ, теряется масса амміака. Полученный матеріалъ содержитъ до 2% азота и 4% фосфорной кислоты. Примѣняютъ при сушеніи иногда торфяный порошокъ и другіе матеріалы, позволяющіе уменьшить потери азота. Иногда сушеніе производится съ прибавленіемъ кислотъ для задержанія  $\text{NH}_3$ , прибавляютъ также суперфосфатъ; тогда продуктъ часто обозначаютъ именемъ искусственнаго гуано. Но въ такихъ случаяхъ обыкновенно примѣняется уже удаленіе воды выпариваніемъ.

Подъ Парижемъ, напр., практикуется отчасти такой способъ утилизации нечистотъ: вся масса безъ отстаиванія подвергается отгонкѣ съ примѣсью  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , амміакъ улавливается сѣрной кислотой и поступаетъ въ продажу какъ  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ; остальная масса отстаивается, выдѣляя осадокъ и слой жидкости вверху; послѣдняя сливается, а осадокъ сушатъ, предварительно подвергая центрофигурованію. Не пользуется весьма полно въ такихъ случаяхъ азотъ (частью въ дистиллятѣ, частью въ осадкѣ въ органическомъ веществѣ) и фосфорная кислота (въ осадкѣ, въ соединеніи съ известью), лишь кали удаляется съ водами, какъ менѣе цѣнный матеріалъ и труднѣе выдѣляемый.

Пудреть обычно содержитъ азотъ въ формѣ используемой растениями лучше, нежели азотъ навоза. Такъ, въ первый годъ изъ пудрета переходитъ въ усвояемое состояніе до 50—60% азота.

Въ Голландіи при употребленіи необработанныхъ (сырыхъ) нечистотъ, ихъ по доставкѣ изъ города помѣпаютъ въ резервуары, разбавляютъ водой и прибавляютъ къ нимъ навозной жижи или еще чего либо, способнаго внести элементы пици растенія (жмыхи). Подготовленные броженіемъ жидкостью пользуются, поливая ею осенью вспаханныя поля.

Нечистоты представляютъ удобреніе по преимуществу азотистое и могутъ употребляться подъ хлѣба, травы, прядильныя растенія, кормовые корнеплоды; подъ сахарную свеклу ихъ нельзя употреблять, такъ же какъ и подл лучшіе сорта табака, въ виду значительнаго содержанія хлористыхъ солей и избытка азота. Лучше всего употреблять нечистоты подъ огородныя культуры, что и примѣняется съ значительнымъ успѣхомъ во многихъ мѣстахъ. Удобреніе это довольно быстро дѣйствуетъ, но не надолго и должно повторяться часто. При

употреблені екскрементовъ въ качествѣ удобрительнаго матеріала нерѣдко замѣчалось неблагопріятное ихъ дѣйствіе на физическія свойства почвъ, напр., глинистыя почвы подъ ихъ вліяніемъ становятся болѣе наклонными сплываться, что объясняется отчасти содержащемъ поваренной соли; на торфяныхъ почвахъ, наоборотъ, они оказывали благопріятное (уплотняющее) вліяніе.

Легкости передвиженія и перемѣщенія городскихъ отбросовъ можно достигнуть и средствомъ противоположнымъ высушиванью— сильнымъ разжиженіемъ ихъ, такъ чтобы масса могла двигаться по канавамъ какъ оросительная вода. Это канализаціонная система удаленія нечистотъ. Въ такихъ случаяхъ жидкость содержитъ немного сухихъ веществъ: напр., въ канализаціонныхъ водахъ Парижа содержится всего отъ 2 до 3 частей сухихъ веществъ на 1000.

Это смѣшиваніе отбросовъ съ водой сначала производилось съ цѣлю удаленія ихъ изъ городовъ. Города спускали экскременты вмѣстѣ съ дождевыми и др. водами и направляли или въ большія рѣки, какъ, напр., Сену въ Парижѣ, или въ море, какъ въ Лондонѣ. Опытъ показалъ, что такой способъ удаленія нечистотъ сильно вредитъ органической жизни рѣкъ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ спускаются нечистоты: рыба перестаетъ водиться на значительномъ протяженіи, количество раствореннаго кислорода сильно понижается, бактерій—увеличивается. Съ цѣлю обезвредить эти нечистоты пробовали фильтровать ихъ, но при этомъ задерживаются только механически взвѣшенные части, химическіе способы осажденія давали малоцѣнные неиспользуемые осадки. Лучшимъ оказалось фильтрованіе канализаціонныхъ водъ черезъ почву; процѣживанье черезъ эту среду населенную микроорганизмами и порозцію не является механической операціей, оно связано съ рядомъ химическихъ превращеній въ фильтруемой жидкости, главнымъ образомъ вызванныхъ дѣятельностью микроорганизмовъ; органическое вещество подвергается окисленію, его азотъ переходитъ въ форму азотно-кислыхъ солей; окисленная жидкость является освѣтленною и обезвредною. Этимъ фильтрованіемъ и воспользовались съ цѣлями сельскохозяйственными, какъ средствомъ удобренія.

Поля орошенія существуютъ теперь во многихъ большихъ городахъ Европы, по вездѣ цѣль обезвреживанья является

первенствующей, а сельскохозяйственная — побочной: такъ, въ Парижѣ въ годъ на десятину этихъ полей доставляется до 50.000 куб. метр жидкости, что въ переводѣ на навозъ по азоту равняется 30.000 пуд. Подъ Парижемъ для полей орошенія нѣтъ достаточнаго количества земли, поэтому используется только около  $\frac{1}{4}$  всѣхъ отбросовъ; остальная часть ихъ еще и теперь идетъ въ Сену. На поляхъ орошенія развита главнымъ образомъ огородная культура; культурныя растенія хорошо удаются, находятъ себѣ обезпеченный сбытъ и арендная плата за землю орошаемую нечистотами постоянно растетъ. Урожай получаются громадные, такъ свекла, напр., даетъ до 6000 п.

Въ большихъ размѣрахъ устроены поля орошенія въ Берлинѣ; поля эти занимаютъ до 10000 дес. и на нихъ поступаютъ отбросы отъ  $1\frac{1}{4}$  милліона жителей; въ среднемъ на человѣка поступаетъ до 100 литръ жидкости. (При расчетѣ площади полей орошенія принимаютъ 350 человѣкъ на 1 дес. поля). Если перечислить все количество жидкости, поступающей на 1 десятину, на навозъ по азоту, то окажется, что оно отвѣчаетъ 18000 пуд. навоза; слѣдовательно и здѣсь доставляется громадный избытокъ питательныхъ веществъ на десятину, въ виду того, что желаютъ на единицу площади обезвредить возможно большее количество нечистотъ; слой воды, который профильтровывается черезъ почву, не считая осадковъ атмосферы, равняется  $1\frac{1}{2}$  метрамъ.

Въ Берлинѣ на поляхъ орошенія сначала заведена была мелкая культура; сѣялись главнымъ образомъ овощи — свекла, морковь, картофель. Однако, скоро явилось затрудненіе въ сбытѣ отчасти по предубѣжденію, отчасти и потому, что овощи эти дольше не вызрѣвали, благодаря значительному количеству влаги и азотистыхъ веществъ, слѣдовательно, позднѣе поступали на рынокъ, а при сохраненіи скорѣе портились (хотя по опытамъ въ Одессѣ этого не наблюдается). Тогда тамъ стали культивировать растенія, допускающія постоянный сбытъ въ большихъ количествахъ, напр., капусту, которую заквашиваютъ въ значительныхъ количествахъ (для арміи и пр.), а также и кормовую свеклу (для конюшенъ конно-желѣзныхъ дорогъ). Растенія эти культивируются на грядахъ, а между грядами пропускается канализаціонная вода.

Травы оказались тоже очень благодарными за такое оро-

шеніе, въ особенности итальянскій рейграссъ, тимофеевка, англійскій рейграссъ, ежа; онѣ даютъ 5—6 укосовъ, въ свѣжемъ видѣ охотно поѣдаются скотомъ безъ какого либо вреда для молочной производительности и даже качества молока. Но сѣно съ такихъ мѣстъ не такъ легко просыхаетъ при уборкѣ (по наблюденіямъ въ Берлинѣ), а затѣмъ отмѣчаютъ въ немъ очень высокое содержаніе нитратовъ и хлористыхъ солей <sup>1)</sup>.

Кромѣ огородной культуры и орошаемыхъ луговъ часть площади приходится отводить подъ зимніе бассейны. Температура воды повышаетъ температуру земли и фильтрованіе продолжается всю зиму <sup>2)</sup>. Эти бассейны впоследствии подвергаются культуру, но иногда приходится оставлять ихъ на годъ подъ чернымъ паромъ, такъ какъ поверхность почвы покрывается пленкой различныхъ остатковъ (главнымъ образомъ растительныхъ волоконъ), которая мѣшаетъ проникновению воздуха внутрь, а потому приходится усиленно заботиться объ ускореніи разложенія.

Кромѣ перечисленныхъ видовъ пользованія, поливаемые площади засаживаются ольхой, плодовыми деревьями, ягодными кустарниками и т. п.

Въ Одессѣ поля орошенія устроены на „Пересыпи“, почва которой состоитъ изъ извести и кварцеваго песка (до 98% въ суммѣ); она въ естественномъ состояніи часто бесплодна влѣдствіе отсутствія питательныхъ веществъ, а мѣстами влѣдствіе близости соленой воды. Орошеніе сточными водами уничтожаетъ соленость и обогащаетъ почву питатель-

---

<sup>1)</sup> Такъ Volhard нашель около 1,5% Cl и 0,45% нитратнаго N въ воздушно сухой массѣ (Landw. Vers. Stat., Bd. LXVIII). Довольно большой рядъ наблюденій надъ разными культурами сообщенъ въ статьѣ Josef Gyárfás (Z. f. Versuchswesen in Oesterreich, 1906); своеобразно между прочимъ, что по этимъ наблюденіямъ люцерна оказалась растеніемъ, хорошо использующимъ орошеніе сточными водами (отмѣчается отсутствіе клубеньковъ).

<sup>2)</sup> Это согрѣвающее вліяніе сточныхъ водъ можетъ быть использовано для удлинненія вегетационнаго періода и увеличенія числа укосовъ, которое напр. подъ Миланомъ доходитъ до 10; лучше участки такихъ орошаемыхъ и зимою луговъ (marcita) даютъ тамъ до 1800 пудовъ сѣна въ годъ за 10 укосовъ, которые спимаются ежемѣсячно, кромѣ декабря и января (смотри объ этомъ статью автора въ Вѣстникѣ С. Х. за 1905 г., № 9-п).

ными веществами. Опыты огородной культуры удались очень хорошо и дѣло начало быстро расширяться <sup>1)</sup>.

Культура на поляхъ орошенія въ Москвѣ дала хорошіе результаты для капусты, свеклы, огурцовъ и другихъ овощей, затѣмъ для виковой смѣси, кукурузы на кормъ и злаковыхъ кормовыхъ травъ <sup>2)</sup>.

---

<sup>1)</sup> См. статьи *Селиванова* (Записки Ново-Александр. Инст; т. XII) и *Бычина* (Записки Общества С. Х. Южной России 1893 г.).

<sup>2)</sup> См. „Объ организаціи полей орошенія г. Москвы“, проф. Вильямса (1899 и 1901).

## Косвенныя удобрения.

Къ числу косвенныхъ удобрительныхъ средствъ относятся такія, которыя вносятся въ почву не съ цѣлью прямого обогащенія ея элементами пищи растений, но для того, что бы вызвать въ ней рядъ реакцій, слѣдствіемъ которыхъ является освобожденіе питательныхъ веществъ изъ запасовъ почвы, переходъ ихъ въ растворимую форму.

### Поваренная соль.

Типичнымъ косвеннымъ удобрениемъ можно считать *поваренную соль*, потому что въ составъ ея не входятъ элементы, безусловно необходимые для жизни растенія. Какъ таковая, поваренная соль теперь рѣдко употребляется на удобрение, но она вносится иногда неволью (напр. какъ составная часть стассфуртскихъ солей), а потому съ дѣйствіемъ ея нелишне познакомиться.

Изъ ученія о поглотительной способности почвъ мы знаемъ, что при введеніи соли одного основанія въ почву вытѣсняется большее или меньшее количество другого основанія изъ цеолитовъ; извѣстно, что можно такимъ путемъ даже превратить одинъ видъ цеолита въ другой, калиевый, напр., въ натровый, если дѣйствовать повторно большими количествами солей натрія. Поэтому внесеніе солей натрія въ почву имѣетъ косвенное значеніе, такъ какъ при этомъ вытѣсняется извѣстное количество кали изъ запаса почвы.

Это видно изъ данныхъ такого опыта Франка: высокіе цилиндры (до 6 ф.) наполнялись почвой и эта почва промывалась чистой водой до удаленія всѣхъ растворимыхъ веществъ. Погомъ почва промывалась растворомъ солей калия въ одномъ случаѣ и растворомъ солей калия и натрія въ смѣси въ другомъ. Если вводитъ только калий, то онъ по-

глощается въ верхнихъ слояхъ почвы, а если примѣшать соль натрія, то соли калия проходятъ и въ болѣе глубокие слои.

Такъ какъ внесеніе поваренной соли отчасти возмѣщаетъ калийное удобреніе, то это и является главной причиной, почему хлористый натрій вызываетъ иногда благопріятные результаты послѣ внесенія. Но хлористыя соли на многія растения дѣйствуетъ неблагопріятно (картофель); только нѣкоторыя группы растений относятся къ нему (до извѣстныхъ нредѣловъ) безразлично. Замѣчено, что болѣе благопріятно дѣйствуетъ NaCl на пряильныя растения и кормовыя травы; это ставятъ въ связь съ тѣмъ что это удобреніе способствуетъ развитію стеблевыхъ органовъ (въ которыхъ преобладаетъ калийныя соли). Такъ, въ одномъ опытѣ, на неудобренныхъ участкахъ клевера, напр., ‰ стеблей въ массѣ урожая равнялся 32<sup>о</sup>, послѣ удобренія NaCl ‰ стеблей повысился до 52<sup>о</sup>.

#### И з в е с т ь .

Болѣе важнымъ косвеннымъ удобреніемъ является *известь*; хотя известь представляетъ необходимое для развитія растеній вещество <sup>1)</sup>, но если она вносится въ почву какъ удобреніе, то главнымъ образомъ для побочныхъ воздѣйствій на почву. Дѣло въ томъ, что прямое потребленіе извести невелико, какъ видно изъ слѣдующихъ сопоставленій:

Въ зернахъ	пшеницы	извести	около	0.06	‰
"	"	ржи	"	"	0.105 "
"	"	гороха	"	"	0.12 "
"	соломѣ	злаковъ	"	"	0.26 "
"	"	гороха	"	"	1.86 "

Слѣдовательно, обычныя растения полевой культуры—хлѣбныя злаки содержатъ мало извести въ урожаѣ, гораздо меньше чѣмъ фосфорной кислоты и кали; кромѣ того съ навозомъ значительная часть извести, находящейся главнымъ образомъ

<sup>1)</sup> О значеніи кальція для растений см. у *Bruch'a*, Landw. Jahrbücher XX, 1901, III Supplement; также у *И. Коновалова*, „Къ вопросу о физиологическомъ значеніи Са“, Извѣстія Кіевскаго Политехнич. Института 1907.

въ соломѣ, обратно вывозится на поля, а отчуждается съ зерномъ сравнительно небольшое количество ея, почвы мало истощаются съ этой стороны. Потребленіе извести въ урожаѣ на десятину для ржи равно приблизительно 8 килогр. СаО, для бобовыхъ больше (для гороха 67, а для люцерны даже до 247 килогр.). Въ почвѣ же извести содержится больше, чѣмъ  $K_2O$  и  $P_2O_5$ , поэтому нужда въ ней, какъ въ прямомъ питательномъ веществѣ, наблюдается рѣдко; но известь необходима въ почвѣ для другихъ функций.

Въ почвѣ известь встрѣчается въ различныхъ формахъ и оказываетъ рядъ полезныхъ воздѣйствій: нейтрализуетъ кислоты перегнойныя и кислоты, образующіяся при нитрификаціи, вступаетъ въ реакцію съ кислыми соединениями при внесении суперфосфатѣ и т. п. Кромѣ обычно встрѣчающейся углекислой извести въ почвѣ находятся кремнекислыя соединенія извести, но онѣ мало доступны и мало принимаютъ участія въ химизмѣ почвы, если находятся въ силикатахъ безводныхъ; лишь въ формѣ цеолитовъ эти кремнекислыя соединенія извести могутъ играть видную роль въ реакціяхъ обмѣна.

Часть извести связывается въ почвѣ перегнойными кислотами; эта часть не равноцѣнна  $CaCO_3$ ; обычно рекомендуется опредѣлять не всю известь извлекаемую кислотами, но лишь форму  $CaCO_3$ , какъ болѣе „дѣятельную“. Нѣкоторое количество извести прочно связано съ органическимъ веществомъ почвы, и становится растворимымъ въ кислотахъ только послѣ прокаливанья ея; но количество извести въ этой формѣ представляетъ лишь очень малую долю отъ общаго ея количества (за исключеніемъ торфянистыхъ почвъ). Затѣмъ известь находится, въ почвѣ отчасти въ видѣ фосфорнокислой, сѣрнокислой, азотнокислой, менѣе — въ видѣ  $CaCl_2$  и  $CaI_2$ .

Кромѣ разнообразныхъ химическихъ вліяній, известь имѣетъ нѣкоторое вліяніе на физическія свойства почвы; растворъ солей извести способенъ осаждать илъ или препятствовать ему переходить въ взмученное состояніе.

Какое содержаніе извести въ почвѣ нужно считать нормальнымъ и при какомъ въ почвѣ замѣчается въ ней недостатокъ? — Въ отвѣтъ на это нельзя указать постоянныхъ цифръ, потому что въ зависимости отъ состава почвы различныя количества извести могутъ оказаться необходи-

мыми <sup>1)</sup>). Можно сказать, что чѣмъ больше содержитъ почва ила, тѣмъ болѣе нуждается она въ извести; Мюнцъ полагаетъ, напр., что желательно присутствіе отъ 4 до 5 <sup>0</sup>/<sub>0</sub> извести для почвъ глинистыхъ и до 1 <sup>0</sup>/<sub>0</sub> для почвъ песчаныхъ.

Но эти цифры слишкомъ высоки; дѣйствительность обнаруживается значительно меньшее содержаніе извести въ культурныхъ почвахъ. Такъ, по изслѣдованію D. Meyer'a для значительной серіи почвы Германіи оказалось содержаніе извести въ среднемъ для тяжелыхъ почвъ равнымъ 0,65 <sup>0</sup>/<sub>0</sub>, а для легкихъ—0,33 <sup>0</sup>/<sub>0</sub>; при этомъ обнаружилось, что лишь меньшая часть извести находится въ формѣ углекислой; въ среднемъ для тяжелыхъ почвъ 26 <sup>0</sup>/<sub>0</sub> и для легкихъ—около 20 <sup>0</sup>/<sub>0</sub> отъ всего ея количества. Это показываетъ, насколько опредѣленіе извести по углекислотѣ отличается отъ общаго содержація извести въ почвѣ. D. Meyer показалъ затѣмъ, что количество такъ наз. „дѣятельной“ извести точно также не измѣряется только количествомъ углекислой извести, но и известъ водныхъ силикатовъ (цеолитовъ) играетъ замѣтную роль въ реакціяхъ почвъ (см. примѣчаніе на стр. 32-й).

Обычнымъ удобреніемъ является известъ въ формѣ CaO. Такъ какъ она встрѣчается въ природѣ обыкновенно въ видѣ CaCO<sub>3</sub> (известняки), въ трудно измельчаемомъ состояніи (что неудобно для ея распредѣленія), то ее обжигаютъ, хотя это обжиганіе не имѣетъ въ виду только достиженіе этой цѣли; известъ послѣ обжиганія, переходя въ форму CaO, становится энергичнѣе со стороны ея воздѣйствія на соединенія почвы; кромѣ того при обжиганіи теряется 44 <sup>0</sup>/<sub>0</sub> ея вѣса (выдѣленіе CO<sub>2</sub>), что имѣетъ извѣстное значеніе еще и въ смыслѣ удешевленія перевозки; такая обожженная известъ разсыпается въ мелкій порошокъ при гашеніи, сильно увеличиваясь въ объемѣ.

При употребленіи различаютъ известъ тощую отъ жирной. Чѣмъ меньше въ извести песку и другихъ постороннихъ при-

---

<sup>1)</sup> Между прочимъ по мнѣнію Loew'a имѣетъ значеніе не столько установленіе абсолютныхъ нормъ, сколько выясненіе соотношенія между известью и другими составными частями почвы; Loew полагаетъ, что отношеніе между количествами извести и магнезій должно быть не менѣе 3 : 1, иначе относительный избытокъ магнезій можетъ быть вреденъ. Въ виду малой доказанности этого утвержденія не будемъ вводить въ подробное разсмотрѣніе относящагося сюда матерьяла.

мѣсей, тѣмъ она „жирнѣе“, тѣмъ энергичнѣе реагируетъ съ водой и легче распадается.

Обожженная известь получается въ видѣ кусковъ и гасится различно. Иногда известь оставляютъ лежать подъ навѣсомъ въ усадьбѣ, на воздухѣ она поглощаетъ влагу и распадается мѣсяца въ 2—3 въ порошокъ; но при этомъ часть ея (около 15%) снова связывается съ углекислотой воздуха и превращается опять въ углекислую известь. Такое гашение неудобно, такъ какъ сопряжено съ потерями; кромѣ того, перевозка и разбрасыванье этого ѣдкаго, пылящаго порошка являются затруднительными.

Лучше вывозить въ поле негашенную известь, складывать ее на паровомъ полѣ небольшими кучками и покрывать землей; черезъ нѣкоторое время она гасится насчетъ влаги почвы; послѣ этого ее перемѣшиваютъ съ землей, разбрасываютъ сначала лопатами, а потомъ перемѣшиваютъ ее съ почвой при помощи боронъ и плуговъ. Иногда для гашения въ кучи приливаютъ воды, но эта операція требуетъ осторожности, такъ какъ при избыткѣ воды получается вмѣсто хорошо размельченнаго порошка мажущаяся масса, расpredѣленіе которой крайне затруднительно.

Рекомендуютъ еще гасить известь, погружая куски ея въ корзинахъ на нѣкоторое время въ воду и потомъ перевозить ее на поля въ тѣхъ же корзинахъ. Иногда известь вводятъ въ компостныя кучи, но тамъ она превращается въ углекислую; такая прибавка въ небольшихъ количествахъ можетъ быть благопріятна для компоста, но это не входитъ прямо въ число приѣмовъ известкованія.

Количество извести, въ которыхъ она вносится въ почву, колеблется въ зависимости отъ свойствъ удобряемыхъ почвъ: тяжелыя, кислыя перегнойныя почвы требуютъ большихъ количествъ извести, чѣмъ почвы легкія или не содержащія кислаго перегноя. Если известкованіе производится правильно періодически, черезъ промежутки отъ 3-хъ, 4-хъ до 20-ти лѣтъ, то, (какъ это имѣетъ мѣсто въ нѣкоторыхъ районахъ западной Европы) вносятся тѣмъ меньшія количества, чѣмъ меньше промежутки между известкованіями. Кромѣ того, количество извести, вносимой въ почву, зависитъ еще отъ глубины почвеннаго слоя и отъ состава самой извести. Примѣрными границами колебаній въ количествахъ извести мо-

гутъ служить цифры въ 50 и 1000 пуд. Избыточное количество извести можетъ быть вреднымъ, кромѣ того внесене большихъ дозъ обходится дорого; по этому чаще всего вносить не болѣе 100—200 п. на десятину.

Что касается дѣйствія извести на почву, то оно довольно сложно и распространяется какъ на органическія, такъ и минеральныя почвы.

Если мы имѣемъ дѣло съ почвами кислыми, то прежде всего, конечно, наступаетъ нейтрализація, а при значительныхъ количествахъ извести переходъ на время къ щелочной реакціи. Щелочная реакція можетъ вызвать даже временную задержку биологическихъ процессовъ, но затѣмъ разложеніе восстанавливается (послѣ перехода извести въ  $\text{CaCO}_3$  и др. соединенія) еще съ большою энергіей, чѣмъ до известкованія<sup>1)</sup>.

Дѣйствіе на азотистыя вещества начинается съ образованія значительныхъ количествъ амміака; пока реакція еще щелочная отъ избытка извести, нитрификація временно понижается, но потомъ, когда процессъ разложенія органическаго вещества увеличивается, точно такъ же увеличивается процессъ нитрификаціи, благодаря тому, что кислые продукты находятъ достаточно оснований для нейтрализаціи, а также и благодаря наличности подготовленнаго известкованіемъ амміака. У Буссенго при внесении 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> извести образовалось 76 mlgr. амміака черезъ мѣсяць, а въ неудобренной почвѣ всего 5 mlgr.; для нитратовъ отношеніе было въ 1-й мѣсяць обратнымъ, но потомъ процессъ нитрификаціи въ первой почвѣ значительно обогналъ нитрификацію второй<sup>2)</sup>. Отмѣтимъ, что по нѣкоторымъ наблюденіямъ послѣ сильнаго известкованія уменьшается количество клубеньковъ на бобовыхъ, высѣваемыхъ вслѣдъ примѣненіемъ этого приѣма.

Известь способствуетъ вывѣтриванію безводныхъ силика-

---

1) Если въ кислыхъ почвахъ известь несомнѣнно повышаетъ энергію разложенія органическихъ веществъ и мѣняетъ самый характеръ процесса, то отсюда не слѣдуетъ еще дѣлать общаго вывода, что известь вездѣ и при всякихъ условіяхъ повышаетъ разложеніе перегноя (см. опыты П. А. Костычева въ его книгѣ „Почвы черноземной области“ и П. С. Коссовича въ Журналѣ Опытной Агрономіи 1902).

2) Въ одномъ произведенномъ у насъ опытѣ черноземная почва при внесении умѣренныхъ количествъ извести (0,2<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) обнаружила повышенную нитрификацію уже черезъ 3 недѣли, такъ что той временной задержки, которую наблюдалъ Буссенго при 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> известк., здѣсь не было

товъ (опытъ Дитриха); она вступаетъ въ обмѣнъ съ основаніями водныхъ силикатовъ, причемъ она обогащаетъ почвенный растворъ соединеніями  $K_2O$  и пр. Указываютъ и на то, что известь ускоряетъ окисленіе нѣкоторыхъ закисныхъ соединеній почвы, напр., вредныя соединенія закиси желѣза переходятъ въ соединенія окиси подъ вліяніемъ извести гораздо быстрее, такъ какъ вытѣсненная известью закись желѣза окисляется легче, чѣмъ ея соли.

Имѣются указанія, что известь въ извѣстныхъ условіяхъ (въ почвахъ богатыхъ соединеніями желѣза) способствуетъ поддержанію фосфорной кислоты въ состояніи относительно усвояемомъ, держивая ее отъ перехода въ фосфаты желѣза и даже отнимая часть фосфорной кислоты отъ фосфатовъ желѣза и глинозема<sup>1)</sup>; но этотъ довольно сложный процессъ является недостаточно еще уясненнымъ (на трехкальцевый фосфатъ и апатитъ дѣйствіе обратное).

Известь сильно дѣйствуетъ и на физическія свойства почвъ. Hilgard бралъ глину и дѣлалъ кирпичики изъ чистой глины и изъ глины съ примѣсью извести (0,5—1<sup>0</sup>/<sub>0</sub>); послѣ высушиванія онъ бросалъ ихъ съ определенной (одинаковой) высоты, при этомъ кирпичики съ известью разсыпались, а изъ чистой глины не разбивались. Связность тяжелыхъ почвъ при прибавленіи извести понижается; вода и воздухъ легче проникаютъ въ почву, обработка ея облегчается.

или же она была гораздо болѣе кратковременной и не могла быть полмѣчена при анализахъ черезъ 3 педѣльные промежутки.

Вотъ цифры для этого опыта (анализы студентовъ Рубина и Галецкаго:

		Сроки:	0	3 нед.	6 нед.	9 педѣль.
Безъ извести	Нитраты. . . .		58,8	69,3	90,3	96,8 mgr.
	Аммиакъ. . . .		14,0	17,5	26,7	16,8
	Сумма. . . . .		<b>72,8</b>	<b>86,8</b>	<b>117,0</b>	<b>113,6</b>
Съ известью.	Нитраты. . . .		58,8	85,7	120,8	118,3
	Аммиакъ. . . .		14,0	14,8	29,4	35,6
	Сумма. . . . .		<b>72,8</b>	<b>100,5</b>	<b>150,2</b>	<b>153,8</b>

(См. статью автора въ журналѣ Опытной Агрономіи, 1903 г., 262).

<sup>1)</sup> См. *Костычевъ*, Нерастворимыя фосфорнокислыя соединенія, 1881; *Sutcherst*, Bied. Centralblat, 1902, 796; *Gerlach*, Landw. Vers. Stat., Bd. 46; *Гедройцъ*, Журналъ Опытной Агрономіи, 1905, 686 (въ послѣдней работѣ имѣются примѣры положительнаго и отрицательнаго вліянія извести на усвояемость  $P_2O_5$  почвы и разборъ условій того или иного дѣйствія на фосфорную кислоту удобреній).

Вообще известъ помогаетъ использованію питательныхъ веществъ запаса почвы, но внесене ея, конечно, не увеличиваетъ ихъ запаса. Прежде, когда не было правильныхъ представлений о роли различныхъ удобреній, послѣднее обстоятельство игнорировалось, часто этимъ приѣмомъ злоупотребляли и приходили въ концѣ концовъ къ результатамъ неблагопріятнымъ. Такъ какъ урожай на известкованныхъ почвахъ послѣ нѣкотораго подъема въ послѣдствіи быстро падали, чѣмъ на не известкованныхъ (въ слѣдствіе болѣе быстрого израсходования запаса питательныхъ веществъ почвы), то въ Западной Европѣ сложилась пословица, что „известъ, обогащая отцовъ, разоряетъ дѣтей“. Это, конечно, могло быть вѣрно, если только пользоваться известкованіемъ неумѣренно и вмѣстѣ съ известью не употреблять другихъ удобреній. Но часто известъ несомнѣнно оказывала существенныя услуги въ поднятіи культурнаго состоянія того или иного района, напр., при известкованіи оказывалось возможнымъ ввести мотыльковыя тамъ, гдѣ ихъ прежде въ культурѣ не было. Раньше въ нѣкоторыхъ департаментахъ Франціи (Loire et Cher) на почвахъ очень бѣдныхъ известью существовало трехполье съ рожью и гречихой. Послѣ проведенія желѣзной дороги стали подвозить туда известъ и начали на известкованныхъ поляхъ воздѣлывать клеверъ, а въ послѣдствіи появились посеѣвы и пшеницы; одновременно произошла подъемъ и скотоводства. Въ Бретани въ побережной полосѣ, за которой сохранилось названіе „золотого пояса“ (ceinture dorée) культура стоитъ на такой высотѣ, между прочимъ, и потому, что тамъ легко можно добывать и пользоваться известью изъ морскихъ отложеній; внутри же страны, дальше отъ моря (и отъ извести) культура стоитъ ниже.

При нашихъ вегетаціонныхъ опытахъ въ 1897 году испытано было 10 различныхъ почвъ на известъ; наиболее сильно реагировали подзолы, но реакція сказатась болѣе или менѣе и на другихъ почвахъ. При послѣдующихъ опытахъ наблюдалось, что разныя почвы выносятъ различныя количества извести; такъ на нѣкоторыхъ почвахъ внесене 1% извести отъ вѣса почвы уже оказывалось избыточнымъ и давало меньшій урожай, нежели внесене  $\frac{1}{2}\%$ ; на другихъ почвахъ предѣлъ полезнаго дѣйствія лежалъ выше.

Известь вносится въ почву также въ видѣ *углекислой извести*, если только есть возможность внести ее въ удобо-распредѣляемомъ состояннн, напр., въ видѣ *мергеля*, представляющаго изъ себя тонкую смѣсь углекислой извести съ глиной. Мергель характеризуется смотря по преобладанню той или другой части въ немъ какъ известковый, содержащій отъ 50 до 95<sup>0</sup>/<sub>0</sub> извести; глинистый съ содержанием извести меньше 50<sup>0</sup>/<sub>0</sub> и песчаный, въ случаѣ значительной примѣси песка; рѣже въ составъ мергеля входитъ и углекислый магній; иногда въ немъ содержится до 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub><sup>0</sup>/<sub>0</sub> фосфорной кислоты, и тогда мергель можетъ обогащать почву фосфорной кислотой, такъ какъ его вносится въ почву обычно значительное количество.

Мергель вывозится съ осени на паровыя поля; подъ влиянiемъ влажности и измѣненiи температуры онъ размельчается; для равномернаго распредѣленiя его разбрасываютъ и запахиваютъ. Онъ вносится въ количествахъ отъ 500 до 2000 и даже до 15000 пуд. на десятину; въ послѣднемъ случаѣ удобрение имъ будетъ граничить уже съ кореннымъ улучшенiемъ почвы. Рекомендуютъ, когда есть возможность выбора, вывозить на глинистыя почвы песчаный мергель и наоборотъ, въ видахъ улучшения физическихъ свойствъ почвы.

Дѣйствиe мергеля по характеру такое-же, какъ и жженой извести, но менѣе энергично.

Какъ удобрительныя вещества, содержащiя значительное количество извести, вносятся иногда отбросы свеклосахарнаго и газоваго производства.

*Дефекационная грязь* съ свеклосахарныхъ заводовъ содержитъ значительное количество извести, наряду съ другими важными для растений, веществами. По составу она бываетъ довольно различна на различныхъ заводахъ.

Въ среднемъ дефекационная грязь содержитъ.

CaCO <sub>3</sub>	около . . . . .	40 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
H <sub>2</sub> O	„ . . . . .	40 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
N	„ . . . . .	0.3 — 0.5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	„ . . . . .	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> — 1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Но отъ этихъ нормъ часто встрѣчаются отступленiя, именно можетъ содержаться больше CaCO<sub>3</sub> и меньше P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и N<sup>1</sup>).

1) См. анализы въ Трудахъ Ивановской оп. станции (им. Харитоненко), вып. 1-й и 2-й.

Какъ видно изъ цифръ, по содержанію азота деф. грязь не уступаетъ навозу, а по фосфорной кислотѣ она богаче навоза; но усвояемость этихъ веществъ въ дефек. грязи пока не достаточно выяснена, во всякомъ случаѣ удобрительное дѣйствіе дефекаціонной грязи ниже дѣйствія соответственнаго количества навоза (С. Л. Франкфуртъ). Употребляютъ 300—600 пуд. и болѣе дефекаціонной грязи при внесении въ паровомъ полѣ; въ нѣкоторыхъ хозяйствахъ встрѣчается внесеніе даже 2—3000 п. на десятину; но такія количества часто проявляютъ отрицательное вліяніе.

*Газовая известь*, отбросъ газоваго производства, не можетъ быть употребляема для удобрения тотчасъ же; она содержитъ ядовитыя для растений вещества, и нужно дать ей полежать нѣкоторое время на воздухѣ, прежде чѣмъ употреблять въ качествѣ удобрения.

### Г и п с ь.

Въ качествѣ косвеннаго удобрения играть значительную роль *гипсъ*—сѣрноокислый кальцій, содержащій кристаллизационную воду (но встрѣчается и *ангидритъ*, не содержащій воды). Передъ употребленіемъ гипсъ обыкновенно пережигаютъ; пережиганіе это должно вестись осторожно, потому что гипсъ начинаетъ терять воду при 115°, при 250° она удаляется окончательно, а при 400° гипсъ пережигается „на мертво“, онъ спекается и его трудно размельчать.

Иногда употребляютъ *суперфосфатъ-гипсъ* (онъ же фосфогипсъ), получающійся при приготовленіи двойныхъ суперфосфатовъ. Это есть остатокъ послѣ обработки фосфорита сѣрною кислотой и промывки его (для удаленія фосфорной кислоты, употребляемой для разложенія новыхъ порцій фосфорита). Употребленіе его считается благопріятнымъ, вслѣдствіе содержанія фосфорной кислоты, но при покупкѣ этого удобрительнаго средства нужно считаться съ составомъ его, потому что кромѣ гипса оно содержитъ глину и песокъ, входившіе въ составъ фосфорита. Примѣрный составъ такой:

CaSO . . . . .	61%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	2—3—5%
Глины и песка до . . . . .	30%

Гипсъ употребляется почти исключительно какъ поверхностное удобрение и разбрасывается уже по развившимся до нѣкоторой степени растеніямъ; употребляется главнымъ образомъ для мотыльковыхъ растеній, культивируемыхъ на кормъ—клевера и люцерны. При разбрасываніи онъ отчасти остается на листьяхъ, но первыми дождями смывается въ почву.

Что касается его дѣйствія на растенія, то въ исключительныхъ случаяхъ оно достигаетъ громаднхъ размѣровъ. Такъ, у Буссенго неудобренный участокъ далъ 1100 kgr. клевернаго сѣна, а удобренный гипсомъ 5900 kgr; обычно же дѣйствіе не столь громадное, но опредѣленно благопріятное. У А. П. Энгельгардта безъ удобрения было 172 п. клевера, а по гипсу 303 пуда. Въ среднемъ можно считать 4 п. клевернаго сѣна въ приростѣ урожая на 1 пудъ гипса (на сколько такія среднія, конечно, вообще возможны). Иногда получается и 10 п. сѣна на каждый пудъ гипса<sup>1)</sup>. Разсынаютъ его весной, или послѣ перваго укоса, или же съ осени; послѣднее примѣняется въ засушливомъ климатѣ, когда есть рискъ, что гипсъ, разсыпанный по поверхности весной пролежитъ долго безъ дѣйствія. Употребляется гипсъ преимущественно подъ растенія воздѣлываемыя для корма потому, что онъ способствуетъ усиленному росту листовыхъ и стеблевыхъ органовъ, а не плодовъ (впрочемъ, это вліяніе гипса отчасти зависитъ отъ влажности и плодородія почвы).

Введеніе гипса въ практику удобрения связано съ именами тѣхъ же лицъ, которые способствовали введенію культуры клевера, напр. Шубартъ (von-Kleefeld).

Среди объясненій дѣйствія гипса есть много различныхъ вариантовъ. Либихъ высказывалъ, что гипсъ дѣйствуетъ растворяющимъ образомъ на другія вещества почвы и помогаетъ поглощенію углеамміачныхъ солей изъ воздуха. Первая часть его объясненія подтверждается и другими авторами, но относительно второй трудно допустить, чтобы такая ничтожная по вѣсу доля гипса, который вносится какъ удобрение въ количествѣ 20 п., могла оказать вліяніе на поглощеніе амміачныхъ солей почвеннымъ слоемъ, вѣсъ котораго простирается до сотенъ тысячъ пудовъ на десятину

---

1) Конечно при обычныхъ дозахъ гипса, въ 15—20 пудовъ на десятину.

и который самъ по себѣ уже является энергичнымъ поглотителемъ амміака; да и тотъ фактъ, что гипсъ дѣйствуетъ именно на бобовыя, указываетъ на то, что здѣсь дѣло не въ поглощеніи  $\text{NH}_3$ . Буссенго полагалъ, что гипсъ, какъ растворимая форма извести, дѣйствуетъ прямо; Ритгаузенъ приписывалъ дѣйствіе гипса сѣрной кислотѣ. Это отчасти можно поставить въ связь съ тѣмъ, что бобовыя содержатъ много бѣлковъ и для образованія ихъ требуютъ много сѣры. Проф. Богдановъ (Кіевъ) указывалъ въ послѣднее время, что потребность растений въ сѣрной кислотѣ больше, чѣмъ мы привыкли думать и можетъ быть многія почвы уже нуждаются въ соответственномъ удобреніи<sup>1)</sup>.

Чаще смотрятъ на гипсъ, какъ на косвенное удобрение, которое способствуетъ выдѣленію кали изъ водныхъ силикатовъ почвы. Въ опытахъ Дегерена оказалось, что при промываніи образца русскаго чернозема водой въ водный растворъ переходило изъ 1 килогр. почвы 0.048 гр.  $\text{K}_2\text{O}$  въ водѣ  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , а при промываніи той же почвы водой съ гипсомъ = 0.428 т.-е. въ 9 разъ больше.

Отмѣчаютъ что гипсомъ удобряютъ обычно почвы богатая, а не бѣдныя питательными веществами; это можетъ тоже указывать на то, что гипсъ играетъ преимущественно роль косвеннаго удобрения.

По весьма вѣроятно, что отмѣчаемая стороны дѣйствія гипса въ разныхъ случаяхъ находятъ свое осуществленіе въ разной мѣрѣ, что въ извѣстныхъ случаяхъ имѣетъ значеніе внесеніе растворимой соли Са (клеверъ и люцерна берутъ много калціи въ урожаяхъ), на другихъ почвахъ можетъ играть большую роль внесеніе гипса, какъ сѣрнокислой соли, на третьихъ косвенное дѣйствіе въ смыслѣ пере-

<sup>1)</sup> Такъ, по даннымъ г. Зальскаго (полученнымъ въ лабораторіи проф. С. М. Богданова) содержаніе сѣры (S) оказалось такимъ:

Зерна пшеницы . . . . .	0,168 %	Солома овса . . . . .	0,111 %
„ ржи. . . . .	0,159 „	„ проса. . . . .	0,199 „
Конскій бобъ. . . . .	0,202 „	Сѣно люцерны. . . . .	0,217 „
Горохъ. . . . .	0,205 „	Солома клевера . . . . .	0,331 „
Клеверъ (сѣмена). . . . .	0,131 „	Сах. свекла (на сух. вец.)	0,139 „

Эти цифры (полученныя при непосредственномъ сплавленіи съ содовой и селитрой) гораздо выше тѣхъ, какія получаются при опредѣленіи сѣры по сѣрной кислотѣ въ золѣ (см. книгу проф. С. М. Богданова, Плодородіе почвы 1906 г., стр. 25).

веденія калія въ болѣе растворимыя соединенія, а затѣмъ возможно конечно одновременное проявленіе двухъ или трехъ названныхъ родовъ воздѣйствія.

Нужно не упускать изъ виду, что съ другими удобреніями нерѣдко также вносится гипсъ или его компоненты; такъ, удобряя клеверъ суперфосфатомъ, мы уже даемъ гипсъ; сѣрную кислоту даемъ въ каинитѣ и сѣрнокисломъ амміакѣ, известъ въ томасовомъ шлакѣ, фосфоритѣ, костяхъ, поэтому при вопросѣ о примѣненіи гипса слѣдуетъ считаться съ внесеніемъ другихъ удобреній.

Изрѣдка употребляютъ не  $\text{CaSO}_4$ , а сѣрнокислый магній; есть указанія, что дѣйствіе его благоприятно. Въ Англии употребляютъ еще иногда желѣзный купоросъ  $\text{FeSO}_4$ ; въ результатъ, въ почвѣ содержащей достаточно извести, образуется тоже гипсъ и углекислая закись желѣза, послѣдняя окисляясь и теряя  $\text{CO}_2$  даетъ  $\text{Fe}_2(\text{OH})_6$ . Здѣсь дѣло сводится къ образованію въ почвѣ гипса и гидрата окиси желѣза, по это возможно дѣлать въ почвахъ хорошо вентилируемыхъ, чтобы дать возможность солямъ закиси желѣза всегда переходить въ соли окиси. Иначе результаты этой операціи могутъ быть сомнительны; вообще имѣть достаточныхъ основаній прибѣгать къ этому приему.

#### Постановка опытовъ по опредѣленію потребности почвы въ удобреніи.

Опредѣленіе потребности почвъ въ удобреніи нуждается въ концѣ концовъ для рѣшенія конкретнаго вопроса (относящагося при томъ не вообще къ данному почвенному типу, а къ условіямъ даннаго хозяйства или даже отдѣльнаго поля) въ показаніяхъ прямого опыта, такъ какъ данныя обычнаго химическаго анализа (солянокислой вытяжки) даютъ слишкомъ общую характеристику почвы, чтобы ей прямо можно было воспользоваться въ этихъ цѣляхъ; конечно когда солянокислая вытяжка указываетъ напр. малое содержаніе фосфорной кислоты, то придется примѣнять фосфаты, но при среднихъ показаніяхъ (какія чаще всего встрѣчаются) вопросъ о потребности въ удобреніи остается открытымъ, такъ какъ не извѣстна еще степень усвояемости интересующихъ насъ составныхъ частей почвы, а именно отъ усвояемости нѣкоторой части питательныхъ веществъ (относительно малой)

и зависеть урожай данного года. Это станет очевиднымъ, если мы попробуемъ показаніе солянокислой вытяжки перечислить съ обычныхъ процентовъ на абсолютныя величины. Такъ, возьмемъ почву съ содержанием  $P_2O_5$  въ  $0,1\%$ ; для 8 вершковато го слоя почвы, вѣсящаго на десятины около 340,000 пудовъ, это составитъ запасъ фосфорной кислоты въ 340 пудовъ; а ежегодно въ урожаяхъ уносится лишь 1—2 п.  $P_2O_5$ , въ обычныхъ количествахъ удобрения вносится около 3 п.  $P_2O_5$ , что составитъ въ  $\%$  отъ вѣса почвы около  $0,001\%$ . Слѣдовательно, при анализѣ почвъ путемъ солянокислой вытяжки имѣютъ дѣло не съ тѣми величинами, отъ которыхъ зависитъ урожай данного года, а отдѣляютъ какъ бы основной капиталъ („богатство“ почвы), урожай же зависятъ только отъ той части этого запаса, которая способна быть усвоенной растеніями („плодородіе“ почвы) въ теченіе данного вегетаціоннаго періода. Для опредѣленія этихъ малыхъ количествъ предлагается методъ слабыхъ вытяжекъ при очень большихъ навѣскахъ, но и здѣсь встрѣчаются препятствія на пути; помимо трудностей аналитическаго характера и недостатка физиологическихъ данныхъ приходится считаться съ тѣмъ фактомъ, что если бы мы и имѣли реактивъ, отдѣляющій напр. усвояемую фосфорную кислоту отъ неусвояемой (для того или иного растенія), то показанія анализа относились бы къ одному лишь моменту, въ который взята была почва для анализа; но почва представляетъ среду измѣняющуюся, населенную микроорганизмами, и количество усвояемыхъ веществъ или переходящихъ въ такое состояніе за вегетаціонный періодъ, можетъ не совпадать съ показаніями даже идеальнаго анализа, произведеннаго веспой. Возможно, конечно, что амплитуда этихъ колебаній окажется не столь большой, чтобы она мѣшала воспользоваться методомъ слабыхъ вытяжекъ; но пока разработка всѣхъ этихъ вопросовъ не достигла желаемой точности, нельзя обойтись безъ постановки непосредственныхъ опытовъ съ данной почвой, если желаютъ имѣть конкретныя указанія о примѣнности и рентабельности того или иного удобрения<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> См. упомянутую ранѣе книгу проф. *Богданова* „Плодородіе почвъ“, статья *К. К. Гедройца* (Журналъ Опытной Агрономии, 1903 и 1906), *А. С. Кудашева* (тамъ же, 1905), *Sigmund'a* (Z. f. Versuchswesen in Oesterreich, 1907), и др.

Подъ влияніемъ новыхъ взглядовъ высказанныхъ Либихомъ съ 40-хъ годовъ начали производить въ большихъ количествахъ чѣмъ раньше <sup>1)</sup> полевые опыты для выясненія влияния различныхъ удобреній на культурныя растенія; при этомъ въ началѣ казалось, что эти опыты поставить очень легко, стоитъ только засѣять одинъ участокъ какимъ либо растеніемъ по испытываемому удобренію, а другой такой же участокъ — безъ удобрения. Вскорѣ, однако, оказалось, что такая элементарная постановка часто ничего не даетъ, такъ какъ на результатахъ опыта слишкомъ сильно отражаются всякія случайности.

При постановкѣ опытовъ пользуются методомъ разницы, т. е. измѣняютъ только тотъ факторъ, влияние котораго хотятъ наблюдать, оставляя остальные факторы постоянными и неизмѣнными, тогда разница въ урожаѣ укажетъ на роль изучаемаго фактора; но желаемая неизмѣнность остальныхъ факторовъ въ полевомъ опытѣ не легко осуществима. Существуетъ цѣлый рядъ условий, которыя, ускользая отъ вниманія экспериментатора, могутъ сильно отразиться на результатахъ опыта, какъ-то: неодинаковая обработка и удобрение участковъ въ нрежніе годы, разныя культурныя растенія бывшія на нихъ, природныя различія въ механическомъ и химическомъ составѣ почвы.

Возможно бороться съ этими неточностями разными путями; одинъ изъ мыслимыхъ способовъ—детальное изученіе почвы въ химическомъ и физическомъ отношеніяхъ, учетъ энергіи биологическихъ процессовъ,—сопряженъ съ слишкомъ большими затрудненіями; а если бы были найдены достаточно скорые и чувствительные методы для опредѣленія тончайшихъ различій между свойствами почвы на отдѣльныхъ участкахъ, то самый вопросъ о полевомъ опытѣ утратилъ бы свою остроту.

Далѣе возможно эмпирическимъ способомъ сравнить участки

---

<sup>1)</sup> Обычное представленіе, что опыты съ концентрированными удобрениями ведутъ начало *только* отъ Либиха, невѣрно; достаточно взять „Möglin'sche Annalen“ за 30-е годы, чтобы убѣдиться въ этомъ; такъ въ 29-мъ томѣ (1832 г.) напечатаны статьи Körte, въ одной изъ которыхъ описываются опыты по влиянію костяной муки на урожай хлѣбовъ, а въ другой—опыты по влиянію удобреній на содержание клейковины и крахмала въ зернахъ пшеницы.

за годъ до производства опытовъ, выдѣливши ихъ заранѣе, одинаково по возможности ихъ обработать, засѣять въ одно время, убрать отдѣльно урожаи и сравнить между собой; если не будетъ замѣтныхъ колебаній въ показаніяхъ, то признать участки пригодными для производства опытовъ по удобренію на слѣдующій годъ. Нужно однако замѣтить, что этотъ способъ, помогая исключить грубыя расхожденія показаній, не исключаетъ все-таки различій, проявляющихся неодинаково при разныхъ условіяхъ погоды и разныхъ культурахъ. Такъ въ одномъ случаѣ Dafert (Landw. Jahrb. 1903) занимался предварительной вывѣркой 100 мелкихъ участковъ (на 10 кв. метровъ каждый); урожаи пшеницы въ 1899 году колебался на этихъ участкахъ отъ 2,7 до 3,8 kgr.; для опытовъ 1900 года были выбраны только участки давшіе совпадающія показанія, тѣмъ не менѣе урожаи слѣдующаго растенія (картофеля) колебался на этихъ избранныхъ участкахъ отъ 19,6 до 26,0 kgr, а урожаи третьяго хлѣба (овса) отъ 2,8 до 3,3 kgr. Причины такихъ несовпаденій разныхъ лѣтъ могутъ лежать частью въ условіяхъ погоды; напр. при недостаткѣ (или избыткѣ) влаги урожаи могутъ быть равны, а при оптимальной влажности окажется различіе въ плодородіи участковъ; далѣе, при разныхъ растеніяхъ можетъ оказаться что для однихъ запасъ ницы былъ вездѣ обезпеченъ и различія не проявились, а для другихъ, болѣе требовательныхъ, эти различія сказались (напр. тамъ гдѣ хлѣба не обнаружатъ различій, свекловица ихъ дастъ). Наконецъ, играютъ роль и случайныя вліянія какъ число невзошедшихъ или погибшихъ отъ вредителей растеній и пр.). Тѣмъ не менѣе при изученіи площади отводимой подъ постоянныя опытные поля этотъ приемъ можетъ оказывать значительныя услуги.

Если участки невелики, то съ цѣлью выравниванія свойствъ почвы мыслимо перемѣшиваніе и обратное распредѣленіе однородной массы, но это связано съ большими хлопотами, тѣмъ болѣе, что сколько-нибудь нетщательное распредѣленіе почвы способно создать существенныя различія въ строеніи почвы на участкахъ; лишь при очень малыхъ участкахъ (лизиметры) возможно пользоваться этими приемами. Развитіе этого направленія привело Вагнера къ вегетационному методу (см. ниже).

Наконецъ, четвертый, наиболѣе удобопримѣнимый способъ

парализовать случайныя различія состоятъ въ томъ, что для полевыхъ опытовъ рекомендуютъ брать по нѣскольку участковъ (дѣлянокъ) для одной и той же комбинаціи удобрений, а потомъ выводить среднія въ расчетѣ, что случайныя колебанія устранились. Рекомендуютъ брать не только большое число участковъ, но и располагать ихъ въ известномъ порядкѣ, напр., шахматномъ, чтобы върѣе избѣжать возможныхъ случайностей. Умноженіе числа участковъ создаетъ значительныя трудности; въ практикѣ приходится имѣть дѣло со многими удобрениями и число участковъ растетъ очень быстро. Пусть, напр., намъ нужно опредѣлить отношеніе почвы къ тремъ главнымъ питательнымъ веществамъ—калю, азоту и фосфорной кислотѣ порознь и въ комбинаціяхъ между собой; въ такомъ случаѣ намъ необходимо имѣть такой рядъ изъ восьми участковъ: 1) О (безъ удобрения) 2) N 3) K 4) P 5) NK 6) N<sup>2</sup> 7) KP 8) NKP. Если мы хотимъ избѣжать случайныхъ разницъ въ урожаяхъ съ отдѣльныхъ участковъ, необходимо ставить при самомъ грубомъ опытѣ по меньшей мѣрѣ два одинаковыхъ участка; итакъ, число ихъ при означенной схемѣ возрастаетъ уже до 16; лучше же взять по 3 или болѣе одноименныхъ участковъ, но тогда приходится имѣть дѣло съ 24 или 32 участками, т.-е. рѣшиться на значительный трудъ при постановкѣ и уборкѣ, но за то гарантировать полученіе опредѣленнаго отвѣта на поставленные вопросы. Когда же ограничиваются однимъ участкомъ, то невозможно опредѣлить—принадлежитъ ли повышение урожая вліянію удобрения, или оно случайно.

Рекомендуется при выборѣ мѣста для опытовъ соблюдать по возможности, чтобы между участками не было различій, вызываемыхъ условіями рельефа; различія эти могутъ состоять въ разномъ распредѣленіи влаги, питательныхъ веществъ (наносъ или смываніе мелкозема), также свѣта и тепла, при наклонѣ обращаемомъ къ разнымъ сторонамъ горизонта. Слѣдуетъ опасаться также близости дорогъ, которыя помимо риска прямой порчи, могутъ вызвать различія въ строеніи и богатствѣ питательными веществами, особенно если нѣтъ гарантій, что дорога не измѣняла своего положенія въ прошломъ; точно также вліяетъ близость лѣса (снѣгъ лежитъ дальше). Конечно пожеланіе относительно однородности свойствъ и условій залеганія дѣлянокъ не всегда выполнимо.

Чѣмъ неоднороднѣе почва, тѣмъ больше должно быть число одноименныхъ участковъ, чтобы достигнуть извѣстнаго постоянства среднихъ показаній; критеріемъ можетъ служить сравненіе средняго показанія одного ряда напр. 4 неудобренныхъ (или одинаково удобренныхъ) съ показаніемъ другого такого же ряда.

Эта необходимость увеличенія числа участковъ является одной изъ самыхъ затруднительныхъ сторонъ при постановкѣ полевыхъ опытовъ поскольکو-нибудь сложной схемѣ, если желаютъ одновременно добиться точности и постоянства показаній. Самое важное въ этомъ случаѣ — знать размѣръ возможной погрѣшности и сопоставить съ нимъ различія получаемыя отъ примѣненія удобрения; если напр. отъ удобрения получаютъ приросты въ 40 — 50%, то разница между показаніями среднихъ изъ неудобренныхъ участковъ въ 5% и даже 10% не будетъ такъ затемнять результатовъ опыта, какъ если дѣло идетъ объ учетѣ болѣе тонкихъ вліяній; тогда приходится повышать требованіе къ точности показаній, во всякомъ случаѣ разницы между удобренными и неудобренными участками должны значительно превышать колебанія между показаніями одноименныхъ участковъ.

Обыкновенно сравниваютъ среднее показаніе одинаково удобренныхъ дѣлянокъ съ среднимъ изъ показаній участковъ неудобренныхъ, принимая послѣднее за 100 и выражая первое въ процентахъ. Но если данныя одноименныхъ дѣлянокъ расположенныхъ въ разныхъ частяхъ поля не достаточно близки и дѣло идетъ о сравненіи показанія отдѣльной дѣлянки, то правильнѣе сравнивать его не съ общимъ среднимъ, а съ среднимъ изъ двухъ сосѣднихъ неудобренныхъ, лежащихъ по обѣ стороны даннаго удобреннаго: такое среднее ближе отвѣчаетъ какъ бы урожаю данной дѣлянки, если бы она не получила удобрения (воображаемая контрольная дѣлянка).

Если неудобренные участки не лежатъ по обѣимъ сторонамъ каждаго удобреннаго, а расположены рѣже, то при предположеніи о постепенномъ измѣненіи свойствъ почвы на разстояніи между неудобренными участками можно пользоваться *интерполированьемъ*, т.-е. вычисленіемъ урожая воображаемаго контрольнаго участка, отвѣчающаго данному

удобренному, на основаніи соотношенія разстояній этого послѣдняго отъ обоихъ неудобренныхъ. Если напр. между двумя неудобренными участками, давшими урожай въ 75 и 60 п., лежатъ два удобренныхъ давшихъ каждый по 90 п., то „воображаемые неудобренные“, съ которыми предстоитъ сравнивать урожай, будутъ въ 70 и 65 п., а слѣдовательно прироста отъ удобрения—въ 20 и 25 п.<sup>1)</sup> Этимъ путемъ часто удается внести существенныя поправки при обработкѣ результатовъ опытовъ; конечно, нужна извѣстная осторожность, именно, слѣдуетъ наблюдать, мѣняются ли урожан неудобренныхъ участковъ съ извѣстной правильностью, или же скачками; лишь въ первомъ случаѣ мы можемъ быть увѣрены въ цѣлесообразности примѣненнаго расчета.

Кромѣ числа участковъ обращаютъ вниманіе и на ихъ форму. Опытъ показываетъ, что вытянутые участки даютъ болѣе постоянные результаты, нежели квадратныя<sup>2)</sup>. Вытянутыя полосы захватываютъ почву различныхъ качествъ, но въ отмѣриваніи ихъ должна соблюдаться извѣстная тщательность, такъ какъ небольшая ошибка въ измѣреніи короткой стороны и неправильность въ проведеніи длинной стороны могутъ существенно отозваться на площади участка<sup>3)</sup>. Для этого лучше пользоваться рядовой сѣялкой, которой можно сдѣлать участки строго одинаковой ширины и площади при любой длинѣ; это особенно удобно при внесеніи удобрения рядовымъ способомъ при помощи комбинированныхъ сѣялокъ.

Расположеніе участковъ можетъ быть или одноряднымъ или многоряднымъ (многояруснымъ, шахматнымъ). Однорядное расположеніе является неизбѣжнымъ на узкихъ и длинныхъ полосахъ, при томъ обработанныхъ въ сваль (каковы напр. крестьянскія надѣльные полосы); кромѣ формы полосы, къ этому побуждаетъ здѣсь и неоднородность условій роста на

---

1) См. статьи *В. Н. Рождественскаго* „Какъ повысить точность полевого опыта“ въ сборникъ имени *А. И. Чупрова*, изд. Сагашникова (Москва 1908 г.).

2) См. *И. А. Костычевъ*. Ученіе объ удобреніи, 1893 г., стр. 220.

3) Такъ при участкахъ въ 100 метровъ длиной и 10 м. шириной отграниченныхъ другъ отъ друга лишь продольной бороздой погрѣшность при проведеніи послѣдней на ширину борозды съ той и другой стороны участка создаетъ уже потерю 60/10 площади участка. (*Drechsler, Journal f. Landw.* 1880).

томъ и другомъ скатѣ (т.-е. если бы мы расположили дѣленіемъ напр. въ два ряда, то одинъ рядъ оказался бы на сѣверномъ, другой на южномъ, или западномъ и восточномъ скатахъ; если же каждый участокъ захватываетъ всю ширину полосы. то участки будутъ болѣе сравнимы другъ съ другомъ).

На полосахъ не столь узкихъ, обработанныхъ ровно (или включающихъ нѣсколько загоновъ) возможно многорядное расположение участковъ; оно является обычнымъ, если участки не очень удаляются отъ квадратной формы; но при очень узкихъ и длинныхъ дѣлянкахъ онѣ также и въ этомъ случаѣ пройдутъ насквозь черезъ все поле и расположатся лишь однимъ рядомъ <sup>1)</sup>.

Участки не должны быть слишкомъ велики; чѣмъ меньше участокъ, тѣмъ болѣе тщательно и *одновременно* могутъ быть произведены на немъ всѣ работы; но они не должны быть и слишкомъ малы. Большинство признаетъ участки въ 60—120 кв. саж. наилучшими, нѣкоторые берутъ ихъ въ 240 саж. Есть сторонники участковъ въ 20—25 кв. сажень и даже еще меньшихъ, но очень малые участки уже неудобны въ томъ отношеніи, что растеній занимающихъ значительное пространство (картофель, свекла) приходится мало на этомъ участкѣ и на урожай сильнѣе вліяютъ всякія случайности, напр., нѣкоторое число невзошедшихъ растеній. Правда, предлагали дѣлать въ такихъ случаяхъ арифметическую поправку на недостающее число растеній, увеличивая соотвѣтственно урожай (т. е. допуская, что пропавшія растенія вѣсили бы въ среднемъ каждое столько же, сколько налиныя). Но эта поправка совершенно произвольна <sup>2)</sup> и самое допущеніе, что число погибшихъ растеній

---

<sup>1)</sup> См. о разбѣвкѣ дѣлянокъ и другихъ подробностяхъ въ статьяхъ С. А. Франкфурта и В. Н. Рожественскаго (Труды сѣти, сообщеніе 1-е) В. Г. Ротмистрова (Методика полевого опыта, Одесское Оп. поле, ч. IX); въ докладахъ и инструкціяхъ, напечатанныхъ въ *Сборникъ имени А. И. Чупрова* (М. 1908); см. также статью „Полевые опыты“ въ 7-мъ томѣ С. Х. Энциклопедии, изд. Девриена, гдѣ имѣются ссылки на литературу (авторъ не обозначенъ).

<sup>2)</sup> Очевидно, что если часть растенія погибнетъ, то оставшіяся пользуются воздухомъ, свѣтомъ, влагой, питательными веществами почвы въ счетъ погибшихъ растеній, поэтому неправильно допущеніе, что средній вѣсъ растеній былъ бы тотъ же самый, если бы всѣ растенія были на лицо.

только случайно. — совершенно невѣрно въ такой общей формѣ. Число наличныхъ растений несомнѣнно зависитъ отъ удобренія и состоянія почвы. Для свеклы, напр., по навозному удобренію обнаружено было для одного опыта <sup>1)</sup> въ среднемъ 88% отъ теоретическаго числа растений, остальные погибли отъ болѣзней и насѣкомыхъ; на неудобренной почвѣ—осталось 61%, на участкѣ, получившемъ полное минеральное удобреніе—88%. Такимъ образомъ, на полнотѣ стоянія растений сказывается несомнѣнно вліяніе удобренія; дѣлая поправку, мы неправильно понижаемъ это вліяніе. Если пытаться различать случайныя вліянія отъ закономѣрныхъ, то опять внесемъ произволъ; поэтому лучше не прибѣгать къ подобнымъ поправкамъ.

Другое возраженіе противъ малыхъ участковъ—они даютъ урожай, которые оказываются слишкомъ большими, прямо невѣроятными при пересчетѣ ихъ на десятину. Это получается оттого, что при небольшихъ участкахъ отдѣленныхъ другъ отъ друга промежутками, процентъ краевыхъ растений, развивающихся усиленно <sup>2)</sup> благодаря болѣе благоприятнымъ условіямъ, значителенъ, а потому и урожай получаютъ преувеличенными (съ крайевъ не только растенія лучше освѣщены и пользуются большимъ доступомъ воздуха, но еще и лучше снабжены влагой, что особенно замѣтно въ сухомъ климатѣ). Однако же, когда насъ интересуютъ относительныя числа, то это возраженіе не имѣетъ значенія, если мы будемъ выражать повышеніе урожая въ  $\frac{0}{100}\%$ , а затѣмъ указанная особенность красныхъ растений устраняется при помощи *защитныхъ полосъ*, которыя засѣваются тѣмъ же растеніемъ, но передъ уборкой опытныхъ дѣлянокъ скашиваются отдѣльно и урожай на нихъ не учитывается.

Такимъ образомъ установленіе размѣровъ дѣлянокъ трудно поддается общей нормировкѣ. Въ большинствѣ случаевъ можно сказать, что когда приходится имѣть дѣло съ определенной площадью, отведенной подъ опыты, и дѣлать выборъ между закладкой значительныхъ по размѣрамъ дѣлянокъ, но при меньшемъ числѣ повтореній или же наоборотъ: меньшихъ

<sup>1)</sup> См. работу автора „Опыты по физиологій и культурѣ сах. свекловицы“, Извѣстія Петровской Академіи, 1891 г.

<sup>2)</sup> См. характерные снимки въ книгѣ *Marek'a, Ueber relativen Werth von versch. Phosphaten*, 1889.

по размѣрамъ дѣлянокъ, но при большемъ числѣ повтореній, то приходится предпочитать второй исходъ: большая дѣлянка, будучи раздѣлена на нѣсколько мелкихъ и какъ бы распределена въ видѣ этихъ мелкихъ дѣлянокъ по разнымъ частямъ опытной площади, дастъ болѣе устойчивое показаніе <sup>1)</sup>, чѣмъ безъ такого раздѣленія (вслѣдствіе того, что увеличивается шансъ для каждой прежней дѣлянки захватить послѣ раздѣленія разныя части площади, въ которыхъ можно предполагать извѣстное различіе свойствъ).

Весьма большое значеніе при постановкѣ полевого опыта имѣетъ правильный *выборъ схемы*. Такъ какъ сложныя схемы при необходимости повторныхъ участковъ дѣлаютъ опытъ трудно исполнимымъ, то лучше избѣгать усложненія задачи; но ограничивши задачу опредѣленными рамками, въ этихъ предѣлахъ требовать отъ схемы полного и точнаго выясненія поставленнаго вопроса. Первый вопросъ съ которымъ приходится сталкиваться при началѣ изслѣдованія неизвѣстной намъ почвы путемъ полевого опыта, будутъ слѣдующіе: реагируетъ ли данная почва на внесенія питательныхъ веществъ вообще и какія именно изъ питательныхъ веществъ вызываютъ наибольшее повышеніе урожая? Лишь послѣ того, какъ опытъ дастъ отвѣтъ на эти вопросы, можно идти дальше и узнавать: въ какой формѣ и въ какихъ количествахъ слѣдуетъ вносить недостающія вещества, чтобы достигнуть наибольшихъ урожаевъ? гдѣ лежитъ предѣлъ рентабельности? Если бы мы задались цѣлью сразу рѣшать всѣ эти вопросы, то пришли бы къ схемамъ невѣроятной сложности, которыя если бы и были осуществимы, то съ затратой значительной части труда напрасну (напр. мы рисковали бы испытывать разныя количества и разныя формы азотистой и калийной нищи на почвѣ, которая реагируетъ только на фосфоръ).

Но и при постановкѣ опытовъ по вопросамъ первой категоріи (въ какихъ веществахъ нуждается почва) приходится также ограничиваться испытаніемъ тѣхъ веществъ, потребность въ которыхъ является обычной, часто встрѣчающейся. Какъ правило наблюдается испытаніе на отзывчивость къ

<sup>1)</sup> См. *Holtmark und Larsen*, Ueber die Begrenzung der Fehler, die bei Feldversuchen durch die Ungleichmässigkeit des Bodens bedingt sind. Bied. Centralblatt 1905, 746.

тремъ главнѣйшимъ (съ точки зрѣнія наиболѣе выраженной потребности) веществамъ, азоту, фосфору и кали. Однако, для испытанія отношенія къ этимъ веществамъ недостаточно было бы такой схемы:

1) O      2) N      3) K      4) P

такъ какъ, если почвѣ одновременно недостасть двухъ изъ нихъ, то ни одно вещество порознь не подѣйствуетъ (законъ минимума); поэтому необходимо добавить комбинаціи этихъ удобреній по 2; а такъ какъ по мѣрѣ удовлетворенія потребности въ двухъ недостающихъ элементахъ можетъ проявить свое дѣйствіе и третій, то необходимо ввести дѣлянку, которая получитъ всѣ три удобрения; такъ мы приходимъ къ неизбѣжной *восьмерной* *схемѣ*:

1) O   2) N   3) K   4) P   5) NK   6) NP   7) KP   8) NKP<sup>1)</sup>.

Если схема эта повторяется при закладкѣ опыта не многократно, а всего напр. лишь два раза, то необходимо увеличить число контрольныхъ дѣлянокъ, чтобы съ помощью ихъ слѣдить за степенью измѣнчивости почвы на протяженіи опытной полосы; если приходится ограничивать число дѣлянокъ и пельзя рядомъ съ каждой удобренной оставить неудобренную, то вставляютъ неудобренныя послѣ каждой двухъ удобренныхъ; тогда „восьмерная“ схема осуществляется при одиннадцати (герр. 22) дѣлянкахъ:

O, N, K, O, P, NK, O, NP, KP, O, NKP.

1) Эта наиболѣе обычная схема осуществляется или путемъ разбивки и отвѣшиванья удобреній на каждый участокъ въ отдѣльности, или же поступаютъ такъ: площадь B отведенную подъ опытъ дѣлятъ пополамъ линіе ZM (см. рис. 36 й) и разсыпаютъ на одной половинѣ (AJZM) напр. селитру; далѣе дѣлятъ пополамъ линіе EF и разсыпаютъ на правой половинѣ (EFJK) напр. калийную соль; третье удобрение (фосфорнокислое) разсыпается по площади CDGH, равной тоже половинѣ участка, по расположенной по срединѣ его, на разстояніяхъ отъ того и другого края на одну четверть длинны. Этими тремя операціями мы получаемъ восемь различныхъ комбинацій по удобренію, согласно приведенной схемѣ, которая должна дать отвѣтъ на вопросъ, какъ относится почва къ тремъ важнѣйшимъ категоріямъ удобреній — азотистымъ, фосфорнокислымъ калийнымъ (см. Вѣстникъ С. Х., 1901, № 74-й). Но эти (и подобныя) комбинаціи не осуществимы на узкихъ полосахъ, вспаханныхъ загонами (какъ напр. крестьянскія надѣльныя полосы).

Если восьмерная схема также оказывается трудно осуществимой, то приходится подумать, какъ ее сократить съ наименьшимъ ущербомъ; сокращеніе возможно лишь въ томъ случаѣ, если мы пожертвуемъ полнотой отвѣта и придадимъ меньшее значеніе одному изъ элементовъ, напр. заранѣе рѣшимъ, что вопросъ о калийныхъ удобренияхъ насъ меньше

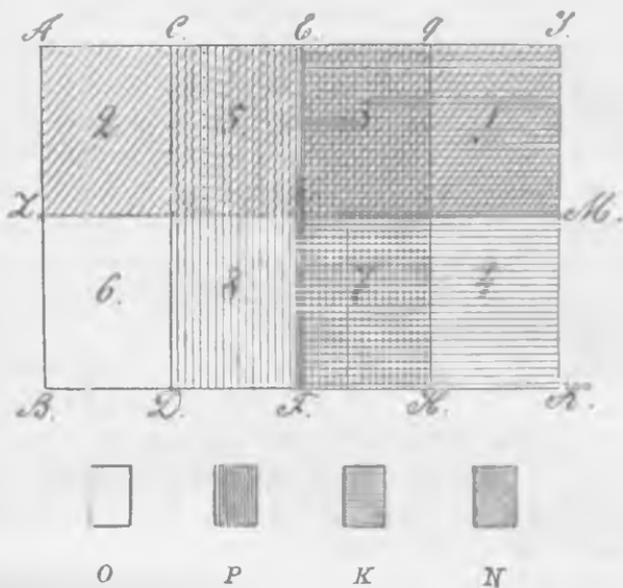


Рис. 36-й.

интересуетъ въ виду того, что кали, если и бываетъ нужно, то обыкновенно не въ первую очередь (что не для всѣхъ типовъ почвъ и не для всѣхъ культуръ сохраняетъ одинаковую вѣроятность); при этомъ предположеніи можно выбросить дѣлянки съ однимъ К, а также НК и РК, оставивши лишь кали въ присутствіи N и P; тогда схема изъ восьмерной превратится въ пятерную и приметъ такой видъ:

O, N, P, NP, NKP

или со вставкой повторныхъ контролей:

- a) O, N, P, O, NP, NKP, O
- b) N, O, P, O, NP, O, NKP.

Нерѣдко встрѣчается другой способъ сокращенія восьмерной схемы въ пятерную, это выбрасываніе тѣхъ дѣлянокъ, гдѣ удобрения вносятся по одиночкѣ; остается слѣдующее:

О, НК, НР, КР, НКР; при этомъ о дѣйствиі каждаго элемента приходится судить, сравнивая дѣлянку НКР съ той, гдѣ данный элементъ отсутствуетъ. Этотъ способъ сокращенія болѣе умѣстенъ въ интенсивныхъ хозяйствахъ Западной Европы, гдѣ наклонны примѣнять все три рода удобреній; дѣйствительно, ихъ относительная важность при этомъ способѣ скажется. Но въ хозяйствѣ болѣе экстенсивномъ, гдѣ приходится искать пока хотя бы одного экономически-выгоднаго рода удобренія, нельзя обойтись безъ дѣлянокъ съ одиночными удобреніями; поэтому для насъ первый способъ сокращенія является болѣе допустимымъ, съ тѣмъ конечно, что на роль третьестепеннаго элемента не всегда попадаетъ К, а иногда и N (напр. на лугахъ, гдѣ представлены бобовыя, на торфяникахъ и др.).

Когда выяснено, въ какихъ веществахъ нуждается почва, тогда можно отыскивать подходящую *форму* и *количество* удобреній, напр. сравнивая фосфоритъ, томасовъ шлакъ, кость съ суперфосфатомъ установить относительное дѣйствіе каждаго удобренія. Отсюда видно, насколько нераціональны простыя пробы отдѣльныхъ удобреній, которыя дѣлались такъ часто, когда могло казаться, что, для рѣшенія вопроса о пригодности того или иного удобренія достаточно имѣть лишь двѣ категоріи участковъ (съ даннымъ удобреніемъ и безъ него); но сдѣлать раціональный выводъ изъ такого опыта, напр., при опытѣ съ фосфоритомъ очевидно нельзя, такъ какъ мы не можемъ тогда разобраться въ причинахъ того или иного результата: можетъ быть почва (въ случаѣ отрицательнаго результата опыта) не нуждается совсѣмъ въ фосфорной кислотѣ; можетъ быть она нуждается въ пей, но форма удобренія не пригодна для данной почвы; можетъ быть, наконецъ, почва нуждается въ фосфорной кислотѣ и данная форма ея подходитъ къ условіямъ опыта, но одновременно не хватаетъ, напр., азота и безъ него дѣйствіе  $P_2O_5$  не проявляется.

Такимъ образомъ, кромѣ названныхъ двухъ дѣлянокъ приходится непременно ставить дѣлянки съ растворимой фосфорной кислотой, также дѣлянки съ кали и азотомъ. Тогда опытъ принимаетъ такое расположеніе 1) безъ удобренія 2) фосфоритъ 3) суперфосфатъ 4) селитра + калийная соль 5) селитра + калийная соль + фосфоритъ 6) супер-

фосфатъ + селитра + калийная соль (не считая необходимыхъ повтореній).

При разбрасываніи удобрения необходимо слѣдить за тѣмъ, чтобы благодаря неосторожности или вѣтру удобрения не попадали на сосѣднія полосы (устройство промежуточныхъ „защитныхъ“ полосъ помогаетъ парализовать невольное перенесеніе удобрения при боронованіи); если удобрение сильно пылитъ (шлаки, цанъ-амидъ) или вообще желаютъ увеличить вѣсъ разбрасываемой массы ради болѣе равномернаго ея распредѣленія, то смѣшиваютъ удобрения съ небольшимъ количествомъ земли.

При постановкѣ опытовъ по сравнительной оцѣнкѣ удобреній необходимо правильно устанавливать размѣръ удобрения: не все равно, вносить ли при совершенно однородныхъ участкахъ большее или меньшее количество удобрения, такъ какъ при большомъ количествѣ испытываемыхъ удобреній происходитъ сглаживаніе разницъ между различными удобрениями, при малыхъ, наоборотъ, разницы подчеркиваются болѣе рельефно.

Пусть, напр., мы сравниваемъ суперфосфатъ и какой-нибудь шлакъ, у котораго коэффициентъ использованія  $= 50\%$ . Пусть на данной почвѣ способны произвести наибольшій эффектъ 3 пуда  $P_2O_5$  на десятинѣ. Не зная этого, мы вносимъ 6 пуд.  $P_2O_5$  въ формѣ суперфосфата и шлака и не получаемъ никакой разницы, потому что 3 п.  $P_2O_5$  изъ суперфосфата не будутъ дѣйствовать, какъ избыточные, а 6 п.  $P_2O_5$  томова шлака произведутъ такой же эффектъ, какъ и 3 пуда фосфорной кислоты суперфосфата. Разница между этими удобрениями вполне обнаружится, если мы возьмемъ половинныя количества. Такимъ образомъ, лучше въ подобныхъ случаяхъ предварительно устанавливать известную градацию испытывая одиночное, полуторное, двойное, количество удобрения, и брать въ концѣ концовъ настолько малыя количества, чтобы всегда вносимый факторъ былъ въ положеніи минимума.

При задѣлкѣ удобреній должно быть обращено вниманіе на то, чтобы они задѣлывались на одинаковую глубину и одинаковыми приемами, а на участкѣ неудобренномъ такая же вспашка, какая необходима для задѣлки, всетаки была произведена, въ противномъ случаѣ различіе можетъ проис-

ходить отъ неодинаковой обработки. Точно также и при посѣвѣ необходимо соблюдать общее условіе—одной и той же густоты посѣва и однѣхъ и тѣхъ же операций при за-дѣлкѣ сѣмянъ одновременности ихъ выполненія.

Во время роста желателенъ надзоръ за опычными участками, такъ какъ (помимо охраны и предупрежденія травъ) иногда во время сдѣланное наблюденіе открываетъ причину послѣдующихъ незаконномѣрныхъ различій; особенно важенъ осмотръ озимыхъ весной, съ тѣмъ чтобы отмѣтить вымочки и выключить поврежденные мѣста или же совершенно забраковать опытъ.

Передъ уборкой выкашиваютъ защитныя полосы такъ чтобы осталось лишь площадь подлежащая учету, удаляютъ хлѣбъ снятый съ защитныхъ полосъ (во избѣжаніе риска смѣшенія), и затѣмъ убираютъ самыя дѣлянки. Въ виду возможности смѣшенія копенъ при перевозкѣ<sup>1)</sup>, молотбѣ, риска поврежденій при храненіи и проч. весьма существенно взвѣсить весь урожай еще въ полѣ, чтобы покрайней мѣрѣ по суммарному вѣсу зерна и соломы судить о дѣйствіи удобреній; кромѣ того, возможно опредѣлять и урожай зерна до общаго обмолота, путемъ учета по *пробнымъ снонамъ*<sup>2)</sup>. Для этого сноны кладутся сначала несвязанными, изъ каждаго снона берется горсть (о предосторожностяхъ при взятіи этой горсти см. въ статьяхъ цитированныхъ въ примѣчаніи), изъ этихъ горстей составляется пробный снопъ, который взвѣшивается одновременно съ взвѣшиваньемъ остальной массы урожая на участкѣ, (связанной въ сноны вслѣдъ за взятіемъ пробы); одновременное взвѣшиванье существенно, особенно въ нечерноземной полосѣ, гдѣ колебанія во влажности (въ зависимости отъ измѣненія температуры въ разные часы дня) способны существенно повліять на вѣсъ

1) См. о нѣкоторыхъ мѣрахъ предосторожности у *В. Г. Ротмистрова*, Методика полевого опыта (отгиски изъ отчета Одесскаго оп. поля, годъ IX).

2) См. *В. В. Винеръ*, Методъ среднихъ образцовъ при производствѣ полевыхъ опытовъ (Журн. Оп. Агрономіи, 1901); *А. Н. Венеровский*, учетъ урожая по методу среднихъ образцовъ (Вѣстникъ С.-Х. 1907, №№ 30, 31, 33; статьи *А. Г. Дояренко*, *М. Н. Возблэйна*, а также протоколы февральскаго совѣщанія—въ *Сборникъ имени А. И. Чупрова*. (Москва 1908).

соломы (и тѣмъ вызвать невѣрность въ опредѣленіи урожая зерна). Пробные снопы кладутся затѣмъ въ нумерованные мѣшки увозятся въ сухое помѣщеніе, гдѣ по высушиваньи еще разъ взвѣшиваются и обмолачиваются; зная вѣсъ зерна съ каждаго пробнаго снопа и отношеніе вѣса пробнаго снопа къ общей массѣ урожая съ дѣлянки (при одинаковыхъ условіяхъ влажности) нетрудно опредѣлить вѣсъ зерна на дѣлянкѣ (а такъ какъ извѣстна потеря въ вѣсѣ пробнаго снопа при высушаніи, то можно и весь валовой урожай пересчитать на сухой вѣсъ, что можетъ представлять интересъ для болѣе правильнаго опредѣленія вѣса соломы и отношенія вѣсовъ зерна и соломы).

Затѣмъ производится по мѣрѣ возможности тщательный обмолотъ и взвѣшиванье урожаявъ зерна съ цѣлыхъ дѣлянокъ. Иногда этого произвести не удается (при „летучихъ“ опытныхъ участкахъ, разбросанныхъ въ разныхъ хозяйствахъ), тогда приходится довольствоваться учетомъ по пробнымъ снопамъ. Опытъ показываетъ, что при этомъ достигается степень точности, могущая конкурировать съ точностью при уборкѣ цѣлыхъ дѣлянокъ при обычныхъ условіяхъ хозяйства и даже ее превосходить; что только при очень тщательномъ обмолотѣ и внимательномъ исполненіи всѣхъ остальныхъ операціи уборка всего урожая представляетъ достаточныя гарантіи точности. Если же экспериментаторъ вынужденъ предоставить уборку и обмолотъ опытныхъ участковъ лицамъ, не имѣющимъ спеціального навыка въ учетѣ, исполняющимъ эти работы среди другихъ хозяйственныхъ работъ, то ему лучше полагаться на тщательный имъ самимъ произведенный учетъ по пробнымъ снопамъ.

Тамъ же, гдѣ возможно, слѣдуетъ примѣнять оба способа одновременно въ цѣляхъ накопленія матерьяла для сравненія ихъ между собой.

Полученныя цифры для одноименныхъ участковъ могутъ дать матерьялъ для выведенія общихъ среднихъ, если большихъ колебаній въ свойствахъ почвы не замѣчается; въ противномъ же случаѣ лучше сравнивать каждый удобренный участокъ съ ближайшими неудобренными, какъ это было говорено выше <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Нѣкоторые авторы придаютъ преувеличенное значеніе приложенію теоріи вѣроятностей къ опредѣленію погрѣшностей въ опытахъ обычнаго Ученіе объ удобреніи.

Иногда предлагают недовольствоваться „эмпирическимъ методомъ“ и вычислять тотъ урожай, который „долженъ бы быть, если бы“ посѣвъ былъ идеально равномернымъ, еслибы не было пронавшихъ растений, если бы уцѣлѣвшія растенія развились вполнѣ „нормально“. Подобныя попытки дѣлались и на Западѣ лѣтъ 25 тому назадъ, но посправедливости были отвергнуты<sup>1)</sup>.

Въ большей мѣрѣ умѣстно „выключеніе“ части площади дѣлянки еще до уборки, если на ней произошло поврежденіе мѣстнаго характера напр. поправа или вымочка но и здѣсь нужна значительная осторожность, напр. для засушливыхъ мѣстностей рекомендуется выключать не только мѣста пострадавшее отъ вымочки, но и прилежащую къ вымочкѣ часть по той причинѣ, что растенія окружающія вымочку бывають развиты сильнѣе остальныхъ, такъ какъ пользуются влагой съ тѣхъ мѣстъ, гдѣ растенія погибли. Упоминаемъ объ этомъ, чтобы отмѣтить, какъ иногда приемъ, казалось бы вполнѣ законный, можетъ повлечь за собой незамѣтное для экспериментатора измѣненія показанія въ ту или другую сторону.

Выше мы касались преимущественно такихъ препятствій къ успѣшному проведенію полевого опыта, которыя лежать въ неоднородности отдѣльныхъ дѣлянокъ; но кромѣ упомянутыхъ, есть еще рядъ равномернодѣйствующихъ причинъ. измѣняющихъ результаты полевыхъ опытовъ, какъ напр.,

---

тица (съ весьма умѣреннымъ числомъ одноименныхъ дѣлянокъ, съ такимъ масштабомъ отклоненій; при которомъ разница въ 5% признается за весьма хорошее совпаденіе); интересующимся укажемъ между прочимъ статью Simony, Ueber die Anwendbarkeit etc, Zeitschr. f. Versuchswesen in Oesterreich, 1905, 87 (а также ранѣе названную статью Holtsmark и Larsen).

1) Paul Wagner писалъ по поводу подобныхъ предложеній слѣдующимъ образомъ: „Mayer sagt, wir sollen diejenigen Pflanzen zur Ertenahme auswählen, welche „für die Parzelle normal sind“. Welche Pflanzen sind denn nun „für die Parzelle normal“? Selbstverständlich diejenigen, deren Ausbildung der Wirkungsgrösse der gegebenen Düngung entspricht. Und welche ist die Wirkungsgrösse der gegebenen Düngung? Die wollen wir erst finden. Und wie finden wir sie? Durch Wägung der Pflanzen, „welche für die Parzelle normal sind“.

Da haben wir uns im Kreise herumgedreht und selbst Adof Mayer, so sehr er sonst ein Meister in der Logik ist, wird keinen Ausweg wissen. (Landw. Jahrbücher 1883. стр. 735).

погода: засуха может подавить дѣйствіе удобрения какъ и излишняя влажность; нападеніе насѣкомыхъ, пораженіе паразитными грибами можетъ повредить опыту<sup>1)</sup>, даже если предположить полную равномерность въ распредѣленіи поврежденій. Для того чтобы парализовать вліяніе эти случайности повторяютъ опыты изъ года въ годъ по одному плану въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ или даже десятилѣтій какъ, напр., въ Ротамстедѣ. Другой приемъ — это массовое повтореніе опытовъ одновременно во многихъ мѣстахъ, какъ это дѣлалъ Меркеръ, который ставилъ опыты по одному плану въ цѣломъ рядѣ хозяйствъ въ разныхъ частяхъ Германіи и сводилъ всѣ данныя къ концу года. Такія суммарныя данныя имѣютъ меньшее значеніе для отдѣльныхъ хозяйствъ, чѣмъ опыты производимые въ данномъ хозяйствѣ, но не лишены значенія въ цѣляхъ выясненія значенія какого либо удобрительнаго вещества для цѣлыхъ районовъ (если выбираются мѣстности съ общими климатическими и почвенными условіями).

Въ цѣляхъ опредѣленія сравнительнаго достоинства различныхъ удобреній и изученія условій ихъ дѣйствія примѣняется еще другой методъ, при которомъ дѣйствительно можно создать для сравниваемыхъ случаевъ обстановку совершенно тождественную — это культура растений въ искусственной обстановкѣ, въ сосудахъ (*методъ вегетационный*). Къ методу этому пришли постепенно, стремясь уменьшить площадь участковъ и повысить точность опытовъ путемъ *смиженія почвы* въ цѣляхъ созданія вполне однородной среды. Первые шаги въ этомъ направленіи принадлежатъ Ганаманну, который употреблялъ для своихъ опытовъ участки земли площадью въ 1 кв. метръ, отдѣленные другъ отъ друга цементными стѣнками и безъ дна, такъ что почва этихъ участковъ (тщательно перемѣшанная) не теряла связи съ подпочвой. Ганаманнъ былъ настолько увѣренъ въ своемъ методѣ, что даже не установилъ размѣровъ погрѣшностей. Когда Вагнеръ сталъ повторять эти опыты, то нашелъ, что

---

<sup>1)</sup> Иногда бываютъ случаи и обратные, что вліяніе неблагоприятнаго фактора утрированно подчеркиваетъ дѣйствіе удобрения; это можетъ наблюдаться напр., при поврежденіи свекловичной плантаціи долгоносикомъ; при этомъ сохраняется лишь демонстративное значеніе опыта, цифры же учета будутъ нетипичными.

одноименные участки и въ этихъ условіяхъ не даютъ тождественныхъ показаній. Вагнеръ<sup>1)</sup> такъ описываетъ свои опыты по провѣркѣ этого метода: снимался слой почвы и подпочвы на 12 вершк., то и другое равномерно перемѣшивалось порознь и помѣщалось въ ящики съ цементными стѣнками; необходимое удобреніе распределялось возможно тщательно. выбирались равные по вѣсу клубни для посадки, точно также по вѣсу отбирались зерна высѣваемого ячменя; всѣ работы по уходу, уборкѣ, взвѣшиванію урожая производились съ возможной тщательностью, но въ результатѣ опытовъ все-таки оказалась разница между одинаковыми участками въ 15—20% урожая. При изученіи причинъ этого явленія между прочимъ оказалось, что вліяніе на урожай оказывали сосѣдніе съ опытными участки почвы, такъ какъ употребленный цементъ оказался водонепроницаемымъ. Вагнеръ тщательно перемѣшалъ и сосѣдную почву, перемѣнилъ цементъ, окружилъ участки посѣвами ячменя, но опять колебанія были до 15% при среднихъ отклоненіяхъ въ 5%.

Причина этихъ колебаній заключалась, какъ оказалось впоследствии, въ томъ, что участки эти не имѣли дна и на урожаяхъ сказывалось вліяніе подпочвы, не одинаково влажной, такъ какъ уровень грунтовыхъ водъ былъ не одинаковъ въ различныхъ концахъ вытянутой полосы участковъ. Кроме того, строеніе почвы на различныхъ мѣстахъ участковъ было не одинаково: середина участковъ была плотнѣе, потому что при наполненіи участковъ земля, выбрасываемая изъ тачекъ и разравниваемая послойно граблями все-таки ложилась плотнѣе въ серединѣ; благодаря этому здѣсь были лучшія условія доставленія влаги и нитратовъ и растенія въ серединѣ развивались лучше. Вагнеръ дренировалъ участки, для того чтобы парализовать дѣйствіе грунтовыхъ водъ, но ниже 10% колебанія отдѣльныхъ показаній не спускались. Тогда онъ рѣшилъ перейти къ сосудамъ и избралъ размѣръ ихъ 50 ст. высоты и 25 ст. въ діаметрѣ (а затѣмъ частью и меньшаго размѣра). Цинковые сосуды внизу получали гравій, который служилъ и для дренажа и для уравниванія вѣса; сосуды наполнялись почвой не сразу, а послойно при одинаковой степени уплотненія, при чемъ одновременно отбирались

1) Landw. Jahrbücher 1883; Journal für Landwirtschaft 1880.

пробы для опредѣленія влажности. Такимъ образомъ, вѣсъ почвы является всюду одинаковымъ и точно опредѣленнымъ, одинаковымъ всюду является ея составъ и строеніе; во время опыта влажность почвы регулируется точно по вѣсу, такъ что можно экспериментировать при различныхъ и опредѣленныхъ степеняхъ влажности. Распредѣлить удобрения можно весьма совершенно; можно имѣть строго одинаковое число растеній во всѣхъ сосудахъ. Вліяніе односторонняго освѣщенія устраняется такъ, что окружаютъ опытные сосуды сосудами съ гѣмъ же растеніемъ, не идущими въ счетъ при учетѣ результатовъ опыта (тоже достигается чередованіемъ положенія сосудовъ, путемъ передвиженія краевыхъ въ середину и наоборотъ)

Дальше, при этомъ способѣ легко увеличить число сосудовъ, гораздо легче чѣмъ число участковъ въ полѣ. При постановкѣ опытовъ такимъ путемъ Вагнеру удалось добиться того, что ‰ погрѣшности въ наиболѣе совершенныхъ опытахъ не превышала въ среднемъ 1 ‰. При этомъ устранялось вліяніе погоды; насѣкомыя и паразитные грибки если не устранялись совсѣмъ, то въ значительной мѣрѣ облегчалась борьба съ ними: поврежденія легко могутъ быть замѣчены и соответствующія культуры забракованы, что позволяетъ учесть роль почвы гораздо совершеннѣе, чѣмъ при полевыхъ опытахъ. Различныя почвы возможно испытывать при однихъ и тѣхъ же условіяхъ влажности, свѣта, и тепла, и такимъ образомъ лучше учесть роль почвы, чѣмъ это возможно въ опытѣ полевомъ. При помощи этого метода Вагнеръ и рядъ другихъ изслѣдователей получили цѣнные данныя по многимъ вопросамъ удобрения таковы вопросы о сравненіи между собой разныхъ источниковъ азота фосфорной кислоты, и пр.

Противъ этого метода есть возраженія, основанныя образомъ на недостаточномъ различеніи задачъ полевого и вегетационнаго опыта; главные изъ нихъ таковы: мы создаемъ искусственную обстановку, помѣщенныя внѣ почвы сосуды нагрѣваются сильнѣе, чѣмъ почва; повышеніемъ температуры сосудовъ увеличивается разложеніе органическихъ веществъ и нитрификація, такъ что процессы всѣ идутъ болѣе ускоренно чѣмъ въ полевомъ опытѣ (возраженія Marek'a). Можно, конечно, бороться съ этимъ обстоятельствомъ и пытаться

понизить температуру погружениемъ сосудовъ въ землю; но въдѣ искусственнымъ условіемъ является уже и то, что мы поддерживаемъ ортіаl'ную влажность, такъ что тождества съ полевыми условіями все равно быть не можетъ; искусственность вводится уже такимъ разрыхленіемъ почвы при просѣванні и перемѣшиваньи, какому она въ полѣ никогда не подвергается.

На измѣненіе условій указываетъ и то обстоятельство, что въ сосудахъ урожаи получаютъ гораздо выше, чѣмъ въ полѣ; если пересчитать урожай надземныхъ частей на десятину, то получается масса въ 1000 пудовъ и болѣе.

Не проще ли и послѣдовательнѣе будетъ по этому разъ на всегда признать, что опытъ вегетаціонный есть непременно опытъ въ искусственной обстановкѣ, что передъ нами всегда лежитъ дилемма: или создать дѣйствительно одинаковую во всѣхъ случаяхъ среду путемъ смѣшенія почвы, ретулировать влажность и другіе факторы роста, жертвуя естественностью обстановки, или, если мы хотимъ работать въ условіяхъ тождедственныхъ съ условіями полевой культуры, то и должны вернуться изъ теплицы въ поле, гдѣ будемъ имѣть дѣло съ неоднородностью участковъ и стремиться парализовать ее вліяніе другими средствами (многократное повтореніе одноименныхъ дѣлянокъ).

Сообразно съ этимъ и задачи, рѣшаемыя тѣми и другимъ методомъ, не тождественны: вегетаціонный методъ позволяетъ лучше изолировать отдѣльные факторы и изучить ихъ вліяніе, при большемъ постоянствѣ и опредѣленности остальныхъ условій; полевой опытъ, наоборотъ, лучше позволяетъ учесть суммарный эффектъ, конечную равнодѣйствующую условій, осуществляющихся на данномъ полѣ въ данный годъ, при данныхъ условіяхъ хозяйства.

Такъ, вегетаціонные опыты даютъ возможность лучше изучить растеніе въ смыслѣ его требованій къ различнымъ удобрениямъ при наилучшихъ условіяхъ; сравнить различныя удобрения между собой; сравнивая песчанья культуры съ почвенными учесть роль почвы; но для рѣшенія вопросовъ о размѣрахъ дѣйствія удобрения, о рентабельномъ примѣненіи удобрений въ хозяйствахъ необходимо прибѣгать къ полевымъ опытамъ, такъ какъ хозяину важно знать размѣры дѣйствія удобрений при реальныхъ условіяхъ: обычной влажности,

обычномъ строеніи почвы, наличности насѣкомыхъ и другихъ невзгодъ а не при optimal'ныхъ, неосуществляющихся на дѣлѣ, условіяхъ.

Иногда къ вегетационному методу предъявляются запросы, для отвѣта на которыя онъ предназначенъ; такъ, когда желаютъ узнать потребность той или иной почвы въ удобреніи, то нѣтъ основаній ожидать, чтобы вегетационный методъ могъ замѣнить полевой опытъ, такъ какъ, на ряду съ общимъ повышеніемъ потребности въ питательныхъ веществахъ при опытахъ въ сосудахъ (вслѣдствіе болѣе обильнаго развитія растений) нельзя допустить чтобы накопленіе питательныхъ веществъ въ усвояемой формѣ оказалось повышеннымъ въ одинаковой мѣрѣ для каждаго изъ нихъ въ отдѣльности; легко можетъ случиться напр., что нитрификація будетъ повышена въ большей мѣрѣ, чѣмъ освобожденіе фосфорной кислоты въ усвояемой формѣ или же наоборотъ; тогда почва въ полевомъ опытѣ проявившая потребность прежде всего въ одномъ веществѣ, въ вегетационномъ опытѣ можетъ оказаться нуждающейся въ первую очередь въ другомъ <sup>1)</sup>..

Точно также вегетационный методъ въ томъ видѣ какъ онъ былъ разработанъ Вагнеромъ не можетъ служить точнымъ средствомъ для опредѣленія плодородія различныхъ типовъ почвъ, такъ какъ просѣваніе и смѣшеніе почвы конечно не одинаково измѣнитъ свойства разныхъ почвъ (очевидно тяжелая глинистая почва больше выиграетъ отъ этихъ операцій, чѣмъ песчаная). Если же исключить операцію смѣшенія (вырѣзать цѣлые цилиндры), то это значитъ выбросить основную черту Вагнеровскаго метода, гарантирующую однородность почвы въ разныхъ сосудахъ; тогда придется искать, чѣмъ замѣнить эту гарантію; очевидно придется обратиться къ тому же средству, какъ въ полевомъ опытѣ, т. е. къ значительному умноженію числа дѣлянокъ (сосудовъ) и къ опредѣленію размѣровъ погрѣшности; можетъ быть такимъ путемъ и удастся добиться извѣстныхъ результатовъ для характеристики почвенныхъ типовъ <sup>2)</sup>, но это есть новая

<sup>1)</sup> См. напр. статью В. И. Сазонова, „Пригодность вегетационнаго метода для опредѣленія потребности почвы въ питательныхъ веществахъ“ (Журн. Оп. Агрономіи, 1907, стр. 129).

<sup>2)</sup> См. докладъ г-жи Домрачевой на 2-мъ совѣщаніи почвовѣдовъ въ Москвѣ (1908).

версія, требующая разработки, и если она потерпит неудачу, то неправильно будет дѣлать изъ этого выводъ о несовершенствѣ вегетаціоннаго метода вообще.

Остановимся вкратцѣ на техникѣ постановки вегетаціонныхъ опытовъ <sup>1)</sup>.

Сосуды для опытовъ берутся чаще всего цинковые и стеклянные; стеклянные цѣнны своей прозрачностью, значительной стойкостью (въ смыслѣ сопротивленія разъѣдающему дѣйствию растворовъ солей); кромѣ того, они дешевы, если дѣло идетъ о сосудахъ небольшихъ размѣровъ (напр. сосуды 15 сант. діаметромъ 30 с. высотой стоятъ около 75 к.). Но стоимость стеклянныхъ сосудовъ быстро растетъ при увеличеніи діаметра, такъ что при діаметрѣ въ 20—25 сант. уже цинковые сосуды оказываются выгоднѣе; за то ихъ непрозрачность мѣшаетъ слѣдить непосредственно за развитіемъ корней и состояніемъ влажности въ сосудѣ; во избѣжаніе разъѣданія и образованія вредныхъ для растений солей цинка внутри приходится покрывать стѣнки сосудовъ лакомъ (Dammaralack).

Размѣръ потребныхъ сосудовъ зависитъ отъ рода культуры; такъ, для хлѣбныхъ растений при песчаныхъ культурахъ достаточны сосуды 15 × 25 или 15 × 30 ст. вмѣщающіе 4—6 kgr. песку; но для почвенныхъ культуръ, гдѣ разницы не столь рѣзки и гдѣ желателенъ учетъ болѣе точный, желателенъ болшій діаметръ сосудовъ, чѣмъ 15 ст., чтобы имѣть возможность помѣстить большее число растений на сосудѣ. Понятно, что для картофеля, свеклы и подобныхъ растений нужны сосуды большого діаметра и большей высоты; тутъ могутъ быть пригодны глиняные сосуды, покрытые кислотоупорной глазурью, особенно если требуется значительная высота; въ такого рода сосудахъ, около 70 ст. высоты, производимъ свои опыты со свеклой Hellriegel <sup>2)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Подробности смотри во II томѣ отчетовъ СПЗ. с. х. лаборатори („Описание метода“, статья П. С. Косовича) и въ Извѣстіяхъ С. Х. Института 1902 г. (статья Н. К. Недокучаева „Вегетаціонный методъ въ агрономіи“). См. также статью „Вегетаціонные опыты“ въ Энциклопедіи Девриена, написанную С. Л. Франкфуртомъ, статьи Dafert'a, Mitscherlich'a въ Landw. Jahrbücher 1903, и пр.

<sup>2)</sup> Есть еще дешевый матеріалъ для изготовленія сосудовъ которымъ кажется, можно бы чаще пользоваться, чѣмъ до сихъ поръ дѣлается,

Для защиты сосудовъ отъ нагрѣванія или красятъ ихъ снаружи бѣлой краской (цинковые сосуды) или же надѣваютъ на нихъ подвижные картонные чехлы (стеклянные сосуды).

На днѣ сосудовъ обычно создается извѣстнаго рода дренажъ, куда бы могъ стекать избытокъ воды при поливкѣ сверху, или гдѣ могъ бы сосредотиться извѣстный запасъ воды, до поступленія ея въ почву (при поливкѣ снизу). Этого достигаютъ или насыпая къ одной сторонѣ сосуда (горкой) гравия, въ который погружается конецъ трубки для



Рис. 37.

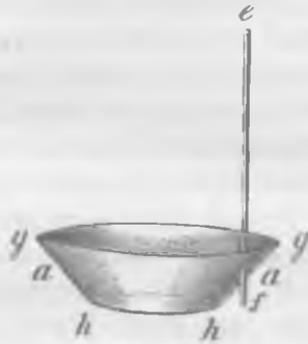


Рис. 38.

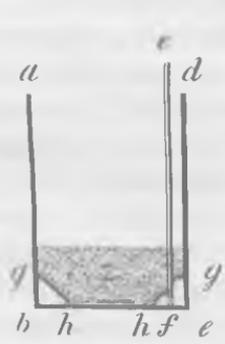


Рис. 39.

поливки (рис. 37-й), или вводя цинковый желобъ, обращенный внизъ (Васнеръ), или же, какъ это практикуется у насъ по предложенію В. В. Винера, создавая кольцообразное пространство (рис. 38-й и 39-й) путемъ введенія полуконуса <sup>1)</sup>.

Средой для культуръ является или почва или песокъ или растворы необходимыхъ солей въ дистиллированной водѣ.

Почва передъ наполненіемъ сосудовъ просѣивается и тщательно перемѣшивается; чтобы знать количество сухой почвы въ сосудахъ и вводить воду по вѣсу, можно или приво-

---

особенно въ деревенской обстановкѣ, это листовое желѣзо; въ частности, намъ приходилось въ 1891 г. не безъ успѣха производить нѣкоторые несложные опыты надъ хлѣбами и отчасти свекловицей, выращивая растения въ обыкновенныхъ желѣзныхъ ведрахъ.

<sup>1)</sup> Эти полуконусы сначала дѣлались мѣдные (луженые), что обходилось дорого; затѣмъ пробовали дѣлать стеклянные, но они были недешевы и ломки, теперь мы остановились на фарфоровыхъ, которые при значительной правильности и чистотѣ обходятся въ 3—4 раза дешевле мѣдныхъ (по 15 коп.).

дить всю почву въ воздушно сухое состояніе или же, не доводя до такого состоянія (въ интересахъ болѣе благопріятнаго строенія, во избѣжаніе нежелательныхъ явленій при смачиваньи нересушенной почвы) опредѣляютъ влажность почвы (отбирая постепенно среднюю пробу одновременно съ постепеннымъ наполненіемъ сосудовъ). Почва должна быть до извѣстной степени уплотнена (иначе она осядетъ при поливкѣ), но не слишкомъ, во всякомъ случаѣ равномерно во всѣхъ сосудахъ.

Песокъ можетъ подготавливаться промываніемъ кислотами и прокаливаніемъ. У насъ ведется промываніе значительныхъ массъ (до 200 пудовъ) крѣпкой соляной кислотой, затѣмъ простой водой до исчезновенія кислой реакціи и дистиллированной—до исчезновенія реакціи на хлоръ. Несмотря на первоначальную кажущуюся чистоту песка (получающагося изъ кварцита путемъ размельченія) промываніе существенно сказывается на удаленіи  $P_2O_5$  и  $K_2O$ ; безъ промыванія „предѣльные“ растенія обнаруживаютъ замѣтно болѣе большой ростъ, чѣмъ при промываніи.

Прокаливанье много затруднительнѣе, чѣмъ промываніе, оно необходимо лишь въ специальныхъ опытахъ по азотистому питанію при небольшихъ количествахъ употребляемаго песка; для опытовъ съ фосфатами и калийными минералами оно не нужно.

Помимо химическаго состава имѣетъ значеніе крупность частицъ песка; при излишней крупности онъ не проводитъ влаги на достаточную высоту, при излишней мелкости онъ сплывается и не обезпечиваетъ доступа воздуха къ корнямъ.

Соли удобно имѣть растворенными порознь, въ болѣе крѣпкихъ растворахъ (1<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) и лишь при смѣшеніи съ пескомъ (передъ наполненіемъ сосудовъ) отмѣренные объемы растворовъ солей разбавлять соотвѣтственно водой. Что касается количества солей, то Гелльригель пользовался при своихъ опытахъ слѣдующими нормами: на 1 kgr песка берется 1 эквив.  $KP_2O_4$  и (0,136 gr.), 3 экв.  $Ca(NO_3)_2$  (0,492 gr.),  $\frac{1}{2}$  экв.  $MgSO_4$  (0,060 gr.), 1 экв.  $KCl$  (0,075 gr) и 0,025 gr.),  $Fe_2Se_6$  (или  $FePO_4$ ); этотъ расчетъ относится къ безводнымъ солямъ.

Эти нормы удобны при сосудахъ въ 4—5 kilo; но если вѣсъ песка растеть при томъ же числѣ растеній (при уве-

личеніи высоты сосуда), то количество солей можно понизить. Въ концѣ концовъ наиболѣе вѣрнымъ масштабомъ должна служить обычная для данныхъ сосудовъ высота урочая и его составъ.

Для посѣва выбираютъ сѣмена возможно одинаковой величины, намачиваютъ ихъ и даже обычно доводятъ до начала прорастанія, чтобы не ввести ни одного невсхожаго сѣмени и лучше отобрать одинаковыя сѣмена. Но такъ какъ высѣваютъ раза въ два болѣе сѣмянъ, чѣмъ требуется растеній (чтобы потомъ прорѣдить до необходимаго числа), то проращиванье не всегда практикуется.

Что касается густоты посѣва, то часто считаютъ нормой 2 растенія (хлѣбные злаки) на 1 kgp песка; но если посѣять и рѣже, то злаки кущеніемъ возмѣщаютъ рѣдкость стоянія, сообразно условіямъ питанія. Распределеніе сѣмянъ при посѣвѣ должно-быть равномернымъ, для чего пользуются шаблонами съ отверстіями (шаблоны могутъ быть изъ картона, дерева, металла).

Сосуды съ растеніями помѣщаются обычно на вагонеткахъ, которыя при дурной погодѣ и на ночь задвигаются подъ стеклянные навѣсы, за которыми, если они снабжены стѣнами, упрочилось нехарактерное названіе „теплицъ“, оранжерей; нехарактерны эти названія потому, что въ этихъ неотапливаемыхъ сооруженіяхъ (вегетационныхъ домикахъ) приходится заботиться не о теплѣ, а о свѣтѣ; съ излишнимъ же тепломъ отъ солнечнаго нагрѣва приходится бороться путемъ вентилированья; поэтому названіе предложенное Ф. Б. Яновчикомъ („свѣтлица“) лучше выражала бы сущность задачъ преслѣдуемыхъ устройствомъ этого вида оранжерей, чѣмъ слово „теплица“.

Если рельсы теплицы направлены съ востока на западъ, то вагончикамъ удобно придавать согласно предложенію проф. П. С. Коссовича видъ какъ бы двухъ ступень лѣстницы обращенной на югъ, чтобы растенія въ сосудахъ обращенныхъ къ югу, не затѣняли растеній сѣверной (возвышенной) половины вагончика.

Поливка въ сосудахъ съ удобствомъ регулируется по вѣсу, причемъ доводятъ ежедневно влажность до 50—60% отъ наибольшей влагоемкости почвы или песка (по С. М. Богданову расчетъ влажности ведется нѣсколько иначе:

исключается „мертвый запас“ влаги, отъ остальной влаги содержащейся при наибольшей влагоемкости берется 50%).

Кромѣ поливки по вѣсу возможна поливка съ доведеніемъ до постояннаго уровня, если примѣняется вышеописанный полуконусъ. Съ перваго взгляда кажется, что поливка по вѣсу представляетъ способъ давать растеніямъ определенное количество воды, между тѣмъ какъ на самомъ дѣлѣ она только даетъ возможность, во первыхъ, избѣжать избытка воды при поливкѣ, во вторыхъ, учесть количество потребляемой воды; что же касается размѣровъ потребления, что онъ зависитъ отъ энергии развитія растений, ибо чѣмъ больше растеніе понизитъ влажность почвы противъ нормы, тѣмъ больше мы дадимъ ему воды при слѣдующей поливкѣ доливая по вѣсу до нормы, слѣд. и этотъ способъ какъ и поливка по уровню въ сущности приближается къ снабженію растеній водой *по мѣрѣ потребности* (въ отличіе отъ условіи полевой культуры гдѣ растенія получаютъ равныя количества воды на различныхъ дѣлянкахъ).

Обычно поливка ведется снизу, но рекомендуютъ по временамъ поливать и сверху, чтобы избѣжать скопленія солей у поверхности. Кромѣ поливки уходъ состоитъ въ прорѣживаньи, поддержкѣ растеній (проволочн. каркасы, стеклянныя палочки).

При уборкѣ растенія срѣзаются обычно у поверхности земли, просушиваются съ предосторожностями<sup>1)</sup> противъ потерь (напр. въ мѣшечкахъ изъ бумаги), затѣмъ взвѣшиваемиъ опредѣляется общій урожай; зерна взвѣшиваютъ по обмолотѣ. вѣсъ соломы и мякины опредѣляется обычно по разности. Если нужно, то корневая система также отмывается подъ струей воды, высушивается и взвѣшивается.

Примѣрныя формы бланковъ для записей урожая въ приложены въ вышеупомянутыхъ статьяхъ П. С. Коссовича и П. К. Недокучаева. Относительно обработки данныхъ и выведенія среднихъ здѣсь сохраняетъ силу большая часть сказаннаго раньше но поводу данныхъ полевого опыта.

---

<sup>1)</sup> Если плоды наклонны осыпаться (какъ у гречихи) то иногда приходится до общей уборки снимать отдѣльныя зерна и помѣщать въ пакетики, занумерованные соответственно номерамъ сосудовъ.

## Важнѣйшія руководства по ученію объ удобреніи.

- Густавсонъ.** Двадцать лекцій агрономической химіи. 1889.  
**Костычевъ.** Ученіе объ удобреніи. 1893.  
**Его же.** Обработка и удобреніе чернозема.  
**Трухановскій.** Ученіе объ удобреніи. 1897.  
**Ад. Майеръ.** Ученіе объ удобреніи. 1897.  
**Гейденъ.** Ученіе объ удобреніи 1870.  
**Вагнеръ.** Примѣненіе искусственныхъ удобреній. 1901.  
**Вагнеръ.** Удобреніе азотомъ. 1894.  
**Будринъ.** Искусственныя, преимущественно азотистыя удобренія. 1888  
**Вараковъ.** Курсъ общаго земледѣлія ч. II 1905.
- 

- Grandeau.** Chimie et Physiologie, appliquées à l'agriculture et sylviculture 1879.  
(содержитъ лучшій историческій очеркъ по развитію агрономической химіи).  
**Sachsse.** Lehrbuch der Agrikulturchemie 1888.  
**Ad. Mayer.** Lehrbuch der Agrikulturchemie (рядъ изданій).  
**Déhérain.** Chimie agricole (2-е изд.).  
**Müntz et Girard.** Les engrais 3 тома (1889).  
**Maercker.** Kalidüngung 1892.  
**Schucht.** Fabrikation des Superphosphats (2-е изд. 1903 г.).
-

### Замѣченныя погрѣшности.

	<i>Напечатано:</i>	<i>Должно быть:</i>
Стр. 23 строка 4 снизу	1836	1837
" 20 " 4 "	3 п.	5 п.
" 56 " 17 "	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	(апатитъ)
" 73 " 1 "	яда	ряда
" 240 " 1 сверху	нефелинъ	нефелиновая порода
	(Тоже на стр. 241, 259 и 260, въ нѣсколькихъ мѣстахъ)	
" 258 строка 11 снизу	ангидритъ	ангидритъ

## ОГЛАВЛЕНІЕ.

### Введеніе.

	Стр.
Отношеніе настоящаго курса съ смежнымъ отдѣламъ . . . . .	1—4
Ученіе объ удобреніи въ прошломъ и въ настоящемъ. Тэеръ, Либихъ, Буссенго, Гелльригель. Роль опытныхъ станцій въ разработкѣ вопроса о минеральномъ питаніи растеній. . . . .	5—36

### Почва, какъ посредникъ между растеніемъ и удобреніемъ.

Поглотительная способность почвы. Поглощеніе основаній и кислотъ въ зависимости отъ концентраціи и другихъ условій. Участіе отдѣльныхъ составныхъ частей почвы въ явленіяхъ поглощенія; общее значеніе послѣднихъ. . . . .	37—62
--	-------

Органическія вещества почвы; ихъ свойства, въ связи съ условіями образованія. Органо-минеральная теорія. Азотъ органическаго вещества; переходъ къ аммиаку и нитратамъ, приходъ и расходъ послѣднихъ въ почвѣ . . . . .	63—99
---	-------

## Обзоръ матеріаловъ служащихъ для удобренія.

### *Удобренія одностороннія.*

#### А. Азотистыя и удобренія.

Чилийская селитра, ея происхожденіе и составъ. Отношеніе къ почвѣ. Дѣйствіе на различныя растенія (высота урожая составъ его, соотношеніе въ развитіи органовъ). Норвежская селитра и цианъ амидъ кальція . . . . .	100—132
---	---------

Стрнокислый аммиакъ, его полученіе; отличія отъ селитры по отношенію къ почвѣ и дѣйствию на растенія. Гуано, его составъ прежде и теперь. Рыбное гуано; другіе отбросы животнаго происхожденія (кровяная и роговая мука, шерстяные отбросы). Жмыхи какъ азотистое удобреніе. Быстрота разложенія этихъ матеріаловъ въ почвѣ и ихъ сравнительная оцѣнка. Зеленое удобреніе, его значеніе и способъ примѣненія. Нитрагинъ . . . . .	133—160
---	---------

#### В. Фосфорнокислыя удобренія.

Ихъ общее значеніе. Фосфориты, ихъ характеристика и распространеніе въ Россіи обработка (механическая). Значеніе фосфоритнаго удобренія . . . . .	161—179
---	---------

Приготовленіе суперфосфатовъ; основная реакція; составъ продукта. Двойной суперфосфатъ. Явленія ретроградаци и ихъ значеніе. Осажденный фосфатъ (преципитатъ). . . . .	179—189
--	---------

Томасовъ шлакъ, его происхождение и составъ. Кости, ихъ составъ и способы переработки . . . . .	190—208
Удобрительное достоинство различныхъ фосфатовъ въ связи съ особенностями почвъ, растений и сопутствующихъ удобрений. Примѣненіе фосфатовъ (количества, время внесенія, способъ распредѣленія и задѣлки). Дѣйствіе на растенія. . . . .	209—239

### С. Калійныя удобрения.

Растенія потребляющія много кали и растенія отзывчивыя къ каліиному удобрению; несовпаденіе этихъ группъ. Зола, какъ каліиное удобрение. Стассфуртскія соли, составъ важнѣйшихъ продуктовъ. Отношеніе различныхъ культуръ къ стассфуртскимъ солямъ. Нѣкоторые каліиные силикаты, какъ источникъ $K_2O$ . . . . .	240—260
--	---------

### Удобрения помета.

Навозъ и его ингредиенты. Составъ твердыхъ и жидкихъ экскрементовъ; сравненіе состава смѣси экскрементовъ съ составомъ корма. Матерьялы служащія подстилкой, ихъ физическія и химическія особенности. Составъ навоза. Количества его . . . . .	261—268
--	---------

Первыя фазы разложенія его; потери азота въ видѣ углекислаго амміака. Условія разложенія навоза, превращеніе безазотистыхъ и азотистыхъ частей при болѣе продолжительномъ храненіи. Общій характеръ измѣненія въ составѣ навоза при его перепрѣваніи. Устройство гноища и уходъ за навозомъ на гноищѣ. Храненіе подъ скотомъ. Консервирующія средства . . . . .	269—284
---	---------

Дѣйствіе навоза (химическая, физическая и біологическая сторона). Количество питательныхъ веществъ вносимыхъ съ навознымъ удобрениемъ. Усвояемость азота навоза. Явленія „денитрификаціи“. Вывозка и распредѣленіе навоза. Удобрение толокой, условія его примѣненія . . . . .	285—299
--	---------

Компостъ, его приготовленіе и употребленіе. Городскіе отбросы ихъ составъ въ связи съ способами удаленія. Примѣненіе въ необработанномъ видѣ. Пудреты. Сточныя (канализаціонныя) воды . . . . .	299—308
---	---------

### Удобрения косвеннаго дѣйствія.

Поваренная соль. Известь, способы ея примѣненія, дѣйствіе на органическія и минеральныя составныя части почвы. Мергель. Дефекаціонная грязь. Гипсъ, его употребленіе. Существующія объясненія его дѣйствія на почву и растенія . . . . .	309—322
--	---------

### Постановка опытовъ по удобрению въ полѣ и въ искусственной обстановкѣ.

Задачи полевого опыта: приемы устранения погрѣшностей. Вегетаціонный методъ, его задачи и особенности . . . . .	322—384
---	---------

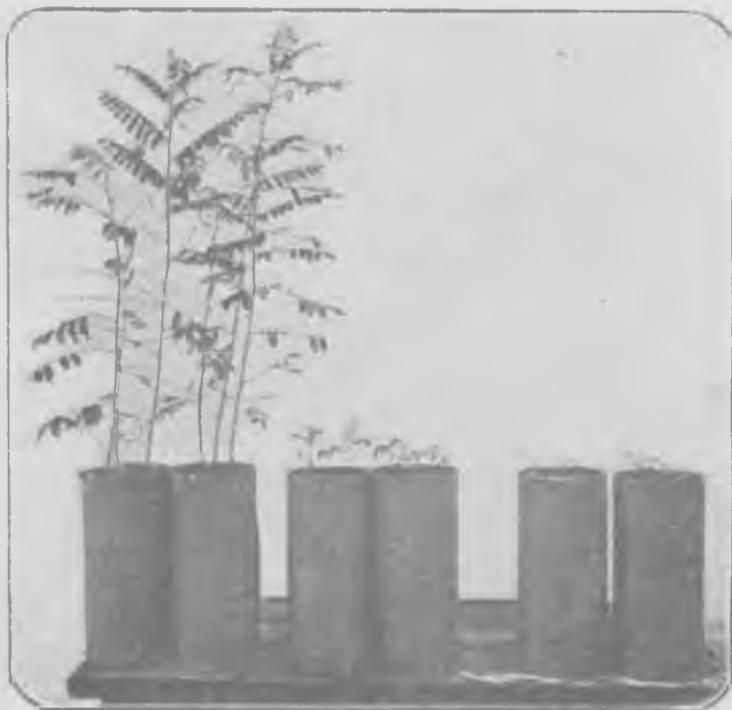
Рис. 1-й (къ стр 161). Значеніе фосфорной кислоты (песчанья култура 1896 г.).





Колич.  $P_2O_5$ :  
 Безъ  $P_2O_5$  0  
 Почва какъ источникъ  $P_2O_5$   $\frac{1}{2}$  1 2  
 $KH_2PO_4$  1 (норм. ве

Рис. 3. Отношеніе Robinia къ фосфориту (песч. к.).



$KH_2PO_4$  Фосфоритъ Безъ  $P_2O_5$

Просо (песчанья культуры 1900 г.). Рис. 4-й<sup>2</sup> (къ стр. 204).



Источ. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : Беат P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Фосфоритъ. ▲ (смол.)	КОСТЯНАЯ МУКА.			СаПр
		сырая	пареная	обезклеенная	
Урожай: 0,15	2,9	15,0	19,9	17,1	19,9

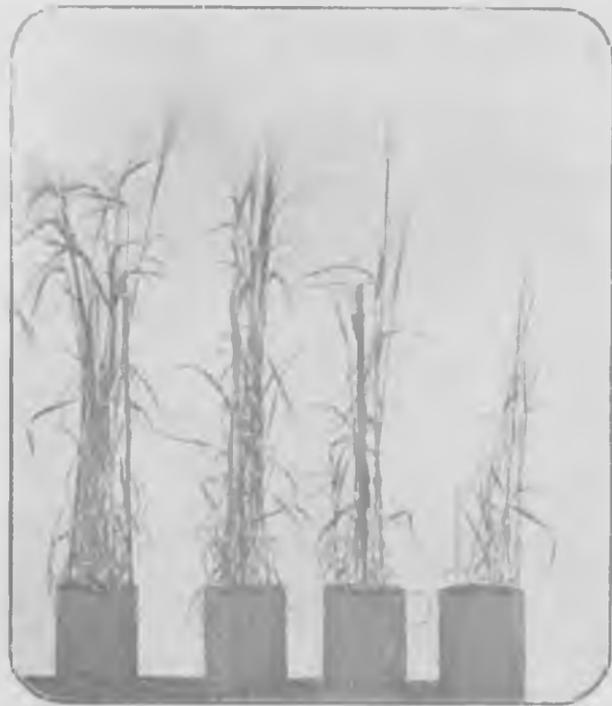
Просо обнаруживаетъ существенныя различія въ сосудахъ съ фосфоритомъ мукой, при чемъ костяная мука дала довольно хорошіе результаты

Рис. 5-й (къ стр. 204). Вліяніе измелъченія костяной муки.



$K_2HPO_4$                       К о с т я н а я   м у к а.                      Б е з ъ  $P_2O_5$   
     $\frac{1}{4}$  мм.                       $\frac{1}{2}$  мм.                      1 мм.

Рис. 6-й (къ стр. 205). Вліяніе  $Fe(OH)_3$  на усвояемость  $P_2O_5$  кост



К о с т я н а я   м у к а.  
 0                      0,1%                      0,3%                      0,3%  $Fe(OH)_3$

Рис. 7-й. Отношение проса в  $AlPO_4$  (стр. 214). $KH_2PO_4$  $AlPO_4$  $AlPO_4$  (прокал.)Без  $P_2O_5$ 

Рис. 8-й. Сахарная свекла в песчаной культуре.



Томасовъ

Фосфатъ

Костяная

Без  $P_2O_5$

Рис. 9-й (кз стр. 216).

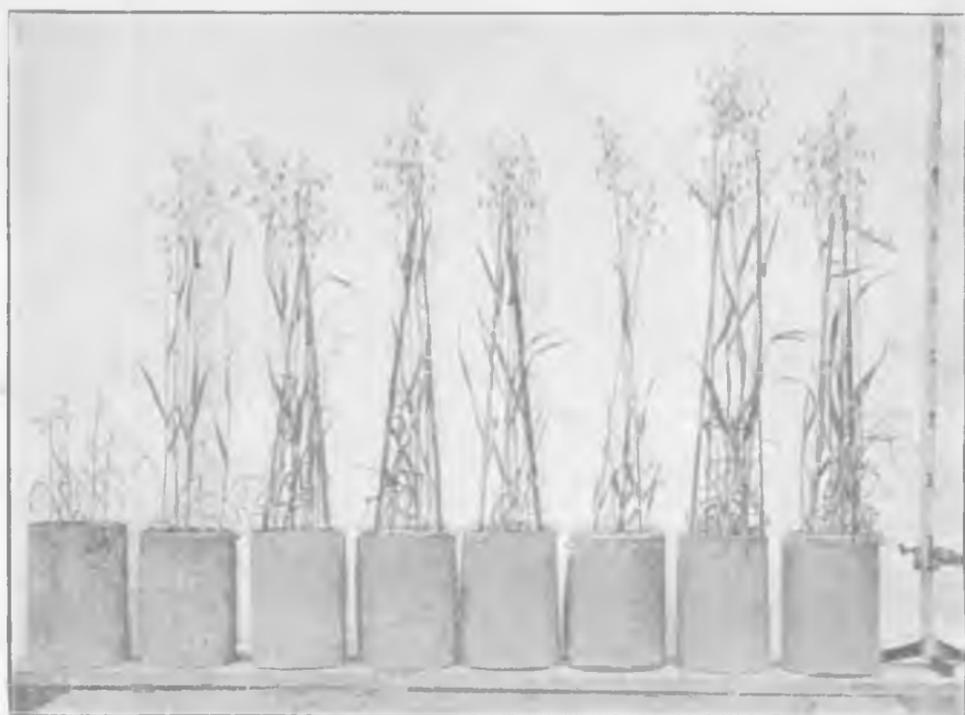


Во возрастающія дозы фосфата (отъ 2-ой до 10-й дозы).

Возр.  $P_2O_5$ .

Опытъ показываетъ, что гречиха въ отличіе отъ пшеницы хорошо используетъ фосфоритъ (ср. рис. 21-й въ текстѣ).

Рис. 10-й. Вліяніе солей аммонія на фосфаты (къ стр. 227).



Фосфоритъ  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$      $\text{CaHPO}_4$   $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$     Фосфоритъ  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$   $+\text{CaCO}_3$     Фосфоритъ  $\text{NH}_4\text{NO}_3$      $\text{CaHPO}_4$   $\text{NH}_4\text{NO}_3$     Фосфоритъ  $\text{NaN}_3$      $\text{CaHPO}_4$   $\text{NaNO}_2$      $\text{KH}_2\text{PO}_4$   $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

Рис. 11-й. Отношеніе гречихи къ разнымъ источникамъ  $\text{K}_2\text{O}$ .

Кле

Слюда

Анофилитъ

Полевой

Безъ  $\text{K}_2\text{O}$

Почвенныя культуры 1902 г. Рис. 12-й (къ стр. 287).

