63.9
П.8-9.0
88465

пр76

Д. Н. Прянишниковъ.
АГРОНОМИЧЕСКАЯ ХИМІЯ (ИЗБРАННЫЯ ГЛАВЫ).

УЧЕНІЕ ОБЪ УДОБРЕНІИ.

4-е ИЗДАНІЕ.

Съ 78 рисунками.

Библиотека Сель-хоз. Института
Отд. 631.8
Шифр П. 859 у.о.
Инв. № 88465
040412

МОСКВА.
Типо-литографія В. Рихтеръ Тверская, Мамоновскій пер., с. д.
1912.

Въ 1900 году студенты Н. М. Тулайковъ и С. М. Кочергинъ составили записки моихъ лекцій по ученію объ удобреніи 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. Третье изданіе (1908) явилось значительно болѣе расширеннымъ, причемъ нѣкоторыя главы введены вновь (напр., использованье 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.

Настоящее (четвертое) изданіе еще разъ пересмотрѣно и по возможности дополнено новыми данными; значительно увеличено число рисунковъ, причемъ большая часть ихъ является оригинальными.

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.

Апрѣль 1912 года.
Петровское-Разумовское.

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 [1]), 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 для всего цѣлаго является *не единство метода* (методы используются самые разнообразные), а *единство цѣли* [2]); здѣсь такой цѣлью служитъ изученіе тѣхъ явленій, съ которыми имѣетъ дѣло человѣкъ въ сельскохозяйственномъ промыслѣ.

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

Слѣдовательно, *знаніе свойствъ этого аппарата,* знакомство съ потребностями растенія должно лежать въ основѣ агрономіи; это знаніе дается намъ *физіологіей растеній* (или точнѣе: эти знанія мы суммируемъ и систематизируемъ подъ рубрикой «физіологіи растеній»).

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

---

[1]) 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“.

[2]) Для раздѣленія же на части пользуются то различіемъ въ методахъ, то различіемъ въ изучаемыхъ объектахъ.

Зная потребности растенія и свойства среды, мы можемъ отыскивать *пріемы воздѣйствія на среду* (преимущественно почву) *и на само растеніе,* которые позволяютъ по возможности согласовать свойства окружающей среды съ потребностями растенія въ цѣляхъ повышенія урожая. Изученіемъ этихъ пріемовъ 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 физіологіи растеній это дѣленіе не требуетъ комментарій (превращенія вещества, превращенія энергіи, превращенія формы). То же и при изученіи свойствъ среды: мы имѣемъ химію почвы, физику почвы, а въ послѣднее время — и стремленіе къ морфологической характеристикѣ почвъ, въ связи съ ихъ генезисомъ. При изученіи пріемовъ воздѣйствія на среду мы имѣемъ пріемы для измѣненія химическихъ свойствъ почвы (ученіе объ удобреніи) и физическихъ ея свойствъ [1]) (ученіе объ обработкѣ), но мы имѣемъ также рядъ воздѣйстій 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 каждая знанія касающіяся *того же самаго объекта* (или служащія той же цѣли), но въ тоже время разбить ихъ на три вертикальныхъ столбца, въ которыхъ объединяющимъ началомъ является *методъ изслѣдованія* [2]).

Если мы прочтемъ заглавія отдѣловъ, попавшихъ въ первый столбецъ (химія растенія, химія почвы, химія удобренія), то найдемъ,

---

[1]) Сравнительно рѣже въ полевой культурѣ употребляются пріемы воздѣйствія на свойства 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 животныхъ обращая въ молоко, мясо, шерсть, въ источникъ мускульной силы: этими вопросами занимается *зоотехнія,*— и въ ней опять-таки можно различить отдѣлы разрабатываемые преимущественно *химическими методами* (обмѣнъ

что эти отдѣлы и составляютъ главное содержаніе *агрономической химіи.*

Такимъ образомъ, агрономическая химія не есть нѣчто параллельное съ физіологіей 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 пріема, 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 разсматривается то какъ часть общаго земледѣлія, то какъ глава агрономической химіи, нѣтъ никакого противорѣчія или противоположенія, совершенно подобно тому, напримѣръ, какъ нѣтъ противорѣчія въ томъ, что любая клѣтка шахматной доски, находясь въ извѣстномъ вертикальномъ ряду, въ то же время принадлежитъ и къ извѣстному горизонтальному ряду.

веществъ въ организмѣ, составъ и переваримость кормовъ), отдѣлъ изучающій *физическія условія* существованія животныхъ (зоогигіена) и наконецъ отдѣлъ, гдѣ преобладающую роль играетъ *изученіе формъ* и законовъ ихъ измѣненія (экстерьеръ и скотозаводское 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 сельскозяйственнаго промысла, но въ сущности терминъ „агрономія“ охватываетъ и общественно-научныя его основанія.

	Объектъ изученія.	Соотвѣтственныя дисциплины. ↓	Агрономическая химія. ↓	Агрономическая физика [1]). ↓	Агрономическая ботаника[2]) (морфологія и систематика) въ приложеніи къ земледѣлію ↓
I.	**Свойства растенія.**	Физіологія растеній. ——→	Химія растенія.	Физіологія физическая.	Физіологія размноженія (генезисъ формъ).
II.	**Свойства окружающей среды.**	Почвовѣдѣніе. ——→ Метеорологія. ——→	Химія почвы (и атмосферы).	Физическія свойства почвъ. Физика въ приложеніи къ явленіямъ атмосферическимъ.	[3]).
III.	**Способы согласованія I и II** (воздѣйствіе преимущественно на почву и растеніе).	Земледѣліе. ——→	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 въ изученіи явленій сельскохозяйственныхъ и журналъ проф. Вольни, наиболѣе 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.

Ученіе объ удобреніи въ прошломъ и настоящемъ.

Подъ удобреніемъ въ широкомъ смыслѣ слова разумѣютъ всякое вещество, вносимое въ почву съ цѣлью повышенія урожаевъ. 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 процессовъ, идущихъ въ почвѣ, внося съ собой организованные ферменты и матеріалъ для ихъ жизнедѣятельности; 4) наконецъ, удобреніе измѣняетъ въ большей или меньшей мѣрѣ физическія свойства почвъ [1]).

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

Удобрять почву люди начали, конечно, ранѣе, чѣмъ наука познакомила ихъ съ жизнью растенія и съ той обстановкой, какую оно находитъ при полевой культурѣ. Какія либо правила приходилось вырабатывать чисто эмпирическимъ путемъ, и нужно сказать, что эти правила достигали иногда въ отдѣльныхъ случаяхъ значительной

[1]) По представленіямъ нѣкоторыхъ американскихъ авторовъ удобренія могутъ еще дѣйствовать какъ противоядія по отношенію къ нѣкоторымъ вреднымъ веществамъ въ почвѣ, при чемъ вещества эти разсматриваются, какъ выдѣленія корней растеній; но на самомъ дѣлѣ не доказано, чтобы растенія выдѣляли такія вещества (вредныя вещества въ почвѣ могутъ быть и другого происхожденія), и невѣроятно, чтобы разнообразныя удобренія обладали одинаковымъ свойствомъ противоядія для того или иного вреднаго вещества.

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 удобреніями животнаго происхожденія они особенно высоко цѣнили изверженія птицъ, какъ энергично дѣйствующія. Извѣстно было римлянамъ и употребленіе зеленаго удобренія, причемъ для этого рекомендовались какъ разъ тѣ растенія, которыя усвояютъ свободный азотъ воздуха (какъ это слѣлалось извѣстнымъ изъ недавнихъ изслѣдованій), т. е. мотыльковыя, и преимущественно лупины. Они знали также, что при плодосмѣнѣ можно получить съ тѣмъ же самымъ количествомъ удобренія 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 «жиръ» почвы, «terrae adeps», который дѣлаетъ почву плодородной, и количество котораго увеличивается при внесеніи удобреній. Напомнимъ, что наше выраженіе «тукъ» (удобреніе) въ прежнее время употреблялось какъ синонимъ слова «жиръ», и до сихъ поръ слово «тучный» сохранило оба значенія [1]).

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 заимствованіямъ изъ древнихъ авторовъ прибавляются и собственныя измышленія, безъ измѣненія, впрочемъ, основныхъ точекъ зрѣнія; здѣсь часто даются совѣты, напр. пріурочивать время внесенія удобреній къ извѣстнымъ фазамъ луны; считаться при внесеніи удобреній съ принципомъ комбинированія веществъ однородныхъ, напр.: «сухую и теплую» почву удобрять навозомъ сухимъ и теплымъ, потому что «simile simili gaudet» Colerus, Oeconomia, 1592) или же, наоборотъ съ принципомъ уравновѣшиванія противоположностей. Питаніе и ростъ приписывали какой-нибудь «субстанціи», считая за сущность растительной жизни въ

[1]) Тоже наблюдается во французскомъ языкѣ (engrais, engraissement).

однихъ случаяхъ жиръ (unctuosum), въ другихъ соль, въ третьихъ селитру. Немного позднѣе Glauberus писалъ: Sal et nitrum est unica vegetatio, generatio omnium vegetabilium, animalium, mineralium.

Среди всей этой литературы рѣзко выдается по опредѣленности воззрѣній 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 унаваживая, то посѣвы извлекутъ изъ земли соль, необходимую для своего роста; земля, такимъ образомъ, обѣдняется солями и отказывается давать урожаи, поэтому нужно ее удобрить или дать отдохнуть нѣсколько лѣтъ, чтобы она снова пріобрѣла нѣкоторую соленость, происходящую изъ дождей и росъ». Подробнѣе о Pallissy см. у Grandeau, Cours de chimie et physiologie, 1879. (Это сочиненіе содержитъ лучшій изъ имѣющихся историческій очеркъ по развитію агрономической химіи).

Мы имѣемъ здѣсь впервые высказаннный 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 зольныхъ веществъ въ видѣ удобреній—положенія, вѣрность которыхъ была доказана точными опытами лишь 300 лѣтъ спустя. Однако работы Pallissy остались неизвѣстными какъ для большинства его современниковъ, такъ и для послѣдующихъ авторовъ, напр. Olivier de Serres, который въ сочиненіи своемъ (вышедшемъ въ 1600 г.) «Theâtre 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 наблюденіямъ и опытамъ. Къ этому же времени относится и первый опытъ водной культуры: Duhamel'ю удалось вырастить въ водѣ и довести до плодоношенія бобы; дубъ росъ у него въ рѣчной водѣ болѣе 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 упсальскій профессоръ Vallerius, авторъ сочиненія «Fundamenta agriculturae chemica», утверждалъ, что зольныя части растеній, полученныя имъ при химическомъ анализѣ, не тождественны съ тѣми, которыя содержитъ почва и что онѣ приготовляются 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 [1]), 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 [2]).

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 углерода.

Въ 1772 году Пристлей замѣтилъ, что растенія способны въ нѣкоторыхъ условіяхъ, выдѣляя кислородъ, исправлять воздухъ, испорченный животными.

Ингенгузъ (1779 г.) указалъ на связь, существующую между выдѣленіемъ зеленыхъ листомъ кислорода и свѣтомъ. Сенебье показалъ, что необходимымъ условіемъ выдѣленія кислорода является присутствіе углекислоты въ окружающемъ воздухѣ и что эта углекислота является источникомъ углерода растеній. 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 полагалъ, что корни воспринимаютъ эту углекислоту почвеннаго раствора

[1]) Такъ Rückert (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).

и приводятъ ее къ листьямъ, гдѣ она подъ вліяніемъ свѣта разлагается, отдавая углеродъ тканямъ, а кислородъ выдѣляя на воздухъ. Что касается воззрѣнія Сенебье на зольныя части, то онъ полагалъ, что онѣ увлекаются механически съ водою, поступающей въ растеніе, поэтому скептически относился съ 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 безполезности», говоритъ Соссюръ. «Фосфорнокислая известь, содержащаяся въ животномъ организмѣ, не составляетъ быть можетъ 5% его вѣса; никто не сомнѣвается однако, что эта соль необходима для образованія костей. Я нашелъ ее въ золѣ всѣхъ растеній, какія только изслѣдовалъ и нѣтъ ни малѣйшаго повода утвержать, что они могутъ обойтись безъ нея» [1]).

Однако до 1842 года не было прямыхъ опытовъ, доказывающихъ необходимость минеральныхъ солей для растенія. До этого же времени не было хорошо обставленныхъ опытовъ выращиванія безъ гумуса и не смотря на то, что уже доказано было, что углеродъ растеній берутъ изъ углекислоты воздуха, на ряду съ питательными веществами авторы того времени обычно ставятъ гумусъ. Теперь можетъ казаться страннымъ, какъ можно было говорить объ усвоеніи углерода изъ перегноя послѣ того, какъ Сенебье и Соссюръ такъ ясно показали, что углеродъ берется изъ углекислоты атмосферы; но дѣло въ томъ, что не было данныхъ и для того, чтобы сказать, что одного *только* углерода атмосферы достаточно для обезпеченія нормальныхъ урожаевъ растеній углеродомъ; а ежедневный опытъ сельскихъ хозяевъ показывалъ къ тому же, что существуетъ какая-то связь между урожайностью почвы и количествомъ органическихъ веществъ, вносимыхъ въ нее или остающихся въ ней въ видѣ урожайныхъ остатковъ.

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

[1]) *Saussure*, Recherches chimiques sur la vegetation, Paris, 1804 (стр. 261).

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 растворы углекислоты въ водѣ содержатъ, такъ сказать, всѣ начала, необходимыя для жизни растеній» [1]). Дэви говорилъ о золѣ, напр., что она можетъ быть хорошимъ удобреніемъ, такъ какъ содержитъ много угля и даже пытался узнать, не поступаетъ ли въ корни растеній непосредственно тонко измельченный уголь, а получивъ отрицательный отвѣтъ на опытѣ, 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 Gázzeri, во Франціи Chaptal.

Но болѣе всѣхъ популярности этой невѣрной теоріи питанія растеній 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 такой находится теперь наше сельское хозяйство: это былъ періодъ упраздненія трехполья и перехода къ плодосмѣнному хозяйству съ воздѣлываніемъ травъ и корнеплодовъ на поляхъ, съ улучшенными пріемами въ области животводства est. Тэеръ не мало способствовалъ введенію улучшенныхъ пріемовъ культуры, какъ своими сочиненіями, такъ и собственной дѣятельностью.

Воззрѣнія его благодаря его широкой популярности и авторитету, которымъ онъ пользовался среди сельскихъ хозяевъ, пріобрѣли широкое распространеніе, а такъ какъ Тэеръ держался гумусовой теоріи питанія растеній, то ее усваивали и его многочисленные читатели. Въ сущности же Тэеръ, который всегда настаивалъ на важности естественно-научныхъ основъ сельскаго хозяйства, самъ не былъ изслѣдователемъ-экспериментаторомъ, онъ обосновывалъ свои взгляды по питанію растеній на имѣвшихся въ то время чужихъ изслѣдованіяхъ; хотя работы Сенебье ему были извѣстны, но на пути къ правильной ихъ оцѣнкѣ стали опыты нѣкоего Hassenfraz'a, который, опре-

[1]) Цитировано по французскому переводу (Elements de chimie agricole par H. Davy), т. II, стр. 6.

дѣляя углеродъ въ сѣменахъ и въ полученныхъ изъ нихъ въ водной культурѣ ростахъ, всегда наблюдалъ убыль углерода [1]); отсюда сдѣлали выводъ, что безъ доставленія перегноя 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; предполагалось, что чѣмъ больше питательныхъ веществъ содержитъ растеніе, тѣмъ больше оно и поглощаетъ гумуса; напримѣръ, 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 количествво 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 [2]).

Это ученіе господствовало до 40-хъ годовъ, когда послѣдовалъ радикальный поворотъ во взглядахъ на значеніе перегноя и минеральныхъ веществъ почвы въ питаніи растеній, главнымъ образомъ подъ

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

[2]) Часто Тэеру 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 Соссюромъ ассимиляцію углерода изъ углекислоты воздуха, наряду съ этимъ они допускаютъ усвоеніе его изъ перегноя, причемъ центръ тяжести въ разныхъ случаяхъ у нихъ перемѣщается то въ сторону одного, то другого процесса.

вліяніемъ книги Либиха «Химія въ приложеніи къ земледѣлію и физіологіи 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 мѣнѣе 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), «Die Lehre vom Dünger» (1839), Leipzig.

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

«Растенія изъ неорганическихъ веществъ, получаемыхъ ими изъ почвы и воздуха образуютъ тѣла органическія съ помощью свѣта, тепла, электричества и влаги», читаемъ мы на 48 стр. его «Ученія объ удобреніи». Ему извѣстно было, напр. и то, что нѣкоторыя минеральныя вещества необходимы для образованія бѣлковыхъ тѣлъ въ растеніи; такъ онъ говоритъ о постоянномъ присутствіи фосфора въ клейковинѣ, проводитъ параллель съ животными, у которыхъ мозгъ постоянно содержитъ фосфоръ.

Считая соли необходимыми для жизни растенія и зная ихъ происхожденіе изъ почвы, Шпренгель естественно пришелъ къ объясненію паденія урожаевъ 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 возмѣщеніе утраченнаго ею, причемъ всегда нужно обращать больше вниманія на такъ называемыя минеральныя вещества, чѣмъ на кислородъ, углеродъ и водородъ, такъ какъ эти послѣднія растеніе находитъ и въ воздухѣ; что же касается азота, то онъ долженъ быть также внесенъ въ связанной формѣ, такъ какъ большинство растеній 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 вниманіе обращено на тѣ питательныя вещества, которыхъ мало въ почвѣ.

Такимъ образомъ мы видимъ у Шпренгеля то самое ученіе о значеніи минеральныхъ веществъ и необходимости возврата ихъ, которое обыкновенно считается всецѣло принадлежащимъ Либиху.

Шпренгель ясно сознавалъ оригинальность своихъ воззрѣній; онъ говоритъ о «своей» теоріи питанія, «которая основана не только на

многихъ наблюденіяхъ и размышленіяхъ, но, что я считаю болѣе рѣшающимъ, также на многихъ и очень многихъ сравнительныхъ опытахъ».

Лишь въ одномъ пунктѣ Шпренгель сходится съ гумусовой теоріей и расходится съ Либихомъ—онъ, считая главнымъ источникомъ углерода въ растеніяхъ углекислоту воздуха, не отрицаетъ все же одновременнаго использованія перегноя почвы корнями; но у него не было ни одного факта, который позволилъ бы ему отрицать это (какъ не было его въ началѣ 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 растеніе заимствуетъ углеродъ изъ перегноя, 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 перегноя, необходимое для пополненія потребности растеній въ углеродѣ, при среднемъ урожаѣ [1]). Слѣдовательно 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. Слѣдовательно, перегной почвы не необходимъ для развитія растеній. Идя дальше, Либихъ отвергъ совершенно самую возможность усвоенія органическихъ веществъ корнями, поставивши въ основѣ ученія о питаніи растеній (а слѣдовательно, и ученія объ удобреніи) положеніе, что *только неорганическая природа доставляетъ растеніямъ ихъ первоначальную пищу* [2]).

---

[1]) Замѣтимъ, что даже и Тэеръ прямо не утверждалъ, что углеродъ заимствуется *исключительно* изъ перегноя.

[2]) Наличность слова „только" въ этомъ тэзисѣ и составляетъ ту характерную черту, которой не доставало у Sprengel'я.

На долю перегноя Либихъ оставилъ только одну роль — постояннаго источника углекислоты въ почвѣ; она ускоряетъ процессъ вывѣтриванія силикатовъ и подготовляетъ 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 лишь зольная часть его. (Это впослѣдствіи 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.

Тэеръ и его послѣдователи считали существеннымъ условіемъ поддержанія 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 цищи 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 [1]) (хлѣба), значитъ, чередованіемъ культуръ мы только замедляемъ ходъ истощенія почвы, болѣе равномѣрно используемъ существующій въ ней запасъ питательныхъ веществъ; но рано или поздно истощеніе наступитъ, если мы не будемъ правильно возвращать почвѣ того, что изъ нея взято.

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

На необходимости возврата минеральныхъ веществъ почвѣ (указанной ранѣе Palissy, Rückert'омъ, Sprengel'емъ) Либихъ настаивалъ съ громадной энергіей и несоблюденію этого приписывалъ большое историческое значеніе. «Причина возникновенія и паденія націй лежитъ въ одномъ и томъ же. Расхищеніе плодородія почвы обусловливаетъ ихъ гибель, поддержаніе этого плодородія — ихъ жизнь, богатство и могущество». Какъ на примѣръ, Либихъ указывалъ на судьбу Греціи и Рима, пришедшихъ къ упадку экономическому и нравственному благодаря незнанію законовъ природы. Той же судьбой грозилъ онъ и современному хозяйству, если оно во время не прекратитъ расхищеніе питительныхъ веществъ почвы, которое происходитъ, какъ указывалъ Либихъ, прежде всего въ слѣдующемъ направленіи. Большая часть хозяйствъ продаетъ въ городъ зерно и другіе продукты, увозя вмѣстѣ съ ними и тѣ вещества, которыя взяты были изъ почвы для ихъ образованія; возвращаются въ навозѣ лишь вещества, входящія въ составъ соломы и сѣна, идущихъ на кормъ и подстилку животнымъ. Слѣдовательно, поля при исключительно навозномъ удобреніи ежегодно не дополучаютъ часть того, что отдаютъ растенію; а такъ какъ есть разница въ составѣ зерна и соломы, то не всѣми питательными веществами почва будетъ обѣдняться въ равной степени; прежде всего почувствуется недостатокъ въ фосфорной кислотѣ, которой много содержится въ зернахъ и менѣе—въ соломѣ. Это сейчасъ же скажется на урожаѣ зерна, такъ какъ величина урожая зависитъ отъ вещества находящагося въ наименьшемъ количествѣ (Либиховскій *законъ минимума)*; сколько бы ни содержалось въ почвѣ кали, азота, она не даетъ хорошаго урожая, если въ ней нѣтъ должнаго количества фосфора, и наоборотъ: если не хватаетъ кали, не поможетъ фосфоръ и т. д.

«Придетъ время, писалъ Либихъ, когда каждое поле, сообразно съ растеніемъ, какое на немъ имѣютъ въ виду разводить, будетъ удобряться свойственнымъ удобреніемъ, притотовленнымъ 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».

Проповѣдь 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 называемыя 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, чтобы этотъ послѣдній не могъ обойтись безъ нихъ для своего полнаго 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 пескѣ, промытомъ кислотой, въ обрѣзкахъ платиновой проволоки, помѣщенныхъ въ платиновомъ же тиглѣ и давая только дистиллированную воду, Вигманъ и Польсторфъ легко могли показать, что проростки скоро останавливались въ ростѣ и содержали столько же золы, сколько сѣмена; тѣмъ они дали отвѣтъ на первую половину вопроса, *опровергнувъ такимъ образомъ на опытѣ 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 почвѣ извѣстнаго 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 на зольныя вещества, какъ на пищу растеній, доставляемую имъ почвой* [1]).

---

[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 гуминово-кислый амміакъ, а слѣдовательно можно было поставить вопросъ, *что вызвало ростъ растеній въ 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 опытъ въ тиглѣ опровергалъ воззрѣнія не только Шрадера, а также и воззрѣнія ван-Гельмонта и Дюгамеля, 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

Но еще недостаточно было рѣшить вопросъ о необходимости зольныхъ частей вообще, нужно было разобрать, всѣ 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 удобреніяхъ 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 всѣ элементы золы, но не дано азота, то растеніе не развивается нормально (такъ же и наоборотъ), но выводы этого автора относительно значенія отдѣльныхъ элементовъ золы не были достаточно доказательны [1]). Большая часть дальнѣйшихъ работъ по вопросу объ усвоеніи минеральныхъ веществъ сдѣлана была по другому методу—методу *водныхъ культуръ*, при которомъ корни растеній погружаются въ растворъ питательныхъ веществъ въ дистиллированной водѣ. Этотъ методъ получилъ въ то время предпочтеніе потому, что свободную отъ примѣсей воду получить легче, нежели совершенно чистый песокъ; кромѣ того и самая прозрачность среды, возможность вынимать изъ нея растеніе, не причиняя вреда ему, представляютъ извѣстныя удобства. Заслуга разработки и примѣненія этого метода къ окончательному рѣшенію вопроса о зольныхъ веществахъ принадлежитъ сельскохозяйственнымъ опытнымъ станціямъ, развившимся въ Германіи въ 50-хъ годахъ [2]).

благопріятное вліяніе питательной смѣси. И мы должны также сказать, что различіе въ ростѣ было вызвано присутствіемъ не одннхъ минеральныхъ веществъ, но и азота. Во всякомъ случаѣ эта работа была первымъ серьезнымъ для того времени обращеніемъ къ эксперименту (по крайней мѣрѣ въ Германіи).

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

[2]) Германскія опытныя станціи обязаны своимъ возникновеніемъ той потребности въ научномъ объясненіи сельскохозяйственныхъ явленій, которую будилъ своими произведеніями Либихъ; самъ онъ наклоненъ былъ объяснить все, исходя изъ общихъ положеній, но жизнь показала, что нужно пройти еще черезъ длинный путь эксперимента, чтобы отдѣлить 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 „окружныхъ сельско-хозяйственныхъ химиковъ“, которые должны были бы участвовать въ засѣданіяхъ с.-х. обществъ, объѣзжать свои

Библіотека Отд. Шифр Инв. № 88465 Сель-Хоз. Института

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

округъ, знакомясь съ состояніемъ хозяйствъ, давать совѣты, читать лекціи, анализировать почвы и удобренія; очевидно въ то время предполагалось, что хорошій химикъ уже eo ipso одинъ способенъ замѣнить и и cattedra ambulante и опытную станцію. Мысль о такой возможности была въ нѣкоторой степени подана примѣромъ двухъ химиковъ, Stöckhardt'a и Petzholdt'a, пріобрѣвшихъ 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 иниціативѣ Лейпцигскаго общества сельскаго хозяйства, возникла въ скромной обстановкѣ первая самостоятельная опытная станція въ Möckern'ѣ (какъ учрежденіе имѣющее цѣлью только изслѣдованіе, безъ связи съ преподаваніемъ) и завѣдующимъ былъ приглашенъ впослѣдствіи столь извѣстный своими работами д-ръ Эмиль Вольфъ. Но при маломъ персоналѣ и скудномъ бюджетѣ первыхъ лѣтъ открытія станціи должны были работать при довольно неблагопріятныхъ условіяхъ—имъ приходилось сразу заниматься и научнымъ изслѣдованіемъ, и выполненіемъ заказовъ частныхъ лицъ на анализы кормовъ, почвъ, удобреній, сѣмянъ, при чемъ эта „контрольная„ дѣятельность давала въ значительной долѣ средства къ существованію станціи, но конечно замедляла выполненіе основной задачи, отвлекая силы отъ научнаго изслѣдованія. Тѣмъ не менѣе вскорѣ же опытныя станціи блестяще оправдали надежды на нихъ возложенныя, и ярче всего это сказалось на окончательной разработкѣ главы о минеральномъ питаніи. Отдѣльныя станціи, обязанныя возникновеніемъ соединенію въ одномъ лицѣ и ученаго и хозяина (Буссенго и Лоозъ) ведутъ свое начало еще съ 1834 года во Франціи и Англіи (см. *Тимирязевъ*. Полвѣка опытныхъ станцій). Хронологическія данныя по развитію германскихъ опытныхъ станцій см. у Nobbe, L. Vers. Stationen. Bd. 22.

Съ слѣдующей же весны (1858 г.) начались опыты съ водными культурами на двухъ опытныхъ станціяхъ, именно въ Möckern'ѣ (Кнопъ) 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 [1]) и въ 1859 году они были продолжены Кнопомъ и Мекернѣ, а въ Тарандѣ былъ приглашенъ для веденія этихъ опытовъ вмѣсто Handke въ качествѣ ассистента Саксъ, встрѣтившійся теперь съ необходимостью составить подходящій питательный растворъ, пользуясь данными предыдущихъ опытовъ Handke (и также вначалѣ личными указаніями послѣдняго; ср. Кнор. I с. 592). Отмѣчаемъ это, чтобы констатировать, что *вся опытная разработка вопроса о зольномъ питаніи шла въ этотъ періодъ 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 сообщали Кнор (Möckern) и Саксъ (Тарандъ), но Саксъ пришелъ къ методу фракціонированныхъ растворовъ, и лишь Кнор установилъ полную питательную смѣсь для нормальныхъ культуръ въ той формѣ, въ какой до сихъ поръ ей пользуются [KH^2PO^4, KNO^3, $Ca(NO)^{2,3}$ $MgSO^4$, $FePO^4$]. Кнопъ подмѣтилъ вредъ закисныхъ соединеній, а также констатировалъ, что недостаточный 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) [2]). 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

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

[2]) Вводя KNO_3 и $Ca(NO_3)_2$ Кнопъ констатировалъ, что азотная кислота потребляется растеніями въ большихъ количествахъ, чѣмъ основанія, избытокъ которыхъ остается въ растворѣ въ видѣ двууглекислыхъ солей.

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 Knop'a. Nobbe и Wolf'a особенно прочно связаны съ этимъ движеніемъ.

Разработка метода искуственныхъ культуръ, получившаго названіе метода *синтетическаго*, позволила окончательно 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 растеній и какіе находятся въ золѣ случайно, только теперь можно было съ увѣренностью сказать хозяевамъ, что въ употребляемыхъ ими удобреніяхъ существенно, и что составляетъ балластъ.

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

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

Несомнѣнно, что толчокъ къ этой разработкѣ былъ данъ тѣмъ движеніемъ, которое вызвалъ Либахъ; хотя онъ самъ и не наклоненъ 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 удобреніями 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 [1]).

Но многія черты ученія Либиха при столкновеніи съ дѣйствительностью должны были претерпѣть болѣе или менѣе 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 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 пріемовъ, даже убыточныхъ въ данное время для хозяйства. Покойный Н. Е. 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 косвенный путь для использованія атмосфернаго азота въ цѣляхъ синтеза органическаго вещества при помощи растенія [2]).

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 непроизводительный, что атмосфера содержитъ въ достаточномъ количествѣ углекислый амміакъ, который поглощается почвой и растеніями и что имъ покрывается текущая потребность растеній въ азотѣ. Какъ видно изъ приведенной ранѣе цитаты, Шпренгель правильнѣе Либиха смотрѣлъ на вопросъ объ азотистыхъ удобреніяхъ.

По этому вопросу цѣлая серія работъ принадлежитъ другому крупному представителю агрономической химіи—Буссенго [3]).

---

[1]) Теперь въ одной Германіи работаетъ около 100 такихъ заводовъ (главнымъ матерьяломъ служатъ фосфориты).

[2]) Теперь сдѣланъ еще одинъ шагъ въ этомъ направленіи: азотъ воздуха используется для приготовленія селитры заводскимъ путемъ (см. ниже).

[3]) Либихъ род. 1803, умеръ 1873: Boussingault род. 1802, ум. 1887 г.; первыя работы Буссенго относятся къ 1837 году; непрерывной цѣпью продолжаются онѣ на цѣлое полстолѣтія, затрагивая основные вопросы физіологіи растеній и агрономіи (см. его Agronomie, Chimie agricole et Physiologie, 8 томовъ).

Опыты Буссенго въ 1837—38 годахъ съ песчаными культурами, безъ внесенія азота, показали ему, что растенія усвояютъ въ этихъ условіяхъ элементы углекислоты и воды (въ небольшихъ размѣрахъ), но что азота они содержали 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 [1]), Буссенго въ слѣдующихъ опытахъ выращивалъ растенія подъ колпаками, замкнутыми сѣрной кислотой или въ стеклянномъ шкафу, съ постояннымъ токомъ воздуха очищеннаго отъ соединеній азота. Извѣстно, 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 Джильбертъ при тщательномъ повтореніи опытовъ Буссенго въ Ротамстедѣ. Напротивъ, азотъ связанный, внесенный въ формѣ нитратовъ, давалъ въ опытахъ Буссенго урожаи, возраставшія 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 вліяніемъ селитры	—	*0,323*	*0,733*	*2,883*

Какъ видимъ. внесеніе селитры въ количествахъ относящихся какъ 1: 2: 8 вызвало увеличеніе урожаевъ 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 вліяніе его оказалось незамѣтнымъ. Такъ было установлено значеніе азотистыхъ удобреній, подвергнутое сомнѣнію со стороны Либиха.

---

[1]) 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, прокаливаніе песка, изоляція сѣрной кислотой и другія мѣры для устраненія связаннаго азота устраняли и бактерій.

Казалось, вопросъ объ азотѣ былъ исчерпанъ; если мы 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'ѣ (Эльзасъ); тамъ онъ, подвергая учету путемъ анализа количество отдѣльныхъ элементовъ вносимыхъ съ удобреніями и уносимыхъ урожаями послѣдовательныхъ культуръ даннаго сѣвооборота, замѣтилъ, что урожаи въ суммѣ уносятъ больше азота, чѣмъ его вносится съ удобреніями за весь періодъ сѣвооборота.

Вотъ эти данныя:	Азотъ урожаевъ.	Азотъ удобреній.	Разность.
1. Трехполье (паръ, 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 *люцерны* (5 лѣтъ).	1035,0	—	1035,0

Значитъ вопросъ объ источникахъ азота не былъ законченъ, нужно было выяснить 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 *нитрификаціи;* если бы это было такъ, то конечно факты наблюдавшіеся въ Бехельброннѣ и въ другихъ хозяйствахъ стали бы понятнымъ.

Что нитраты образуются при разложеніи животныхъ и растительныхъ остатковъ въ землѣ—извѣстно было давно, и этимъ пользовались въ цѣляхъ практическихъ, именно, добывали селитру для приготовленія 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 благопріятствуетъ нитрификаціи (перелопачиваніе кучъ), что нужна извѣстная температура что наличность основаній имѣетъ значеніе (отсюда прибавка золы) [1]).

---

[1]) Еще въ 1748 году Piertsh сформулировалъ довольно точно условія благопріятныя для нитрификаціи, въ сочиненіи премированномъ Берлинской Академіей наукъ.

Помимо этого, процессъ нитрификаціи мѣстами идетъ настолько энергично въ природѣ, что невольно останавливалъ 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 налетомъ—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% [1]).

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 анализирована.

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 анализировалъ не только дождь и снѣгъ, но и росу, и влагу тумана.

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).

[1]) Буссенго провелъ нѣкоторое время въ южной Америкѣ, въ 20-хъ годахъ истекшаго столѣтія; см. его описанія, точныя и изящныя (напр. „La bitriére de Tacunga“) въ вышеназванномъ собраніи сочиненій.

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 новаго обогащенія, то по крайней мѣрѣ возвращенія атмосферѣ связаннаго азота—это испареніе амміака вмѣстѣ съ парами воды съ поверхности морей [1]); найдя, что вѣтеръ, проходящій съ моря приноситъ больше амміака, нежели вѣтеръ, проходящій по континенту, Шлезингъ построилъ на этомъ довольно стройную теорію круговорота азота, не лишенную тогда извѣстнаго значенія [2]).

[1]) Кромѣ 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 растеніями безъ участія почвы. (Опыты Сакса, Майера и Шлезинга доказали возможность такого условія, правда при искусственномъ обогащеніи атмосферы углекислымъ амміакомъ).

[2]) 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, позволяющіе 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, вѣягиваемый 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^3
ночью. . . .	2,68	1,99	2,58	4,08

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

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

Амміакъ изъ атмосферы поглощается почвой (или приносится съ дождемъ), въ почвѣ онъ подвергается нитрификаціи, образовавшаяся селитра вымывается въ подпочву, оттуда въ рѣки и съ ними приходитъ въ морѣ; въ морѣ нитратами питаются водоросли, которыя или впослѣд-

Въ свое время теорія Шлезинга казалась единственнымъ выходомъ изъ противорѣчія, 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 растеній, а между тѣмъ въ сельскохозяйственной практикѣ все болѣе и болѣе накоплялись факты, указывающіе, что одни изъ культурныхъ растеній (бобовыя) используютъ какіе-то источники азота, недоступные для другихъ.

Весьма рельефно это сказалось и 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 взяли въ суммѣ 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, значитъ 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 урожаи пшеницы могли брать вдвое болѣе азота (каждый), чѣмъ въ первомъ случаѣ.

ствіи 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 обратно отдается постепенно морской водой атмосферѣ и круговоротъ такимъ образомъ заканчивается.

Но распредѣленіе амміака между жидкой и газообразной средой (океаномъ и атмосферой) подлежитъ извѣстнымъ физическимъ законамъ—чѣмъ выше t^0, тѣмъ больше амміака выдѣлится водой въ воздухъ, чѣмъ ниже t^0. тѣмъ вода будетъ удерживать большія количества амміака въ растворѣ; значитъ южныя моря будутъ отдавать атмосферѣ больше амміака, чѣмъ сѣверныя, значитъ южные вѣтры будутъ вызывать повышеніе 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. азотъ въ годъ, или около 1 пуда на десятину. Для сравненія укажемъ, что хорошій урожай пшеницы беретъ до 5 п. азота съ десятины.

Но подобныя опредѣленія дали въ разныхъ мѣстахъ результаты несовпадающіе. У насъ имѣются по этому вопросу данныя Плотянской опытной станціи гдѣ получены такія результаты:

N въ mgr .	въ видѣ NH_3	N_2O_5	N_2O_3
На литръ .	0,932	0,042	0,009

Въ суммѣ за годъ на десятину это даетъ только 0,27 пуда азота, при чемъ этому малому приходу азота отвѣчаетъ и малое вымываніе нитратовъ изъ почвы, почти равное въ данномъ случаѣ приходу (Сводъ работъ Плотянской опытной станціи за десятилѣтіе 1895—1904, ст. *Вельбеля*). Въ другихъ климатахъ, болѣе влажныхъ, осадки могутъ приносить больше азота, но и вымываніе будетъ больше.

Благопріятное вліяніе культуры клевера на урожай послѣдующихъ хлѣбовъ (отзывчивыхъ къ азотистому удобренію) 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 Люпицѣ), который показалъ, что можно получать на бѣдной песчаной почвѣ удовлетворительные урожаи ржи и картофеля, не примѣняя ни селитры, ни навоза, а культивируя лупины на зеленое удобреніе и внося подъ нихъ каинитъ и фосфаты.

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

Причину этого развитія выяснилъ, какъ извѣстно, Гельригель. Онъ еще въ 60-хъ годахъ, завѣдуя сельско-хозяйственной опытной станціей [1]), поставилъ себѣ съ 1862 года одной изъ главныхъ задачъ опредѣленіе количества отдѣльныхъ элементовъ пищи (N, K, P,), какія необходимы для полученія нормальныхъ урожаевъ сельскохозяйственныхъ культурныхъ растеній. Оказалось, что установленіе такихъ нормъ для азота натолкнулось на непредвидѣнныя затрудненія. Именно, при песчаныхъ культурахъ (въ пескѣ *непрокаленномъ*, въ отличіе отъ опытовъ Буссенго) злаки обнаруживали извѣстную правильность, давая урожай тѣмъ большій, чѣмъ больше введено было въ сосуды азота въ формѣ селитры, но бобовыя развивались внѣ всякой зависимости отъ этого фактора.

«Въ 1862 и 63 году мы видѣли, что на нашемъ пескѣ при удобреніи, не содержащемъ азота, клеверъ обильно цвѣлъ, а на слѣду-

---

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

ющій 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 Гельригель въ своемъ краткомъ введеніи [1]).

Эти обстоятельства заставили Гельригеля обратиться къ изученію условій развитія растеній въ сосудахъ, именно прослѣдить вліяніе объема сосудовъ, влажности, освѣщенія, свойства сѣмянъ; эти опыты дали матеріалъ извѣстной книгѣ Гельригеля «Naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaues», вышедшій въ 80-хъ годахъ [2]); 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.

Около этого времени появилась работа Brunhorst'a посвященная анатоміи клубеньковъ на корняхъ бобовыхъ [3]), около того же вре-

[1]) См. описаніе этой серіи работъ: „Untersuchungen über die Sticktstoffnährung 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]) Въ 1874 г. Гельригель прекратилъ дѣятельность въ Dahme и до 1883 (Bernburg) онъ не имѣлъ въ распоряженіи лабораторіи и приборовъ. Въ этомъ внѣшнемъ обстоятельствѣ съ одной стороны и во внутреннихъ качествахъ самаго 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 épuisè 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 Гельригель смѣло могъ бы избрать это правило девизомъ своихъ работъ.

[3]) Клубеньки эти изслѣдовались еще въ 1865 году Воронинымъ, который призналъ микрооганизмы виновниками ихъ образованія; но ни въ какую связь съ усвоеніемъ азота эти образованія тогда не приводились.

мени Бертело сообщилъ о своихъ наблюденіяхъ, по которымъ почва, населенная микроорганизмами, нѣсколько обогащается азотомъ насчетъ атмосферы, но будучи стерилизована утрачиваетъ эту способность.

Все это заставило Hellriegel'я при опытахъ 1886 года испытать вліяніе стерилизаціи почвы и зараженія на усвоеніе азота бобовыми; результатъ получился совершенно рельефный: только тѣ изъ стерилизованныхъ сосудовъ, которые были вновь заражены почвеннымъ настоемъ, дали растенія бобовыхъ снабженныя кубеньками, способныя развиваться независимо отъ внесенія связаннаго азота; если же зараженія не было, не было и клубеньковъ, не было отличія отъ злаковыхъ въ отношеніи къ азотистому удобренію.

Сообщивъ объ этихъ наблюденіяхъ на съѣздѣ натуралистовъ въ Берлинѣ въ 1886, *Гельригель 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 бактерій, главныхъ виновниковъ этого «исключенія». Гельригель 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 соединеній 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 полнѣе чѣмъ злаки утилизировать тотъ источникъ азота, которому такое значеніе придавалъ Либихъ.

Такимъ образомъ, Гельригель доказалъ, что въ извѣстной мѣрѣ правы были старые авторы, давая нѣкоторымъ растеніямъ названіе *обогащающихъ* почву: бобовыя могутъ 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 удобренія (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 Гельригелемъ (причемъ опыты того и другого повторены и потверждены 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 усвоять азотъ и внѣ 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 (напр. ольха); о работѣ Коссовича (П. С.), констатировавшаго, что водоросли, свободныя отъ бактерій, не усвояютъ свободнаго азота.

Одно время казалось необходимымъ условіемъ, чтобы азотъ амміака перешелъ въ форму нитратовъ, чтобы послужить пищей высшимъ растеніямъ; но Мюнцъ путемъ метода полустерилизаціи (устраненіе нитрификаціи) 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 питаніе солями амміака дало результаты уступающіе селитрѣ, потому что не принята была во вниманіе физіологическая кислотность солей аммонія; Коссовичъ и Mazé, проведя одновременно съ стерилизаціей и нейтрализацію остающейся кислотности, показали, что при этихъ условіяхъ аммоній является не худшимъ источникомъ азота чѣмъ селитра [1]).

[1]) Названныя сейчасъ имена (Münz, Pitsch, Коссовичъ) показываютъ, что и этотъ физіологическій вопросъ рѣшенъ при видномъ участіи агрономическихъ лабораторій. Тоже относится къ вопросу объ усвоеніи азота изъ амміака, поступающаго черезъ листья растеній: въ 1859 Stöckhardt на опытной станціи въ Tharand'ѣ предпринялъ повтореніе старыхъ опытовъ Davy относительно вліянія углекислаго 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 растеній погружались въ общій водный растворъ, проходя каждое черезъ одно изъ горлышекъ Вульфовой склянки; надземныя же части обоихъ растеній были окружены атмосферой разнаго состава (изоляціи съ помощью двухъ стеклянныхъ колпаковъ), и только то растеніе, которое получало углекислый амміакъ черезъ листья усвояло азотъ изъ этого источника, а не другое; и у Шлезинга результатъ получился довольно доказательный; позднѣе по этому вопросу еще работалъ Мюнцъ, такъ что можно считать несомнѣнно установленнымъ, что изъ искуственно обогащенной атмосферы растенія могутъ заимствовать значительныя количества связаннаго азота.

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 бактеріологовъ выдѣлить и изучить морфологію соотвѣтственныхъ микроорганизмовъ.

Такъ, Шлезингъ и Мюнцъ открыли бактеріальный характеръ этого процесса, тщательно изучили вліяніе температуры, влажности и состава воздуха на ходъ нитрификаціи (подробнѣе объ этомъ будетъ говориться дальше). Работы эти были повторены и подтверждены въ Ротамстедѣ Варингтономъ и изученіе процесса было доведено въ агрономическихъ лабораторіяхъ приблизительно до той же стадіи, какъ и вопросъ объ условіи азота Гельригелемъ: какъ тамъ затѣмъ понадобились работы Пражмовскаго для выдѣленія самаго микроорганизма, такъ здѣсь только благодаря Виноградскому найдены были соотвѣтственныя формы (Nitrosomonas и Nitrobacter), при чемъ задача Виноградскаго была гораздо труднѣе, такъ какъ ему пришлось для новыхъ физіологическихъ типовъ бактерій отыскивать новыя условія изобрѣтать новую культурную среду (замѣнить желатину минеральнымъ студнемъ—кремнекислотой).

Представители агрономической химіи такимъ образомъ не разъ являлись въ роли піонеровъ, опредѣляющихъ сущность неизвѣстнаго еще явленія, основной характеръ того или иного процеса, когда же выяснено, куда слѣдуетъ его отнести, тогда выступаютъ на сцену спеціалисты данной отрасли, изучаютъ явленіе во всей его чистотѣ, и тогда оно можетъ описываться въ соотвѣтственныхъ отдѣлахъ общей классификаціи наукъ [1]).

[1]) То же видимъ въ вопросѣ о денитрификаціи (Deherain, Gayon, Wagner), о метановомъ броженіи (Deherain, Schloesing), и въ многимъ другихъ случаяхъ.

Въ томъ фактѣ, что разработка извѣстныхъ главъ физіологіи растеній шла подъ флагомъ *агрономичеекой химіи,* мы видимъ одинъ изъ случаевъ какъ бы несовпаденія логическаго порядка въ распредѣленіи научнаго матеріала съ порядкомъ историческимъ, который обусловливается больше всего наибольшей продуктивностью при раздѣленіи труда изслѣдованія: логически агрономія базируется на физіологіи растеній, получаетъ отъ нея готовые выводы, исторически во многихъ отношеніяхъ мы видимъ обратное; но такое раздѣленіе труда только ускоряло 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 физіологовъ), а кромѣ того жизнь выдвигала рядъ вопросовъ, насущность научнаго рѣшенія которыхъ именно агрономами чувствовалась наиболѣе осязательно, и опытныя станціи съ честью выполнили эту задачу, несмотря на то, что многія изъ нихъ при скудномъ бюджетѣ обременены еще были аналитической (контрольной) дѣятельностью [1]).

[1]) Мы отмѣтили выше случаи, когда цѣлый рядъ физіологическихъ 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 участіе въ изученіи физіологическихъ процессовъ, вовсе не связанныхъ столь близко ни съ ученіемъ объ удобреніи, ни съ другими практическими задачами, потребовавшихъ также примѣненія химическаго метода. Въ качествѣ примѣра упомянемъ о работахъ по дыханію Ад. Майера (установленіе большой кривой дыханія), по ассимиляціи—Deherain'a, Kreusler'a (не говоря о Буссенго), Годлевскаго, по прорастанію—Детмера, Гальльригеля, (въ Россіи—Лясковскаго), въ особенности же—Шульце, спеціально изучившаго превращеніе азотистыхъ веществъ при прорастаніи и выработавшаго методы для изолированія отдѣльныхъ продуктовъ. Самая методика анализа растеній создана преимущественно въ агрономическихъ лабораторіяхъ—достаточно назвать способъ опредѣленія бѣлковъ по „Штуцеру", рядъ модификацій „Кіельдаля", опредѣленіе нитратовъ по „Шлезингу", амміака по Боссгарту, аспарагина—по Саксе, амидокислотъ—по Бемеру и пр. Тоже и для безазотистыхъ веществъ—опредѣленіе клѣтчатки—по „Геннебергу и Штоману", пентозановъ—по Толленсу жира по Сокслету, и т. д. — все это настолько вошло въ лабораторный обиходъ, что каждый студентъ, проходившій анализъ растенія, знаетъ эти методы по именамъ 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, воторая имѣла въ виду выработку 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 разсмотрѣніе выходитъ за предѣлы нашего вѣдѣнія.

Обращая взглядъ на путь, пройденный за текущее столѣтіе, можемъ констатировать, что отошедшія въ прошлое теоріи, какъ бы односторонними они не казались, все-таки обычно содержали въ себѣ какое-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 почвъ—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 растеній (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 растеніе, 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 растеній.

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 удобренія; поэтому для насъ важно познакомиться съ тѣмъ, какъ почва относится къ вносимымъ въ нее солямъ, какова ея роль, какъ посредника между удобреніемъ и растеніемъ.

Исторію изученія явленій поглощенія ведутъ обыкновенно съ Gázzeri (Италія), который съ 1819 г. издалъ сочиненіе озаглавленное «Новая теорія удобренія». 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 соприкосновеніе вещества и удерживаетъ ихъ, чтобы передать растеніямъ по мѣрѣ надобности». Въ Германіи Броннеръ въ 1836 году производилъ такіе же опыты, не зная о работахъ Gázzeri и пришелъ къ заключенію, что даже песчаныя почвы способны притягивать растворимыя вещества и сполна ихъ воспринимать, не отдавая ихъ затѣмъ притекающей водѣ; даже растворимыя соли, будучи поглощены, лишь въ незначительныхъ количествахъ вымываются водою; отсюда Броннеръ заключилъ, что дѣйствіе удобренія касается лишь верхняго слоя почвы, не достигая подпочвы.

Въ Англіи въ 1845 г. Томсонъ наблюдалъ поглощеніе амміака изъ солей, причемъ замѣтилъ, что при дѣйствіи на почву растворомъ $(NH_4)_2SO_4$ въ растворъ переходитъ гипсъ. Въ 1850 году въ Англіи же появились обстоятельныя изслѣдованія Уэ (Way), который продѣлалъ опыты съ многими почвами и различными веществами, пытаясь выяснить, какая составная часть обусловливаетъ поглощеніе. Процѣживая черезъ почву растворы калійныхъ и амміачныхъ солей, онъ наблюдалъ поглощеніе основаній, 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 вступаетъ 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 цеолитъ, приливая растворъ натроваго стекла къ раствору квасцовъ и констатировалъ его способность поглощать кали. Тоже показалъ онъ и для известковаго цеолита. При этомъ наблюдалась эквивалентность основаній входящихъ и выходящихъ 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 поглотительной способности почвы и не подчеркнулъ важность его съ точки зрѣнія питанія растеній и удобренія. 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 сѣрнокислаго 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 (взбалтываніе) 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 физическихъ[1]). 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 въ замѣтныхъ количествахъ 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 почвой, напр., кали изъ растворовъ KCl, K_2SO_4, и т. д.: титры профильтровываемыхъ жидкостей оставались безъ измѣненія; а красящія вещества этотъ же уголь осаждаетъ.

Помимо того, что сравненіе почвы съ углемъ является не вполнѣ подходящимъ, рядъ работъ по поглотительной способности, вызванныхъ 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 богатыя 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 по-

[1]) Впрочемъ позднѣе Либихъ самъ констатируетъ различіе между угольнымъ порошкомъ и почвой (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.

глощенія, 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 поглощенныя 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. 0.55 gr. Na_2O въ формѣ.	Поглощ. въ gr.	Въ % отъ взятаго колич.	Для кали. Взято.	Для кали. Поглощено.	%
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 поглощенія того или другого основанія зависятъ еще отъ предшествующаго состоянія или искусственной (химической) обработки почвы; такъ если обработать почву калійными солями, такъ сказать насытить ее кали, то ея поглотительная способность для натра возрастаетъ, какъ показалъ Петерсъ: его почва поглощала вначалѣ изъ 250 к. с. раствора съ 0.3609 Na_2O (въ формѣ NaCl)—*0.0270* Na_2O, а послѣ обработки растворомъ кали—*0.0621* Na_2O. Тоже можетъ быть слѣдствіемъ и естественныхъ свойствъ почвы—если въ ней много натра въ поглощенномъ состояніи, то она будетъ поглощать его плохо, если же много K_2O, CaO, то Na_2O будетъ хорошо поглощаться.

Величина поглощенія не представляетъ чего-либо постояннаго, но находится въ зависимости и отъ условій опыта; такъ, она зависитъ отъ того, съ какой кислотой соединено основаніе; затѣмъ концен-

трація раствора также сильно вліяетъ: чѣмъ крѣпче 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:

Въ 500 частяхъ воды растворено:	K_2O поглотилось:
0.585-mmg.	0.190-mmg.
1.170	0.250
2.340	0.390

Какъ видно, поглощеніе повышается не пропорціонально концентраціи, а медленнѣе. Бедекеръ питался установить такое правило для этого: величина поглощенія возрастаетъ при увеличеніи 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 удвоеніи концентраціи отъ $^1/_{20}$ до $^1/_{10}$ нормальн. раствора для K_2CO_3—1,21 (min.), для KNO_3—1,85 (max.).

Для высшихъ концентрацій отступленія еще сильнѣе.

Мы здѣсь имѣемъ дѣло съ условіями подвижнаго равновѣсія; подобно тому, какъ количество газа растворенаго въ жидкости зависитъ отъ парціальнаго 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 взамѣнъ 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 Келльнера [1]) (для большихъ концентрацій).

---

[1]) Landwirthschaftliche Versuchsstationen XXXII. Значительная часть другихъ примѣровъ цитирована по Sachsse, Lehrbuch d. Agriculturchemie, и Гейдену, Ученіе объ удобреніи.

100 гр. почвы изъ	10% раствора поглотили	0.855
» » »	15% » »	0.897
» » »	20% » »	0.909
» » »	25% » »	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:

	Взято кали:	Растворено:	Поглощено:	%	Отношеніе:
100 gr. почвы.	0.5888 gr. K_2O въ	250 к. с.	0.1990 gr.	= 33.8%	1.—
	1.1795 » » »	500 »	0.2517 »	= 21.3%	1.21
	2.3550 » » »	1000 »	0.2935 »	= 12.4%	1.47

И здѣсь опять поглощеніе возрастаетъ не пропорціонально количеству раствора, а слабѣе: это ясно и a priori; положимъ, что изъ количества основанія A, растворенаго 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 концентраціи 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 обратное выдѣленіе вещества изъ почвы въ растворъ; оно продолжается до нѣкоторой промежуточной между 1 и 2 ступенью, на которой осуществится равновѣсіе. Кромѣ того, увеличеніе поглощенія вслѣдствіе увеличенія объема жидкости уступаетъ увеличенію вслѣдствіе удвоенія концентраціи, 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 Геннеберга и Стомана изъ амміачнаго раствора поглотилось черезъ 4 часа—0.050 gr., черезъ 24—0.058 и черезъ 168—0.067 gr.

Зависимость отъ t^0 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, полученныя имъ для 5 почвъ Японіи (анализы агрономической лабораторіи въ Токіо [1]).

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

1	2	3	3	4
2.483	1.700	1.940	1.524	1.583

При обработкѣ NH_4Cl и перечисленіи $(NH_4)_2O$ на K_2O 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 нѣсколько выше 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 такъ 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 калія и аммонія.

Петерсомъ получены были также близкія къ эквивалентнымъ числа другимъ методомъ: дѣйствуя растворомъ KCl на почву, онъ въ фильтратѣ опредѣлялъ CaO, MgO, Na_2O и перечислялъ всѣ эти освованія на кали, получалось слѣдующее:

	Эквивалент. основ.	Поглощено K_2O.
При 0.2944 K_2O въ 250 к. с.	0.1241	0.1381
» 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; магнезія поглощается съ большей энергіей, нежели известь, какъ это видно изъ слѣдующихъ цифръ:

Концентрація (норм. раств.=1),		Количество основанія.		Поглощено.
$MgCl_2$	0.1	1.0 gr. на	250 к. с.	0.0985— 9.8%
$CaCl_2$	0.1	1.4 gr.	»	0.0374— 2.7%
$MgCl_2$	0.01	0.1	»	0.0346—34.6%
$CaCl_2$	0.01	0·14	»	0.0208—15.0%

[1]) Landw. Versuchsstationen. XXXIII.

Опыты эти произведены были съ почвой бѣдной известью и магнезіей: въ ней было 0.24 CaO (раств. въ HCl) и 0,28 MgO, въ почвахъ же богатыхъ этими веществами поглощеніе будетъ равно 0, 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 невывѣтрившіеся минералы видимо должны быть исключены изъ числа факторовъ поглощенія [1]). Первый, состоя изъ кварцевыхъ зеренъ, представляетъ почти неизмѣняемое химически тѣло, противостоящее дѣйствію даже сильныхъ реактивовъ. Остаются слѣдовательно слѣдующія вещества: силикаты водные (являющіеся продуктомъ сложнаго вывѣриванья), гидраты окиси желѣза и глинозема, свободная водная SiO_2, карбонаты, сульфаты, фосфаты и гуматы.

Что касается водныхъ силикатовъ, то они или представляютъ конечные продукты вывѣриванія, простые силикаты, какъ водный кремнекислый глиноземъ (каолинъ), водная кремнекислая магнезія (талькъ), или суть продукты вывѣриванія 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 Раутенбергъ 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 фосфорной кислоты. Кремнекислыя щелочи поглощаются каолиномъ въ извѣстной степени цѣликомъ безъ разложенія, образуя двойныя соли. Что же касается фосфорнокислыхъ соединеній, то тутъ можетъ происходить отчасти обмѣнное разложеніе: образуется съ одной стороны

[1]) Въ послѣднее время впрочимъ накопляются данныя показывающія что безводные силикаты не безусловно стойки и поддаются дѣйствію растворовъ въ большей мѣрѣ чѣмъ казалось ранѣе: значитъ ихъ роль въ поглощеніи можетъ быть не равна нулю; см. *К. Д. Глинка.* Изслѣдованія въ области процессовъ вывѣриванія, 1906, а также *Ditrich*, Bied. Centralblatt, 1902, 196.

фосфорнокислый глиноземъ, а съ другой — кремнекислое кали напр., это послѣднее можетъ связаться опять таки избыткомъ каолина.

Цеолиты. Что встрѣчающіеся въ природѣ цеолиты обладаютъ въ сильной степени способностью обмѣнивать свои основанія, показали опыты Эйхгорна и Лемберга. Первый изъ нихъ бралъ известковый цеолитъ (шабазитъ) въ мелкоистолченномъ состояніи (I) и обрабатывалъ его при обыкновенной t° 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_4Cl)	IV (Na_2CO_3)	V ($(NH_4)_2CO_3$	VI (KCl)
SiO_2	47.44	48.31	51.26	48.39	50.61	47.89
Al_2O_3	20.69	21.04	22.17	20.76	21.26	23.62
CaO	10.37	6.65	4.15	5.64	5.63	—
$(NH_4)_2O$	—	—	6.94	—	5.91	—
K_2O	0.65	0.64	0.61	6.86	0.87	—
Na_2O	0.42	5.40				
H_2O	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 взамѣнъ ихъ воду; подобные примѣры имѣются въ опытахъ Лемберга, который повышалъ содержаніе кали въ цеолитѣ съ 5.34 до 17.7% дѣйствуя растворенным КОН.

Разъ цеолиты обладаютъ въ такой сильной степени поглотительной 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 [1]); не имѣемъ даже возможности выдѣлить изъ нея цѣликомъ цеолитную часть, за отсутствіемъ такого растворителя, который бы не разрушалъ цеолитовъ. Но тѣмъ не менѣе объясненіе явленій поглощенія присутствіемъ цеолитовъ въ почвѣ имѣетъ извѣст-

[1]) Впрочемъ, въ вышеназваной 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, l. c., 126). Въ общемъ же названный авторъ высказывается противъ признанія широкаго значенія цеолитовъ въ почвахъ.

ную 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 нагрѣваніи, 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_2O	Поглотилось K_2O.
До обработки HCl . . .	0.0940	0.084	0.0261	0.1841
Послѣ обработки . . .	0.0136	—	0.0004	0.0227

Брустлейнъ наблюдалъ даже полное уничтоженіе поглощенія почвой амміака изъ NH_4Cl послѣ обработки HCl одной изъ изслѣдованныхъ имъ почвъ. Но лишь долгая обработка HCl способна низводить 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, теряютъ воду и лишь очень медленно обмѣниваютъ свои основанія при соприкосновеніи съ растворами солей; такъ, шабазитъ въ опытахъ Эйхгорна терялъ способность поглощать NH_3. Подобнымъ же образомъ дѣйствуетъ прокаливаніе и на почву. Въ опытахъ Biedermann'a изъ раствора съ 0.4283 K_2O на 100 к. с. почва поглотила слѣдующія количества K_2O:

	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, пріобрѣтаетъ ее. Такъ, Раутенбергъ показавъ, что каолинъ не поглощаетъ основаній, взбалтывалъ этотъ каолинъ съ растворомъ хлористаго кальція и алюминія и затѣмъ

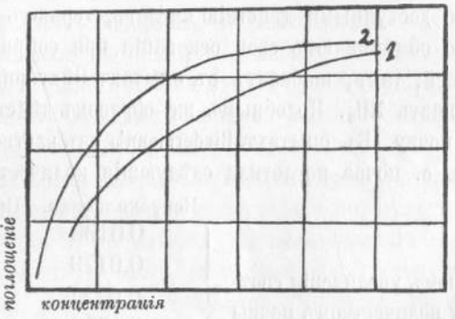
приливалъ столько кремнекислой щелочи, чтобы сполна осадить известь и глиноземъ. Такимъ образомъ получался каолинъ съ разными количествами искусственнаго цеолита (смотря по количеству взятыхъ веществъ).

Поглощеніе амміака изъ раствора NH_4Cl получилось слѣдующее:

100 gr. каолина съ	5%	силиката поглотили	0.1291
»	10%	» »	0.2324
»	20%	» »	0.3245

Такимъ образомъ каолинъ пріобрѣлъ 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 [1]) параллельно поглощеніе для нильской почвы и искусственно имъ приготовленнаго силиката, послѣдній представлялъ натрово-глиноземную водную соль кремнекислоты такого состава: SiO_2—48.42, Al_2O_3—23.16, Na_2O—14.20 и H_2O—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 цеолета, получились весьма близкія между собой:



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

Взамѣнъ поглощаемаго основанія цеолиты выдѣляютъ другое; если растворъ не мѣняется, то на извѣстномъ пунктѣ реакція останавливается, подъ вліяніемъ 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 $CaCl_2$, причемъ въ одномъ случаѣ прибавлялся NaCl, а въ другомъ нѣтъ.

Взято силиката.	Поглощено безъ NaCl.	Поглощено+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 вытѣсняется 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 извѣстная пропорціональность между ихъ содержаніемъ въ почвѣ и поглотительною 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. Кнопъ 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 поглощенныя основанія, вытѣсняя ихъ аммоніемъ, путемъ промыванія почвы растворомъ NH_4Cl. Но и въ такомъ случаѣ, если бы мы могли точно опредѣлить поглощенныя 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 наблюдалъ приблизительный параллелизмъ между количествомъ цеолитовъ и поглощеніемъ въ почвѣ, принимая за мѣрило количество кремнекислоты, выдѣляемой кислотами въ свободномъ состояніи и явля-

[1]) Land. Versuchsstationen, XXI; также LXV, 247.

ющейся результатомъ разложенія цеолитовъ [1]). 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. $Fe_2(OH)_6$ поглощали	при концентраціи раствора:
0.0396 gr. NH_3	0.8417 на 200 к. с.
0.0462 »	1.6834 »
0.0478 »	3.6650 »
0.1264 gr. K_2O	0.8482 на 200 к. с.
0.1468 »	1.6927 »
0.1577 »	3.4247 »

[1]) Въ послѣднее время D. Meyer 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 NH_4Cl, то часть извести (именно углекислая), должна переходить въ растворъ въ видѣ $CaCl_2$, 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 CO_2, что по Meyer'у и зависитъ отъ присутствія въ почвѣ цеолитовъ, такъ какъ сдѣланный съ цеолитами отдѣльный опытъ показалъ, что они также отдаютъ свою известь вытяжкѣ съ NH_4Cl, 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.

Кромѣ ѣдкихъ щелочей глиноземъ способенъ еще поглощать кремнекислое 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).

Затѣмъ $Fe_2(OH)_6$ и $Al_2(OH)_6$ могутъ играть и косвенную роль въ поглощеніи, связывая кислоты, вводимыя въ почву вмѣстѣ съ поглощаемымъ основаніемъ.

Гидратная SiO_2 не обладаетъ способностью задерживать щелочи изъ сѣрно-азотно-и солянокислыхъ солей, но поглощаетъ основанія карбонатовъ (не говоря, конечно, о свободныхъ щелочахъ); такъ K_2CO_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. K_2CO_3 поглощено было 45% K_2O 20-ю граммами SiO_2 $4H_2O$ [1]); при этомъ въ растворѣ остается $KHCO_3$. Точно также въ случаѣ фосфорнокислыхъ щелочей возможно поглощеніе части основанія съ образованіемъ соотвѣтственныхъ кислыхъ солей. Но амміакъ 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 поглотительной способности. У Беммелена такая почва (100 gr.) поглотила изъ 1.3818 gr. K_2O (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 поглотительной способности почвы, какъ это обнаружилось въ опытахъ Гейдена. Онъ, послѣ обработки почвы соляной кислотой, кипятилъ ее съ содой, чтобы удалить SiO_2. Когда послѣ этой обработки онъ испытывалъ дѣйствіе раствора KCl, то почва, вмѣсто ожидаемаго пониженія поглощенія показала увеличеніе его противъ почвы ничѣмъ не обработанной; именно, почва вначалѣ поглощала 0.0524 gr. K_2O, а послѣ дѣйствія HCl и Na_2CO_3—0.1124, т. е. вдвое больше. Дѣло объясняется такъ. При дѣйствіи кислоты цеолиты отдаютъ ей свои основанія, выдѣляя SiO_2; въ связи съ кремнекислотой остается лишь глиноземъ, слѣдовательно, получается каолинъ. При дѣйствіи углекислой щелочи на SiO_2 получается кремнекислая щелочь, которая съ каолиномъ и даетъ опять цеолитъ; что же касается того, почему поглощеніе не только возстановляется, но и уве-

[1]) Landw. Versuchsstationen, XXIII.

личивается, то во первыхъ всѣ бывшія въ почвѣ основанія замѣнены однимъ — натромъ, поэтому отсутствующія будутъ усиленно поглощаться; а во вторыхъ кислота можетъ еще измѣнять несполна вывѣтрившіеся силикаты, обогащать ихъ водными остатками, отнимая часть основаній, благодаря чему поглотительная способность увеличивается.

Подобнымъ же образомъ какъ сода, въ другихъ опытахъ (Петерса) *углекислая известь* возстановляла и увеличивала поглотительную способность почвы, промытой соляной кислотой. Беммеленъ показалъ, что въ присутствіи углекислой извести водная SiO_2 способна поглощать щелочи въ небольшомъ количествѣ и изъ среднихъ солей, напр. изъ KCl. (Объясняетъ это онъ такъ: растворъ KCl способенъ растворять небольшія количества $CaCO_3$; естественно допустить, что въ растворѣ будетъ существовать K_2CO_3 и $CaCl_2$; тогда K_2CO_3 и будетъ реагировать съ SiO_2 обычнымъ путемъ, съ образованіемъ $KHCO_3$).

Перегнойныя вещества почвы также участвуютъ въ процессахъ поглощенія. Что касается поглощенія ими основаній изъ среднихъ солей, то оно можетъ совершаться на подобіе цеолитовъ. Гуминовая кислота способна образовать сложныя соли; такъ, Детмеромъ приготовлена была нерастворимая двойная известково-амміачная 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 NH_4Cl: взамѣнъ поглощеннаго количества амміака выдѣлились въ соотвѣтствующемъ количествѣ известь и магнезія. При кипяченіи гумуса съ соляной кислотой поглотительная 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 [1]) перегной (изъ Sphagnum) поглотилъ слѣдующія количества амміака (въ % отъ растворенаго количества):

Изъ NH_4OH . . .	82.0%	изъ $(NH_4)_3PO_4$ . . .	57.3%
» NH_4Cl	7.6%	» $(NH_4)_2CO_3$ . . .	65.3%
» $NH_4H_2PO_4$ . .	11.6%	» $(NH_4)_2SO_4$ . . .	8.2%
» $(NH_4)_2HPO_4$. . .	44.8%		

[1]) Biedermann's Centralblatt fur Agriculturchemie, 1881.

Карбонаты извести и магнезіи участвуютъ во 1-хъ въ поглощеніи кислотъ, дающихъ съ ними нерастворимыя соединенія (какъ фосфорная, кремневая) а во 2-хъ они отчасти обусловливаютъ взаимное поглощеніе; если къ почвѣ, содержащей $CaCO_3$, будетъ притекать растворъ $MgCl_2$, то отчасти будетъ образовываться $MgCO_3$, а $CaCl_2$ переходитъ въ растворъ; точно также и наоборотъ—содержаніе $MgCO_3$ въ почвѣ можетъ вызвать поглощеніе извести изъ $CaCl_2$. Какъ направленіе реакціи, такъ и степень замѣщенія будетъ зависѣть отъ количественнаго соотношенія реагирующихъ веществъ. Подобныя же реакціи карбонатовъ возможны, въ извѣстной мѣрѣ и съ азотнокислыми и сѣрнокислыми солями. Но эти явленія играютъ второстепенную роль, сравнительно съ вышеразсмотрѣнными.

Наконецъ, *фосфаты* и *сульфаты* тоже отчасти могутъ являться факторами поглощенія основаній, поскольку эти послѣднія способны давать нерастворимыя соединенія вслѣдствіе реакцій обмѣна или образованія сложныхъ соединеній, напр. фосфорно - амміачно - магнезіальная соль.

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

Фосфорная кислота. Здѣсь мы находимъ законности подобныя тѣмъ, какія видѣли при поглощеніи основаній: тоже абсолютное возрастаніе и процентное пониженіе при повышеніи концентраціи. Вотъ цифры Петерса для KH_2PO_4.

	24 часа.	3 недѣли.
100 gr. изъ 0,892 gr. P_2O_5		
раств. въ 250 к. с. погл.	0,3238 = 36,3%	0,5141 — 56,6%
100 gr. изъ 1,784 gr. P_2O_5		
раств. въ 250 к. с. погл.	0,5168 = 29,0%	0,7196 — 40,4%

Кромѣ 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 Na_2HPO_4 оказалось, что поглощеніе было въ случаѣ различныхъ почвъ:

	1.	2.	3.	4.	5.
для Na_2O	0,143	0,233	0,233	0,355	0,286
для P_2O_5	0,070	0,177	0,229	0,289	0,514

Такимъ образомъ не наблюдается какого-либо постояннаго соотношенія между поглощеніемъ натра и P_2O_5 [1]). Тоже оказалось и при опытахъ съ калійными и амміачными солями. Но всетаки поглощеніе основанія и кислоты не идутъ вполнѣ независимо другъ отъ друга; именно, первое можетъ косвенно повышать второе, взамѣнъ кали и натра въ растворъ переходитъ известь, магнезія, способныя связывать P_2O_5 и поглощеніе ея усиливается. Обратное воздѣйствіе также можетъ имѣть мѣсто: разъ P_2O_5 связываетъ известь, напряженіе въ растворѣ и стремленіе обратно замѣщать напр. натръ — уничтожается, и новое количество натра можетъ вступить 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 P_2O_5.

Кромѣ того, силикаты могутъ отдавать основанія кислымъ фосфатамъ и свободной P_2O_5: извѣстно что водные силикаты могутъ быть въ различной степени насыщены основаніями, основанія эти могутъ выходить изъ ихъ состава, замѣщаясь водой, если для нихъ является какое либо болѣе сильно связывающее ихъ вещество, какимъ и можетъ явиться P_2O_5 для извести и магнезіи.

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 дѣйствію свободной или не вполнѣ 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 удобреній въ почвѣ разсмотримъ его подробнѣе. Наичаще фосфорная кислота съ цѣлью удобренія вносится

[1]) Это очевидно зависитъ отъ природы основаній, которыя вытѣснялись натромъ: если въ однихъ почвахъ вытѣснялась преимущественно известь, то фосфорная кислота связывалась больше; въ другихъ могло вытѣсняться кали, дающее растворимыя соли съ фосфорной кислотой.

въ почву въ видѣ $Ca(H_2PO_4)_2$ — одноизвестковаго 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 лимоннокисломъ амміакѣ; его называютъ поэтому полурастворимымъ фосфатомъ; наконецъ, трехъосновный фосфатъ $Ca_3(PO_4)_2$ въ безводномъ состояніи принадлежитъ къ веществамъ нерастворимымъ ни въ водѣ, ни въ лимоннокисломъ амміакѣ; онъ поддается лишь дѣйствію 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 воспринятіе извести:

$$Ca(H_2PO_4)_2 + CaCO_3 = Ca_2(HPO_4)_2\ ^{1}) + H_2O + CO_2.$$

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

$$2Ca(HPO_4) + CaCO_3 = Ca_3(PO_4)_2 + CO_2 + H_2O.$$

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

Съ полуторооксидами фосфорная кислота образуетъ соединенія вообще въ водѣ нерастворимыя, но они могутъ быть при меньшемъ количествѣ основанія растворимы въ лимоннокисломъ амміакѣ. Наичаще встрѣчается въ почвѣ $Fe_2(OH)_6$; смотря по количеству онъ отнимаетъ большее или меньшее количество P_2O_5 у известковаго монофосфата и переводитъ его въ ди- или трифосфатъ. Желѣзо также можетъ выходить изъ состава силикатовъ и связываться съ P_2O_5, а въ силикатъ войдетъ основаніе фосфорнокислой соли.

Гейденъ показалъ, что послѣ обработки почвы HCl поглощеніе ею P_2O_5 спускается до незначительной величины; это совершенно понятно, такъ какъ HCl удаляетъ большую часть основаній связывающихъ P_2O_5. Наоборотъ, при обработкѣ почвы известковой водой или прибавленіи къ ней Fe_2Cl_6 поглощеніе P_2O_5 увеличивалось.

Азотная, сѣрная и *соляная кислоты.* Ни одна изъ этихъ кислотъ не поглощается сколько нибудь правильно и въ замѣтныхъ количествахъ. Вотъ цифры Кнопа для HNO_3, полученныя въ опытахъ съ черноземомъ (100 gr. почвы):

[1]) $2CaHPO_4$.

свободная HNO_3	1) дано 26 к. с. N	найдено	24
	2) „ 13.5	„	15
	3) „ 17.0	„	15
	4) „ 17.0	„	17
	5) „ 25.0	„	25
въ видѣ KNO_3	1) „ 13.5	„	16
	2) „ 32.0	„	32
	3) „ 64.0	„	64

Незначительное уменьшеніе содержанія азота, наблюдавшееся въ нѣкоторыхъ 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 [1]).

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 этихъ кислотъ (въ очень слабыхъ размѣрахъ), то можно предположить образованіе основныхъ солей съ полуторооксисями почвы; такъ, Варингтонъ наблюдалъ, что $Fe_2(OH)_6$ дѣлаетъ щелочными растворы $(NH_4)_2SO_4$, NH_4NO_3 [2]).

Затѣмъ нѣкоторые щелочно-глиноземные силикаты способны образовывать двойныя соединенія съ сѣрнокислыми 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 SiO_2 поглощаться почвой, какъ это наблюдалъ Либихъ.

Уничтоженіе кислотности почвы путемъ прибавленія $CaCO_3$ или прокаливанія увеличиваетъ поглощеніе кремнекислоты.

Изъ предыдущаго изложенія видно, что явленія поглощенія сво-

[1]) Gutzeit 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 *Франкфурта* и *Душечкина*, Вѣстникъ Сахарной Промышленности 1906.

[2]) Jahresbericht für Agriculturchemie 1868 г.

дятся главнымъ образомъ къ причинамъ химическимъ; причины физическія не исключаются совершенно, но ихъ роль является подчиненной [1]).

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

Изъ физіологіи растеній извѣстно, что корни растеній 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 накопляться въ значительныхъ количествахъ; поглощаясь, они находятся въ состояніи всегда готовомъ для воспринятія корнями, но не дѣйствуютъ разрушающимъ образомъ на нихъ. Ходъ усвоенія нужно представлять себѣ такъ: растеніе поглощаетъ изъ слабаго раствора питательныя вещества въ большей пропорціи, чѣмъ остальныя (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 отдаютъ вновь часть ихъ, вслѣдствіе нарушенія равновѣсія и растеніе вновь можетъ усвоять ихъ и т. д.

Точно также при внесеніи въ почву удобренія въ видѣ растворимыхъ солей концентрація повышалась бы чрезмѣрно, если бы тѣ

[1]) Кромѣ явленій поглощенія въ собственномъ смыслѣ какъ онѣ выше описаны различаютъ еще „адсорпцію“ и „абсорпцію“. Значеніе этихъ терминовъ не всегда одинаково; мы приведемъ только слѣдующее ихъ объясненіе. Подъ адсорпціей разумѣютъ неравенство концентраціи раствора, окружающаго почвенныячастицы, 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 измельченныхъ веществъ) нѣсколько понижаютъ свои концентраціи, слѣдовательно часть соли задерживается почвой (но цѣликомъ, безъ обмѣннаго разложенія, имѣющаго мѣсто при типичномъ поглощеніи); въ другихъ-же случаяхъ возможна отрицательная адсорпція. 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 *Гедройца* „Почвенный растворъ etc“, Журналъ Опытной Агрономіи, 1906 г., стр. 540).

вещества, напряженіе которыхъ въ растворѣ наибольшее, не поглощались бы съ наибольшей силой. Поглотительная способность является такимъ образомъ регуляторомъ почвеннаго раствора со стороны *концентраціи* его. Болѣе того, она обезпечиваетъ и *разнообразіе* почвеннаго раствора [1]), какъ это ясно изъ вышесказаннаго: при внесеніи въ почву, напр., солей натра, часть его поглотится и взамѣнъ его выдѣлится соли 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) [2]).

Затѣмъ поглотительная способность сохраняетъ въ почвѣ цѣлый

---

[1]) Замѣтимъ, что полученіе почвеннаго раствора въ неизмѣненномъ видѣ въ цѣляхъ изслѣдованія его состава требуетъ особыхъ пріемовъ; см. между прочимъ статью ***Ищерекова***, Журналъ Опытной Агрономіи 1907, 147.

[2]) Обычно принимаютъ, что только поглощенныя почвой вещества являются усвояемыми и опредѣляютъ ея плодородіе другія же соединенія (какъ безводные силикаты) представляютъ лишь тотъ запасъ, изъ котораго постепенно при вывѣтриваньи образуются легко усвояемыя вещества. Существуютъ однако лишь единичные опыты, въ которыхъ напр. констатировано совпаденіе между количествомъ кали въ поглощенномъ состояніи (способнаго вытѣсняться растворомъ NH_4Cl) и потребленіемъ кали растеніями за вегетаціонный періодъ.

Однако, если такое совпаденіе для извѣстной почвы констатировано въ случаѣ одного растенія (для люпина въ опытахъ Kellner'a), то еще нельзя ожидать такого же совпаденія для другихъ растеній, въ виду возможныхъ различій въ усвояющей способности корневой системы (см. примѣры въ главѣ о фосфатахъ). Затѣмъ, для нѣкоторыхъ случаевъ несомнѣнно констатировано, что безводные силикаты могутъ отдавать часть своего кали растеніямъ (см. въ главѣ о калійныхъ удобреніяхъ); конечно, можно предполагать, что эти минералы при этомъ подвергаются предварительно ряду превращеній, и что кали берется растеніемъ уже не изъ безводнаго силиката, а изъ соединенія типа цеолитовъ; тѣмъ не менѣе, это показываетъ, что рѣзкую грань между элементами „богатства“ и элементами „плодородія“ почвы проводить трудно. Съ другой стороны имѣются указанія на столь прочное поглощеніе амміака цеолитами, что растенія уже не могутъ взять всего азота въ этой формѣ за вегетаціонный періодъ (см. Pfeiffer, Ueber Festlegung des Ammoniaks etc, Breslauer Mitteilungen, Band III). Поэтому можно лишь при извѣстной схематизаціи приближенно допускать совпаденіе категоріи поглощенныхъ и усвояемыхъ веществъ въ почвѣ, на дѣлѣ же требуется болѣе точное изученіе и разчлененіе вопроса, при которомъ необходимо считаться съ природой отдѣльныхъ растеній, поглощаемыхъ веществъ и характеромъ самого поглощенія.

рядъ питательныхъ веществъ, противодѣйствуя ихъ вымыванію. Разсмотримъ поэтому отношеніе поглощенныхъ веществъ къ водѣ нѣсколько подробнѣе.

Для изученія этого вопроса или дѣлаютъ опытъ въ совершенно опредѣленныхъ условіяхъ, т.-е. съ почвой извѣстнаго состава, поглотившей извѣстное количество вещества, извлеченіе 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 растворѣ . .	—	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. Основанія, поглощаемыя съ меньшей энергіей, 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	0.010
» 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: уносящійся водами натръ скопился въ ней въ гораздо большемъ коли-

чествѣ, нежели кали, тоже можно сказать объ извести; изъ кислотъ соляная и сѣрная преобладаютъ въ морѣ (въ отличіе отъ фосфорной), также сообразно съ отношеніемъ почвы къ нимъ.

Такія важныя питательныя вещества какъ кали или фосфорная кислота вымываются лишь въ незначительныхъ количествахъ. Амміакъ также, какъ энергично поглощаемое основаніе, не попадаетъ почти въ дренажныя воды какъ таковой (въ опытахъ Фелькера при вымываніи поглощаемаго NH_3 водою 1 часть его растворялась въ 1500 ч. воды). Но дѣло въ томъ, что въ формѣ амміака въ почвѣ находится обычно небольшая часть азота: амміакъ является лишь переходной ступенью при превращеніи азотистыхъ веществъ; образуется онъ отъ разложенія сложныхъ азотистыхъ соединеній и вскорѣ затѣмъ подъ вліяніемъ дѣятельности микроорганизмовъ превращается въ азотную кислоту. Эта послѣдняя какъ мы видѣли, не поглощается почвой и поэтому содержится постоянно въ дренажныхъ водахъ въ количествахъ гораздо большихъ нежели амміакъ. Вымываніе нитратовъ представляетъ важный источникъ потерь потерь азота, особенно въ мѣстностяхъ богатыхъ осадками (напр. Англія); вымываніе это происходитъ въ меньшихъ количествахъ, если поле занято растительностью: тогда азотная кислота по мѣрѣ образованія въ значительной степени улавливается корнями растеній. Сильно повышается количество N_2O_5 въ дренажныхъ водахъ при искусственномъ внесеніи селитры въ почву; такъ, въ одномъ случаѣ N_2O_5 было на 1000 ч. воды съ неудобреннаго участка 0.0056 и 0.0408—на удобренномъ селитрой; поэтому азотнокислыя соли не рекомендуютъ вносить за долго до посѣва, или давать сразу значительную дозу во влажное время года, напр. съ осени, такъ какъ значительная часть ихъ можетъ пропасть безъ пользы.

Кромѣ азотной кислоты изъ питательныхъ веществъ легко вымываются известь 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, P_2O_5 и K_2O.

Но и для кали отношеніе къ раствору можетъ мѣняться, если дѣйствуетъ не чистая вода, а содержащая соли. Основанія этихъ солей могутъ вытѣснять кали изъ поглощеннаго состоянія, если на помощь имъ является дѣйствіе массы; тогда кали переходитъ въ почвенный растворъ и частью поглощается нижележащими слоями почвы, частью же переходитъ и глубже, уходя изъ сферы дѣйствія корней. Такъ сказывается, напр., на почвѣ вліяніе гипса. Дегеренъ смѣшивалъ почву съ 10% гипса и послѣ нѣкотораго времени промывалъ водой, и опредѣлялъ кали. Результатъ получился слѣдующій:

	Растворилось K_2O съ гипсомъ:	безъ гипса:	
Почва 1	0.138 гр.	0.048 гр.	Изъ 1 кило почвы.
» 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 менѣе замѣтно.

Подобно дѣйствію гипса сказывается удобреніе и другими солями, напр. поваренной солью. Франкъ дѣйствовалъ на почву въ одномъ случаѣ растворомъ хлористаго калія, а въ другомъ—калія и натрія вмѣстѣ; въ первомъ случаѣ кали почти совершенно было задержано на глубинѣ $1^1/_2$ ф., а во второмъ оно прошло на 4 ф. глубины.

Такимъ образомъ явленія поглощенія необходимо принимать во вниманіе при внесеніи удобренія. Глинистая почва, богатая цеолитами, иначе относится къ удобренію, 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 удобренія; затѣмъ въ дождливое время года песчаная почва легко подвергается вымыванію; глинистая почва, напротивъ, проявляетъ отношеніе совершенно противоположное; отсюда правило практическихъ хозяевъ: песчаныя почвы надо удобрять небольшими порціями, но чаще, глинистыя же можно удобрять сразу большими количествами и на нихъ дѣйствіе удобреній сказывается постепенно и распредѣляется на нѣсколько лѣтъ.

Органическое вещество почвы.

Мы познакомились съ тѣмъ, какъ относятся главныя минеральныя составныя части 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 обусловливаютъ кислотную реакцію почвы и энергично растворяютъ напр. фосфаты; далѣе они являются источникомъ азота для растеній, который выдѣляется при ихъ разложеніи 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 притокѣ кислорода разложеніе находящихся въ почвѣ органическихъ веществъ идетъ до образованія сполна окисленныхъ продуктовъ: клѣтчатка превращается въ углекислоту и воду; въ обратномъ случаѣ клѣтчатка расщепляется на менѣе окисленный продуктъ, метанъ и болѣе окисленный—углекислоту; эти процессы изображаются такими схемами:

$$C_6H_{10}O_5 + 6O_2 = 6CO_2 + 5H_2O.$$
$$C_6H_{10}O_5 + H_2O = 3CH_4 + 3CO_2.$$

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

[1]) Замѣтимъ еще, что кромѣ метановаго броженія для самой клѣтчатки существуютъ и другіе типы анаэробнаго распада; такъ, Омелянскій 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 съѣздѣ естествоиспытателей и врачей (Труды, стр. 129), а также его работы напечатанныя въ *Архивѣ біологическихъ наукъ*.

Энергія разложенія не одинакова въ обоихъ случаяхъ: при доступѣ воздуха обычное разложеніе происходитъ сильнѣе, нежели безъ него. Это видно напр., изъ опытовъ Гейона (Gayon), который помѣщалъ навозъ въ ящики съ сплошными и продырявленными стѣнками и наблюдалъ температуры разложенія. Въ ящикахъ съ продырявленными стѣнками, при болѣе свободномъ доступѣ кислорода воздуха на шестой день опыта температура была 58° (близъ стѣнокъ), а внутри ящика 44°, между тѣмъ какъ въ ящикахъ съ непродырявленными стѣнками она колебалась около 11—12° (была близка къ t° 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 дѣлѣ же происходитъ измѣненіе состава неразложеннаго остатка; можно представить, что подобно тому какъ напримѣръ, 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 основного ядра клѣтчатки на болѣе простыя молекулы, при чемъ одни атомы углерода оказываются связанными съ кислородомъ (CO_2), другія съ водородомъ (CH_4), съ другой же—процессъ выдѣленія элементовъ воды при сохраненіи (или даже конденсаціи) основного углероднаго ядра; отсюда постепенное относительное обогащеніе углеродомъ остатка отъ разложенія, тѣмъ большее, чѣмъ дальше это разложеніе продолжалось.

Слѣдующіе примѣры могутъ служить къ поясненію сказаннаго [1]):

	Древесина дуба.	Продукты ея постепеннаго разложенія.		
		1.	2.	3.
Углерода	50,2%	53,5%	54,0%	56,0%
Водорода	6,1	5,1	5,1	4,9
Кислородъ + азотъ . . .	43,7	41,3	40,1	39,1

[1]) Цитировано по Cross et Bevan, La cellulose, 1900, стр. 339.

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.		3.	3.
Углеродъ	67,8%	78,5%	82,3%	88,0%	91,9%
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 разложенія органическихъ веществъ въ почвѣ являются темно-окрашенныя вещества, носящія въ совокупности своей названіе *перегноя* или *гумуса*. При аэробномъ разложеніи обычно получается нейтральный перегной, при анаэробномъ же чаще всего кислый. Въ обоихъ случаяхъ также происходитъ относительное обогащеніе остатковъ разложенія и азотомъ, по сравненію съ подвергавшимся разрушенію веществомъ. Такъ, свѣжіе листья дуба содержали 1.7% азота, послѣ разложенія при доступѣ воздуха количество азота поднялось до 2.01. Въ листьяхъ бука до разложенія азота 1.78%, послѣ разложенія 2.00%.

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

		Сверху	на 7 ф. глуб.	на глуб. 14 фун.
Содержаніе	C	57.8	62.0	64.1
»	H—измѣняется очень мало, колеблется около 5%.			
»	O	36.0	30.7	26.8
»	N	0.8	2.1	4.1
»	Золы	2.7	7.4	9.2

Увеличеніе процентнаго содержанія азота объясняется тѣмъ обстоятельствомъ, что обычно газообразные продукты распада содержатъ углеродъ, водородъ и кослородъ, комбинированные попарно, но не азотъ (за нѣкоторыми исключеніями), 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%
»	50	»	10.3%
»	100	»	5.3%
»	200	»	1.6%

Наоборотъ, смолъ, какъ веществъ болѣе прочныхъ, по мѣрѣ разложенія органическихъ соединеній накопляется относительно больше; кромѣ того смолы, обволакивая и пропитывая другія вещества, мѣшаютъ ихъ смачиванью водой и препятствуютъ ихъ разложенію. Вольни пробовалъ выдѣлять смолы изъ торфа эфиромъ и тогда разложеніе шло энергичнѣе; эфиръ извлекъ изъ торфа 5.1% смолъ; до обработки торфа эфиромъ выдѣлялось углекислоты 25.9 объема на 1000 объемовъ протянутаго черезъ него воздуха; послѣ обработки торфъ, подвергнутый разложенію, давалъ—50.6. Дубильныя вещества также трудно разлагаются и также задерживаютъ разложеніе; Вольни смачивалъ 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%
дали CO_2	19.9	19.0	18.0	16.0 [1])

Въ результатѣ разложеніе органическихъ веществъ являются темно окрашенныя гуминовыя соединенія. Повидимому, цвѣтъ ихъ обусловленъ родомъ дѣйствующихъ при разложеніи микроорганизмовъ, которые являются главнымъ факторомъ 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 условіяхъ. Имѣются наблюденія, показывающія, что темный цвѣтъ продуктовъ разложенія органическаго вещества происходитъ только лишь при условіи появленія гифовыхъ грибовъ; бактеріи же не даютъ темноцвѣтныхъ продуктовъ, обозначаемыхъ общимъ названіемъ гуминовыхъ веществъ (Костычевъ). Всякая прибавка къ органическому веществу ядовитыхъ для микроорганизмовъ соединеній (карболовой кислоты, хлороформа), повышеніе температуры (за извѣстный предѣлъ) приближаютъ разложеніе къ нулю. Если принять за 100 количество выдѣляющейся уг-

[1]) Wollny, Zersetzung der organischen Substanz 1897.

лекислоты при нормальныхъ условіяхъ разложенія торфа, то послѣ прибавки карболовой кислоты углекислоты выдѣляется 5.7, послѣ нагрѣванія до 115° — 2.3. То обстоятельство, что выдѣленіе CO_2 въ двухъ послѣднихъ случаяхъ не прекращается совсѣмъ, объясняется отчасти тѣмъ, что ткани растеній механически удерживаютъ CO_2, образующуюся ранѣе, и продолжаютъ затѣмъ отдавать ее окружающему воздуху.

Нѣкоторое вліяніе на ходъ разложенія органическихъ веществъ оказываютъ животныя: слизни, дождевые черви, личинки 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, образовавшійся безъ участія ихъ, благодаря чему строеніе растительной массы долго сохраняется [1]).

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 еловая хвоя разлагались предварительно въ большихъ плоскихъ чашкахъ, однажды замѣчено было, что въ чашкѣ, совержавшей 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 порошокъ. Превращеніе это совершается чрезвычайно быстро, такъ что на первый взглядъ трудно повѣрить, чтобы такіе мелкія насѣкомыя могли въ короткій срокъ измельчать такія значительныя количества растительныхъ остатковъ; 150 gr. вещества измельчены было въ мѣсяцъ съ небольшимъ»).

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

	0	2	8	16	21%
Соотвѣтственно выдѣлялись 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 извѣстнаго 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.%
Соотвѣтственно выдѣлилось CO_2 на 1000 ч. протянутаго воздуха . . .	2	18	35 частей.

При небольшомъ количествѣ влаги разложеніе особенно замедляется, если количество ея падетъ ниже гигроскопическаго содержанія влаги въ органическомъ веществѣ: — повидиму микроорганизмы требуютъ для сколько нибудь замѣтной дѣятельности влаги значительно больше, чѣмъ содержитъ ее въ гигроскопическомъ состояніи данное вещество. Въ опытѣ Костычева при влажности березовыхъ листьевъ, выдѣлилось

	3.6%	11.7%	38.%
углекислоты:	0	0,0023	0.5184 gr. въ сутки.

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

	16%	42%	49%	72% отъ влагоемкости.
энергія разложенія:	126	1665	1966	1648 mgr. CO_2.

Это обстоятельство приходится имѣть въ виду напр., при храненіи навоза, гдѣ является возможность въ извѣстной мѣрѣ вліять ходъ разложенія, измѣняя степень насыщенія 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 разложе-

[1]) См. Müller, Studien über die natürlichen Humusformen, стр. 220 и слѣд.

нія, за которымъ начинается съ дальнѣйшимъ поднятіемъ температуры паденіе. Вотъ данныя одного опыта Костычева:

Температура разложенія	1.5°	17°	35°	50°	65°
Энергія разложенія въ mgr. CO_2	195	378	*1491*	518	381

Этотъ optimum температуры связанъ, очевидно, optim'альной температурой для развитія микроорганизмовъ и не является постояннымъ, а зависитъ отъ рода разлагающихъ веществъ и природы микроорганизмовъ, подъ вліяніемъ которыхъ происходитъ это разложеніе. Для болѣе стараго перегноя напр., optimum температуры болѣе высокъ. Предполагали, что при повышеніи температуры выше optimum'а разложенія, наконецъ, прекращается выдѣленіе CO_2, а наблюдаемыя 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 долгое обработки 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 подъ вліяніемъ 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 повышенія разложенія съ повышеніемъ температуры (восходящая часть «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 подъ вліяніемъ бактерій накопленіе кислотъ также является препятствіемъ къ дальнѣйшему разложенію, такъ какъ онъ подавляетъ дѣятельность микроорганизмовъ; поэтому прибавка $CaCO_3$ обыкновенно повышаетъ разложеніе органическаго вещества, если мы имѣемъ дѣло съ кислымъ перегноемъ. Однако, если вносится избытокъ углекислой извести, во много разъ превосходящей количество, необходимое для нейтрализаціи кислотъ, то этотъ избытокъ или оказывается безъ вліянія или даже вызываетъ нѣкоторое пониженіе энергіи разложенія [1]). Внесеніе CaO можетъ создать въ началѣ сильно щелочную среду, задерживающую разложеніе; но по мѣрѣ приближенія реакціи къ нейтральной (вслѣдствіе связыванія CaO органическими кислотами и CO_2), количество выдѣляемой CO_2 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 разложеніе идетъ энергичнѣе, такъ какъ части легче разрушаемыя исчезаютъ первыми, а остающіяся, какъ болѣе прочныя, труднѣе подвергаются разложенію. Энергія разложенія тѣмъ больше, чѣмъ выше содержаніе пентозановъ, углеводовъ, бѣлковъ и тѣмъ ниже, чѣмъ больше смолъ и древесины въ разлагающемся веществѣ.

Вольни дѣлалъ опытъ съ навозомъ свѣжимъ, съ навозомъ разлагавшимся 8 недѣль и 20 недѣль, (соотвѣтственно содержаніе углерода въ сухомъ веществѣ было 24%, 30% и 34%); углекислоты выдѣлялось 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. CO_2 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 (органо-минеральныхъ тѣлъ). Сложность этой смѣси, неспособность ея составныхъ частей перегоняться и растворяться въ водѣ, а часто и въ другихъ реактивахъ, особенно же неспособность ихъ къ кристалли-

[1]) См. работу *Коссовича* и *Третьякова*. „О вліяніи углекислаго кальція на разложеніе органическихъ веществъ“ въ Журналѣ Опытной Агрономіи, 1902 г., стр. 459.

зацiи до сихъ поръ не позволили установить удовлетворительной классификацiи гуминовыхъ веществъ. За неимѣнiемъ другой приведемъ обычную группировку по Мульдеру. Онъ раздѣляетъ гумусъ на двѣ части, именно *индифферентныя* тѣла и *кислоты*; къ первымъ относятся *ульминъ*—желтоватобураго цвѣта, часто сохраняющiй еще строенiе древесины, продуктомъ разложенiя которой онъ является, и *гуминъ*—болѣе темный, продуктъ дальнѣйшаго разложенiя; оба имѣютъ нейтральную реакцiю, не растворяются въ водѣ и щелочахъ.

При долгомъ кипяченiи со щелочами изъ этихъ тѣлъ образуются вещества *кислотнаго* характера—*ульминовая* и *гуминовая кислоты*, обычно являющiяся главными составными частями гумуса и въ природѣ; лучше изучена гуминовая кислота. Въ почвѣ гуминовая кислота встрѣчается чаще всего въ видѣ кальцiевой соли, нерастворимой въ водѣ, какъ и самая кислота; щелочныя же соли гуминовой кислоты растворяются въ водѣ. Для извлеченiя гуминовой кислоты изъ почвы послѣдня обрабатывается HCl, а потомъ обработкой аммiакомъ гуминовая кислота удаляется въ видѣ аммонiйной соли. Можно также сразу обработкой $(NH_4)_2\ CO_3$ перевести гуминовую кислоту въ растворъ, при чемъ происходитъ обмѣнное разложенiе съ образованiемъ гуминово-кислаго аммонiя и $CaCO_3$.

Гуминовая кислота очищается повторнымъ осажденiемъ (HCl) и растворенiемъ въ аммiакѣ; въ высушенномъ состоянiи онъ представляетъ черныя блестящiя 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 дѣйствiемъ крѣпкихъ кислотъ (HCl, H_2SO_4) вещества подобныя гумусу почвы, полагалъ, что и послѣднiй въ чистомъ видѣ не долженъ содержать азота, какъ нѣтъ азота въ гумусѣ полученномъ искусственно изъ углеводовъ съ помошью водоотнимающихъ средствъ. Отсюда стремленiе многихъ авторовъ «очистить» гумусъ отъ «примѣси» азотистыхъ веществъ; но оказывается, что изъ гуминовой кислоты даже сильныя кислоты не удаляютъ совершенно зольныхъ веществъ; содержанiе азота подъ вліянiемъ щелочей убываетъ также лишь постепенно, и до конца выдѣлить его не удается. При такихъ условiяхъ наличность въ гуминовой кислотѣ азота, фосфорной кислоты и другихъ веществъ объяснять примѣсями было бы трудно [1]).

[1]) Интересно, что иногда послѣ извлеченiя перегноя щелочью и осажденiя раствора кислотой получаются осадки даже болѣе богатые азотомъ, чѣмъ исходный матерiалъ; 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	— 4,80	— 4,03	— 3,94.

[1]) Но если почва обрабатывается сначала соляной кислотой и затѣмъ щелочью, то креновая и апокреновая должны попасть въ солянокискую вытяжку, а гуминовая—въ щелочную. Поэтому, если гуминовая кислота, полученная послѣднимъ способомъ, не сполна осаждается изъ щелочнаго раствора кислотой, а оставляетъ въ растворѣ часть продуктовъ, подобныхъ креновой и апокреновой кислотѣ, то эти продукты являются результатомъ вторичныхъ превращенiй самой гуминовой кислоты подъ вліянiемъ реактивовъ, а не первичной составной частью почвы.

[2]) Мы ради краткости не касались здѣсь работъ Детмера и цѣлаго ряда другихъ авторовъ; см. *К. Д. Глинка*. Почвовѣдѣнiе, 1908 г.. стр. 111.

Кромѣ того P_2O_5 ведетъ себя здѣсь обратно, нежели въ минеральныхъ соединенiяхъ: она находится въ растворѣ, пока онъ имѣетъ щелочную реакцiю, осаждается при подкисленiи. Безъ азота, и зольныхъ частей гуминовая кислота была получена также Бертло при дѣйствiи на сахаръ соляной кислотой, но она не вполнѣ 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 окисленiя гуминовой кислоты и можетъ быть получена изъ нея искусственно, дѣйствiемъ HNO_3, а при возстановленiи ея (водородомъ in statu nascendi) получается неокрашенная креновая. Обѣ кислоты переходятъ вмѣстѣ съ гуминовой кислотой при обработкѣ почвы растворомъ углекислаго аммонiя [1]), затѣмъ гуминовая кислота выдѣляется изъ раствора HCl; фильтратъ нейтрализуется и въ присутствiи уксусной кислоты основной уксусномѣдной солью осаждается апокреновокислая мѣдь. Въ фильтратѣ остается креновокислая мѣдь, которая выдѣляется при нейтрализацiи раствора аммiакомъ. Въ процессѣ образованiя подзолистыхъ почвъ сѣвера Россiи этимъ кислотамъ приписываютъ значительную роль, благодаря ихъ способности давать растворимыя соли съ известью и и большею частью основанiй и такимъ образомъ содѣйствовать выщелачиванью почвы.

При повторенiи работъ Мульдера и другихъ предшественниковъ [2]), Эггерцъ показалъ, что тождество искусственнаго и естественнаго гумуса не полное: если растворъ перегнойныхъ веществъ въ аммiакѣ выпарить до суха, то остатокъ растворяется въ водѣ; если сдѣлать

тоже самое съ гуминовымъ 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 CaO амміакъ не выдѣлялся, 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 связаны съ органической ея частью, чѣмъ основанія солей гуминовй кислоты.

Самый составъ осадковъ отъ HCl въ амміачныхъ вытяжкахъ ототличается значительнымъ разнообразіемъ въ зависимости отъ исходнаго матеріала; вотъ каковы колебанія состава этихъ осадковъ (гуминовой кислоты) для разныхъ почвъ по Эггерцу:

C.	40 —56%
H.	4.3 — 6.6%
O.	35 —40%
N.	2.6 — 6.0%
SiO_2	0.37—10.5%
P_2O_5	0.15— 7.5%
S.	0.5 —2.09%
Fe_2O_3 и Al_2O_3 . . .	0.3 — 3.9%

Такимъ образомъ органическія вещества почвы не могутъ быть получены совершенно свободными отъ золы и азотистыхъ веществъ [1]).

[1]) Послѣдующими изслѣдованіями доказано, что предполагаемымъ кислотамъ (гуминовой, апокреновой и креновой) сопутствуетъ въ вытяжкахъ изъ почвы рядъ органическихъ веществъ, лишь отчасти ближе опредѣленныхъ; такъ Schreiner и Shorey нашли въ щелочной вытяжкѣ изъ почвы слѣдующія вещества:

щ е л о ч н а я в ы т я ж к а

Осадокъ при подкисленіи (гуминовая кислота):	Фильтратъ (креновая и апокреновая кислоты):
Глицериды, кислоты параффиновую и лигноцериновую, агростеринъ, фитостеринъ и др.	Ксантинъ, гипоксантинъ, аргининъ, гистидинъ, цитозинъ; пентозаны; кислоты дигидростеариновую и пиколинъ-карбоновую.

Одни изъ этихъ веществъ являются обычными составными частями растеній, другія образуются въ почвѣ при процессахъ разложенія растительныхъ остатковъ. Составъ той смѣси, которую обозначаютъ именемъ гумуса, является такимъ образомъ болѣе сложнымъ, чѣмъ это предполагали первоначально (*Schreiner and Shorey*, Chemical nature of soil organic matter, Bureau of soils, Bulletin № 74, 1910).

Это постоянное присутствіе въ гумусѣ зольныхъ веществъ дала возможность предполагать нѣкоторымъ ученымъ, что гумусъ служитъ для питанія растеній, 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 теоріи питанія растеній Грандо; хотя теорія Грандо является теперь достояніемъ прошлаго, мы все же кратко изложимъ ее здѣсь, въ виду того значенія, какое ей придавалось въ свое время.

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

Изслѣдуя 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 [1]), онъ находилъ въ немъ всегда присутствіе P и S; но 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 урожаи, но только при періодическомъ удобреніи;

II—черноземная—дающая урожаи безъ удобренія втеченіи значительнаго ряда лѣтъ;

III—огородная почва (скорѣе «парниковая земля»)

IV—торфяная почва.

[1]) Если берутъ растворъ углекислаго аммонія, то предварительное промываніе почвы соляной кислотой становится не нужнымъ.

	I.	II.	III.	IV.
Въ нихъ общее качество органическихъ веществъ было таково (на 100 gr. почвы)	11. 9 gr.	7.1	46.4	35.9
Matière noire	0.94	4.2	4.3	1.0
Зольныхъ веществъ въ matière noire	0.12 gr	*2.16*	0.07	0.02
Количество золы въ % отъ вѣса органическаго вещества.	13.7%	*51.4%*	1.6%	2.0%

Такимъ образомъ почва, которую Грандо считалъ очень плодородной, именно нашъ черноземъ оказалась выдающейся по количеству matière noire и содержанію золы въ послѣдней; отсюда Грандо предположилъ, что содержаніе matière noire и % золы въ ней и является условіемъ, опредѣляющимъ плодородіе почвъ. Если высчитать количество напр., фосфорной кислоты въ matière noire для черноземныхъ почвъ Россіи, то получается около 3150 килограммъ на десятину, а въ вышеупомянутой мергельной почвѣ (I)—155 kg.

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

Эти данныя были опорными для Грандо при построеніи его теоріи; онъ предположилъ, что органо-минеральное вещество (matière noire), 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 noire въ діализаторъ и при этомъ наблюдатъ, что иногда до 90% зольныхъ веществъ проходили у него черезъ перепонку; отсюда онъ заключилъ, что корни (имѣющіе слегка кислыя выдѣленія) тѣмъ легче будутъ воспринимать эти зольныя вещества matière noire, которыя такъ легко проходятъ черезъ перепонку діализатора. Дальше Грандо показалъ на опытѣ, что если почву лишить matière noire, то она становится безплодной и наоборотъ, при внесеніи въ безплодную почву этого вещества, плодородіе ея повышается. Такъ онъ извлекалъ изъ почвы, обработанной HCl, органическое вещество амміакомъ; плодородіе почвы сильно падало. Наоборотъ, внесеніе 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 органо-минеральной теоріи. Точно также при промываніи почвы растворомъ углекислаго амміака уносятся изъ почвы, помимо matière noire, многія другія вещества, напр., основанія вытѣсняемыя изъ цеолитовъ. Далѣе показаніе Грандо относительно содержанія золы въ орноминеральномъ веществѣ несомнѣнно преувеличено и по другой причинѣ: темно окрашенная амміачная вытяжка содержитъ въ взмученномъ состояніи оставшійся незамѣченнымъ трудно отдѣляемый топкій илъ [1]).

При повтореніи опытовъ Грандо въ лабораторіи проф. Густавсона (Петровская Академія) Гавриловымъ принятъ былъ во вниманіе первый источникъ погрѣшностей: чтобы отдѣлить matière noire отъ растворенныхъ попутно солей, амміачная вытяжка не прямо выпаривалась, а обрабатывалась соляной кислотой; тогда растворенныя соли оставались въ жидкости, а органоминеральное вещество осѣдало; послѣ промыванія опредѣленіе показало, что matière noire содержитъ всего 12% золы [2]); 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 пористый 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 [3]) произвелъ повѣрку опыта Грандо съ діализомъ и получилъ также иные результаты; онъ бралъ взвѣшенное количество перегноя и наблюдая количество P_2O_5, проходящей черзъ перепонку діализатора, нашелъ, что количества эти вообще не велики. Если брать вещество не обработанное соляной кислотой, то изъ на-

---

[1]) Этимъ обстоятельствомъ очевидно объясняется странный результатъ полученный для нильскаго ила и другихъ почвъ Tuxen'омъ: найдено гумуса 1,56%, 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.

вѣски 1.749 гр. проходитъ 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_2O_5. Напр., опытъ шелъ въ теченіе 64 дней и прошло только 0.005 gr. Замѣтимъ, что было бы невѣроятно, чтобы минеральныя вещества, неизвлекаемыя 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 noire 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	бобами
Послѣ же обработки HC овесъ . .	»	22	2	метелки
Послѣ же обработки HC 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 растеній, 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 распаденія этихъ органическихъ веществъ, они становятся доступными для культурныхъ растеній. Если почву оставить долгое время на воздухѣ, то будетъ происходить, какъ извѣстно, разложеніе органическихъ веществъ; при этомъ наблюдалось напр., слѣдующее въ одномъ изъ опытовъ Эггерца:

Почва въ 1881 году содержала 0.059 gr. P_2O_5, извлекаемой соляной кислотой; послѣ четырехлѣтняго лежанія на воздухѣ, безъ растительнаго покрова («черный паръ»), фосфорной кислоты получилось ужо 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—по 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° и 160° 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°, 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 растворимость 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 вегетаціонныхъ опытовъ, смотря потому, подвергается почва высушиванью до наполненія ею сосудовъ, или же нѣтъ; напр., высушенная торфянистая почва при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ дала урожай 59.9 gr., а не высушеная 27.2 (опыты Tacke); въ первомъ случаѣ въ урожаѣ содержалось 249 mgr. P_2O_5, а во второмъ—79 mgr. [1]).

[1]) Однако, въ упомянутыхъ опытахъ Королева нагрѣваніе почвы до 100° не увеличило количества P_2O_5 въ солянокислой вытяжкѣ по сравненію съ воздушно-сухой почвой.

Существованіе нестойкихъ соединеній фосфорной кислоты съ гуминовыми веществами находитъ себѣ подтвержденіе и въ явленіяхъ обратнаго порядка, т.-е. поглощеніе фосфорной кислоты изъ растворовъ гуминовой кислотой; если напримѣръ взять растворъ гуминовокислой щелочи и осаждать фосфорной кислотой, то выпадающая гуминовая кислота связываетъ около 6% P_2O_5; еще больше связывается фосфорной кислоты если осаждать растворомъ однокальціева фосфата: тогда осадокъ содержитъ 8 — 12% P_2O_5, неуступающей дѣйствію не только воды, но и разведенной уксусной кислоты *Dumont*, реф. въ Biedermann's Centralblatt 1907, 433). По даннымъ Н. Н. Кулисича гуминовыя кислоты изъ разныхъ почвъ связывали 0,13—0,25% P_2O_5 въ формѣ не поддающейся дѣйствію воды, подкисленной соляной кислотой; но искусственная гуминовая кислота не обнаружила 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 K. Для калія 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. Черноземъ въ этомъ отношеніи превосходитъ многія почвы: такъ, онъ можетъ содержать до 5,0 и 0,6% азота, что не уступаетъ содержанію азотъ въ навозѣ средняго достоинства (считая на сырое вещество навоза); уже одно такое сопоставленіе говоритъ за то, что азоть въ почвахъ находится въ формѣ не усвояемой растеніями неиосредственно. Если въ черноземѣ посчитать азотъ только на органическое вещество, то его можетъ получиться напр. около 5%, т. е. значительно больше нежели въ растительныхъ остаткахъ еще не разложившихся. Оказывается, что большее или меньшее содержаніе азота въ органическомъ веществѣ почвы зависитъ отъ климата и положенія: чѣмъ суше почва, благодаря климату или условіямъ залеганія, тѣмъ богаче органическое вещество ея азотомъ. Для калифорнійскихъ почвъ, напр., получаются по Hilgard'y слѣдующіе результаты опредѣленій 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 ококо 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. 2.83% бѣлковаго азота и 0.25% азота небѣлковаго. Тѣ черноземы, которые изслѣдовалъ Костычевъ, содержатъ около 5% азота въ органическомъ веществѣ. Почвы эта 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 рости (вслѣдствіе траты углеводовъ на дыханіе) и дойдетъ, наконецъ, до 5%—это ровно столько азота, сколько содержится его въ тканяхъ самого организма (т. е. грибова и бактерій, по Костычеву). Дальше затрудняется размноженіе ихъ вслѣдствіе недостатка углеводовъ, начинается частичное отмираніе, и азотъ будетъ освобождаться въ формѣ NH_3 и HNO_3 и будетъ улавливаться корнями растеній или вымываться въ подпочву; содержаніе его въ органическомъ веществѣ не повысится болѣе, чѣмъ это отвѣчаетъ требованію азота въ тѣлѣ грибовъ. Такимъ образовъ 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 Штуцеру, 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 [1]). Можно указать еще, что кромѣ бѣлковъ организма почвы могутъ оставлять и другія вещества содержащія азотъ; такъ, клѣточныя стѣнки грибовъ состоятъ не изъ обыкновенной клѣтчатки, а въ нихъ

[1]) См. нѣкоторыя сюда относящіяся данныя у *Shigehiro Suzuki*. Studies on Humus formation (Bulletin of Agriculture, Tokyo, 1907).

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. Бертло, напр., полагалъ, что азотъ находится тамъ въ видѣ амидной группы. Этому предположенію было дано фактическое подтвержденіе въ послѣднее время въ лабораторіи проф. Демьянова: оказалось, дѣйствительно, что при дѣйствіи HNO_2 на органическое вещество почвы около половины азота его выдѣлялось въ видѣ газообразнаго N, какъ это происходитъ при дѣйствіи HNO_2 на амидо-группу. Можно различить два положенія амидной группы, RNH_2COOH и $RCONH_2$; во второмъ случаѣ (амиды кислотъ) при кипяченіи съ соляной кислотой происходитъ отщепленіе амміака, въ первомъ же случаѣ (амидо-кислоты) амидная группа отличается большей стойкостью, и не поддается дѣйствію соляной кислоты; такимъ образомъ можно опредѣлить въ отдѣльности группу $RCONH_2$ (кипяченіе HCl и отгонка амміака) и группу RNH_2COOH (дѣйствіе HNO_2 на остатокъ отъ предыдущаго опредѣленія); по опредѣленію А. Г. Дояренко для нѣкоторыхъ черноземныхъ почвъ наблюдались слѣдующія относительныя доли амидокислотнаго и амиднаго азота:

	N% въ гуминовой к.	въ % отъ всего N приходится на RN_2COOH	$RCONH_2$
№ 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 поддающейся дѣйствію обоихъ названныхъ выше реактивовъ (HCl и HNO_2), остается пока неизвѣстнымъ[1]). Еще въ 1881 году Тарховымъ было констатировано[2]), что органическое вещество почвы способно удерживать азотъ амміака и переводить его въ состояніе болѣе прочное. Если напр., на гуминовую кислоту дѣйствовать NH_3 и высушить это вещество, то затѣмъ не удается отдѣлить амміакъ при помощи отгонки 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;

[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.

при этомъ связываются не какіе-нибудь слѣды азота, а 4—5% отъ вѣса гуминовой кислоты [1]). Этотъ переходъ амміачнаго азота въ форму болѣе стойкую идетъ и въ растворахъ (безъ высушиванія), 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 $RCONH_2$.

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

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

При нагрѣваніи гуминовой кислоты съ перекисью водорода на водяной банѣ, она постепенно переходитъ въ растворъ, пріобрѣтающій кислую реакцію и темнобурый цвѣтъ; значительная часть растворенная вещества ведетъ себя какъ апокреновая кислота (осажденіе въ видѣ мѣдной соли), при чемъ эта часть содержала 44% отъ всего взятой навѣски гуминовой кислоты, но 56% этого азота осталось въ растворѣ послѣ осажденія апокреновой кислоты, при томъ часть въ видѣ амміака (около 24,2%), часть въ видѣ амидовъ (16%) и амидокислотъ (16%). Потерь азота при окисленіи не происходило. Въ абсолютныхъ цифрахъ распредѣленіе азота по группамъ до окисленія и послѣ окисленія выражается слѣдующими величинами (миллиграммы):

	N общій	Амидо-к-тн.	Амид-ный	Гумино-вый [2]).	Амміач-ный N.
Въ 10 gr. гуминовой кислоты . .	360	135	27	198	0
Послѣ окисленія: въ апокреновой к-тѣ	157	127	28	0	0
Послѣ окисленія: въ фильтратѣ послѣ ея осажденія	203	58	57	0	82

[1]) Эггерцъ 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.

[2]) Подъ „гуминовымъ“ азотомъ разумѣется та часть его, которая не входитъ ни въ одну опредѣленную категорію изъ вышеназванныхъ.

Точно также при повторномъ растворенiи гуминовой кислоты въ щелочи и осажденiи кислотой происходитъ постепенное уменьшенiе количества «гуминоваго» азота и увеличенiе на счетъ его растворимыхъ формъ (амиднаго и амміачнаго азота); можно думать что и въ природныхъ условiяхъ образованiе амидосоединенiй является промежуточной стадiей, предшествующей образованiю амміака [1]).

Извѣстно, что для высшихъ растенiй наиболѣе доступнымъ источникомъ азота являются не органическiя соединенiя, а простѣйшiя и при томъ главнымъ образомъ окисленныя, именно азотнокислыя соли. Поэтому для насъ важно знать тѣ условiя, при которыхъ азотъ перегноя превращается въ азотъ амміака и нитратовъ. Анализы показываютъ, что нитратовъ въ почвѣ содержится мало. Буссенго нашелъ, напр., что въ одной изъ почвъ, имъ изслѣдованныхъ, при общемъ содержанiи 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 распредѣленiе азота является обычнымъ для большинства почвъ; но не смотря на малое количество нитратовъ, обнаруживаемое анализомъ, культурныя растенiя могутъ пользоваться этимъ источникомъ, благодаря его постоянству: взамѣнъ потребленной (или вымытой дождемъ, при отсутствiи растенiй) азотной кислоты образуются новыя количества ея.

Нитрификацiя. Какъ уже было говорено выше, процессъ *нитрификацiи* давно обратилъ на себя вниманiе, но лишь Буссенго показалъ, что источникомъ азота въ данномъ случаѣ является именно перегной (а не атмосферный воздухъ). Изъ его опытовъ обнаруживось также, что необходима прибавка непрокаленной *почвы*, чтобы вызвать нитрификацiю какого-нибудь матерiала; что отдѣльныя составныя части почвы (песокъ, известь) сами по себѣ нитрификацiи не вызываютъ. Буссенго высказывалъ предположенiе, что причина здѣсь біологическая, что виновниками являются вѣроятно „les champignons de Pasteur“. Самъ Пастеръ также указывалъ (1862 г.) на необходимость разработки вопроса о нитрификацiи на почвѣ новаго ученiя о броженiи. Осуществленiе это дано было въ работахъ Шлезинга и Мюнца съ одной стороны, Виноградскаго—съ другой.

Шлезингъ и Мюнцъ [2]) натолкнулись на это явленiе, занимаясь

[1]) Объ отношенiи микроорганизмовъ почвы къ разнымъ категорiямъ азота перегноя см. нѣкоторыя данныя у *Никитинскаго* (jun.) въ его работѣ о разложенiи гуминовой кислоты. (Извѣстiя С. Х. Института за 1902 г.

[2]) Ср. Chimie agricole par Schloesing (Х. т. Энциклопедiи Fremy).

вопросомъ объ обезвреживанiи сточныхъ водъ города Парижа. При фильтрацiи черезъ почву такихъ водъ азотъ органическаго вещества переходитъ въ форму окисленную, т.-е. идетъ нитрификацiя. Шлезингъ и Мюнцъ, изучая роль отдѣльныхъ составныхъ частей почвы въ обезвреженiи водъ, повторили опыты Буссенго съ прокаленнымъ пескомъ, фильтруя черезъ него клоачныя воды, но вели опытъ значительно дольше, чѣмъ Буссенго, при этомъ оказалось, что черезъ 20 дней послѣ фильтрованiя у нихъ начали появляться нитраты. По аналогiи съ уксуснокислымъ броженiемъ, которое начинается при приготовленiи уксуса изъ разведеннаго спирта на буковыхъ стружкахъ не сразу, а спустя нѣсколько дней (когда размножится ферментъ). Шлезингъ и Мюнцъ сдѣлали допущенiе, что нитрификацiя обязана своимъ существованiемъ организмамъ почвы. Они стали примѣнять стерилизацiю и констатировали, что все, что подавляетъ жизнедѣятельность бактерiй, останавливаетъ и процессъ нитрификацiи. Достаточно было ввести хлороформъ—нитрификацiя останавливалась. Точно также нагрѣваніе почвы до 100° останавливало нитрификацію; но достаточно было прибавить къ такой почвѣ немного почвы нестерилизованной (или водной вытяжки изъ нея) — процессъ возобновлялся, очевидно вслѣдствiе зараженiя соотвѣтствующими микроорганизмами. Однако Шлезингу и Мюнцу не удалось выдѣлить этихъ микроорганизмовъ въ совершенно чистомъ видѣ. Это сдѣлалъ Виноградскiй, показавшiй, что процессъ идетъ въ двѣ фазы, подъ вліяніемъ двухъ организмовъ: сначала образуется азотистая, а затѣмъ уже азотная кислота.

Извѣстно, что Виноградскiй воспользовался для изолированiя нитрифицирующихъ бактерiй именно той ихъ отличительной чертой, которая явилась препятствiемъ для другихъ авторовъ, работавшихъ въ томъ же направленiи: нитрифицирующiя бактерiи не растутъ на желатинѣ (столь благопрiятной средѣ для развитiя большинства микроорганизмовъ), но развиваются хорошо лишь на минеральныхъ субстратахъ (непригодныхъ для другихъ бактерiй). Виноградскiй культивировалъ ихъ сначала въ водѣ, содержащей $(NH_4)_2SO_4$, KH_2PO_4 $MgCO_3$ и $CaCO_3$ (по 1 грамму на литръ). Такая жидкость, зараженная одной каплей жидкости уже нитрифицированной, и налитая не толстымъ слоемъ, чтобы не затруднить доступа воздуха, даетъ черезъ 2—3 дня интенсивное синее окрашиванье съ дифениламиномъ (извѣстная реакцiя на азотную кислоту); черезъ 2 недѣли весь амміакъ оказывается уже окисленнымъ, а бактерiи—сильно размножившимися и облекающими частички осадка, состоящаго изъ $CaCO_3$ и $MgCO_3$;

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 накопляется въ почвахъ, но тотчасъ превращается въ азотную [1]).

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, принять, что эти бактеріи способны разлагать углекислоту карбонатовъ или углекислоту воздуха (ср. Godlewski, O nitrifikacyi) и брать изъ нея углеродъ, необходимый для образованія органическаго вещества, используя для этой цѣли энергію окисленія амміака въ азотную кислоту (взамѣнъ энергіи свѣтового луча, которой пользуются хлорофиллоносные организмы). По Виноградскому, на каждые 35 mgr. азота, перешедшаго въ окисленную форму, приходится 1 mgr. углерода, усвоеннаго бактеріями изъ углекислыхъ солей.

Если это имѣетъ мѣсто, то понятными будутъ такіе факты, какъ нахожденіе нитрифицирующихъ бактерій на горныхъ вершинахъ, непокрытыхъ почвой: углекислый амміакъ, приносимый въ небольшихъ

[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) показалъ, 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).

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 нитрификаціи отъ окружающихъ условій, возвратимся еще къ работамъ Шлезинга и Мюнца.

Шлезингъ и Мюнцъ старались точно опредѣлить вліяніе на ходъ нитрификаціи внѣшнихъ условій, каковы притокъ кислорода, влажность и температура воздуха. Оказалось, что при увеличеніи доступа кислорода воздуха, повышалась энергія процесса нитрификаціи, т.-е. повторяется тоже, что и при аэробномъ разложеніи органическаго вещества съ выдѣленіемъ CO_2 и H_2O. Такъ оказалось, напр. что при содержаніи:

	1.5%	6%	11%	16%	21% кислорода
энергія нитрификаціи выражалась:	45.7	95.7	132.5	162.6	246.6mgr. HNO_3.

Количество воды вліяетъ точно также до тѣхъ поръ, пока она не въ избыткѣ и не затрудняетъ доступъ O_2 къ нитрифицирующимъ организмамъ; напр.: при содержаніи H_2O

	9%	14%	16%	20% отъ вѣса почвы
получено 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°C
2.3	19.5	39.4	59.7	81.8	*98.9*	40.3	5.1	0.0 mgr N_2O_5.

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°), впослѣдствіи же выгоднѣе поддерживать температуру при 27—28; но возможно, что кромѣ названной причины на положеніе optimum'a могутъ вліять

и другія обстоятельства, какъ 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, наличность основныхъ веществъ, не вызывающихъ щелочной реакціи) благопріятна для нитрификаціи, такъ какъ благодаря ей нейтрализуется получающаяся свободная азотная кислота, избытокъ которой вредилъ бы нитрификаціи. При опытахъ съ $KHCO_3$ прибавка соли до 2.5 на 1000 повышала нитрификацію, а за этими предѣлами уже вредила. Лучше всего дѣйствуютъ $CaCO_3$ и $MgCO_3$, 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. нитрификаціи подвергается $(NH_4)_2SO_4$, то нужно дать столько основанія, чтобы связать и образующуюся азотную и остающуюся сѣрную кислоту. При нейтральной средѣ концентрація исходнаго и конечнаго продукта можетъ за извѣстнымъ предѣломъ (5:1000) подавлять нитрификацію. Впрочемъ по даннымъ Müntz et Lainé для сѣрнокислаго аммонія можно поднимать концентрацію до 9 граммовъ на литръ воды, содержащейся въ почвѣ, не мѣшая энергіи нитрификаціи [2]); что касается до $Ca(NO_3)_2$, являющагося главнымъ продуктомъ реакціи, то его накопленіе (напр. при повторномъ введеніи сѣрнокислаго аммонія) можетъ идти до болѣе высокихъ концентрацій безъ замѣтнаго ущерба для энергіи 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 усвоять изъ нихъ углеродъ. Но присутствіе перегнойныхъ веществъ не мѣшаетъ

---

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

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

нитрификаціи, какъ это видно на примѣрѣ черноземныхъ почвъ, способныхъ при правильной обработкѣ пара накоплять 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 [1]).

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 нагрѣть почву до 90°, то нитрифицирующій ферментъ, какъ нестойкій, погибаетъ, нитрификація въ такой полустерилизованной почвѣ прекращается, но за то наблюдается способность накоплять значительныя количества амміака (одновременно съ обычнымъ разложеніемъ, съ выдѣленіемъ CO_2). Амміакъ этотъ образуютъ другіе организмы, болѣе стойкіе чѣмъ нитрифицирующіе, и потому не погибшіе при 90°; отсюда естественно заключить, что такое же образованіе амміака постоянно идетъ въ почвахъ, но такъ какъ онъ по мѣрѣ образованія нитрифицируется, то мы и не можемъ констатировать въ нормальныхъ почвахъ значительныхъ количествъ амміака. Образованіе амміака изъ органическаго вещества не является функціей какого-нибудь особаго организма: цѣлый рядъ бактерій и плѣсеней способенъ, развиваясь на органическомъ веществѣ, переводить азотъ бѣлковъ и другихъ сложныхъ соединеній 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 онѣ находятся подъ паромъ правильно обработаннымъ, то они не наклонны реагировать на азотистыя удобренія благодаря естественному обогащенію селитрой за счетъ азота перегноя; и чѣмъ богаче черноземъ перегноемъ, тѣмъ менѣе

---

[1]) *Müntz*, L'etablissement des nitrières a hauts rendements, въ Annales de l'Institut agronomique, Paris, 1908). *Макриновъ*, Нитрификація съ біологической стороны (Вѣстникъ Бакт. Агрон. Станціи, №№ 14 и 15).

нуждается онъ въ азотистомъ удобреніи [1]). Въ другихъ же почвахъ, не столь богатыхъ перегноемъ, для достиженія энергичной нитрификаціи необходимо внесеніе удобреній, содержащихъ азотъ въ видѣ органическихъ соединеній 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 прибавленія кровяной муки почвы оставались въ умѣренно-влажномъ состояніи 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 самые результаты получены были и для другого азотистаго удобренія (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 разрушеніи 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 вымываніе ихъ изъ почвы, какъ легко растворимыхъ въ видѣ соединеній азотной кислоты, не-

[1]) О накопленіи нитратовъ въ черноземныхъ почвахъ въ связи съ обработкой и удобреніемъ см.: 1) сводъ работъ Плотянской опытной станціи за десятилѣтіе 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. (*Рожественскій* и *Сазановъ*).

поглощаемыхъ 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. селитряные бурты), такъ какъ и здѣсь и тамъ почва намѣренно обогащается органическимъ веществомъ, поддерживается въ извѣстномъ состояніи скважности, содержаніе влаги стараются регулировать, идетъ борьба съ потребителями нитратовъ (сорныя растенія) etc.; только въ пару производство селитры является гораздо болѣе экстензивнымъ.

Но незанятый паръ удобенъ не для всѣхъ климатовъ: растенія потребляютъ нитраты и тѣмъ предохраняютъ ихъ отъ вымыванія, между тѣмъ какъ въ паровомъ полѣ жизнедѣятельностью бактерій постепенно накопляются значительныя количества нитратовъ, за отсутствіемъ растеній они не потребляются и паръ не въ состояніи предотвратить ихъ отъ вымыванія, если выпадаетъ много осадковъ. Если паръ былъ удобренный, то напр. для условій Англіи потери нитратовъ достигаютъ значительной величины: 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 бо́льшее 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.

Значитъ, чѣмъ больше было дренажныхъ водъ, тѣмъ больше те-

рялось 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 силитры. Но нужно помнить, что эти цифры относятся къ почвѣ незанятой озимыми и къ англійскимъ условіямъ. Въ присутствіи растеній потери уменьшаются во много разъ, особенно невелики онѣ могутъ быть при климатѣ континентальномъ. Насколько сильно вліяетъ степень развитія растеній на вымываніе нитратовъ, можно видѣть изъ слѣдующаго опыта (Петермана).

На неудобренномъ участкѣ	урожай	64	кило;	дрен. водъ	281 kg	Потеря N	0.229 kg.
„ минеральномъ удобр. безъ N	„	236	„	„ „	237 „	„	0.176 „
„ минер. удобр. + N (селитра)	„	445	„	„ „	191 „	„	19.025 „
„ „ „ + N (въ видѣ NH_3)	„	447	„	„ „	184 „	„	12.859 „
„ „ „ + кровян. мука	„	809	„	„ „	145 „	„	4.519 „

Изъ этихъ цифръ видно, что чѣмъ больше была масса растеній 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, вносились азотистыя удобренія или нѣтъ, и въ какой формѣ: внесеніе селитры вызываетъ большія потери, чѣмъ внесеніе сѣрнокислаго амміака, по понятнымъ причинамъ. Кровяная мука дала наименьшія потери, какъ матеріалъ, постепенно доставляющій нитраты развивающимся растеніямъ (опытъ сдѣланъ въ Бельгіи).

Всѣ работы, изъ которыхъ приведены были примѣры, отличались незначительной величиной той площади, которая служила для опыта; размѣры вымыванія нитратовъ нерѣдко 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. Сены и ея притоковъ.

Для большей вѣроятности результатовъ подобныхъ разсчетовъ 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. Кромѣ 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 населяющими 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'а. 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).
Февргль 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'а въ февралѣ и остается низкимъ во всѣ лѣтніе мѣсяцы.

Шлезингъ, принимая во вниманіе цифры, относящіяся къ холоднымъ мѣсяцамъ года, разсчитывалъ 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 потрываются тѣмъ азотомъ, который поглощаетъ 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 разсчету на гектаръ).

Въ пару	42 кил.
Подъ викой. . . .	5.25 »
Подъ овсомъ . . .	0.23 »
Подъ ячменемъ . .	0.27 »

Судя по этому, на одну десятину при трехпольномъ хозяйствѣ въ Московской губерніи, теряется около 14 кило (почти 1 пудъ) азота [1]).

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 свободнаго азота. Первое указаніе на микроорганизмовъ, какъ на виновниковъ этого возстановительнаго процесса, принадлежитъ повидимому Meusel'ю (1875 г.), который наблюдалъ, что вода изъ источника, содержавшая азотнокислыя соли, при стояніи обнаруживала значительное образованіе азотистой кислоты; этой перемѣны 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 начисто разлагали селитру (въ присутствіи органическаго вещества) съ выдѣленіемъ N_2 и образованіемъ K_2CO_3 или Na_2CO_3.

Затѣмъ Bréal констатировалъ присутствіе денитрифицирующихъ бактерій на соломѣ, сѣнѣ люцерны, Giltay и Aberson (Голландія) нашли форму распространенную въ воздухѣ, въ водѣ и почвѣ, обладающую той же способностью; частью подъ вліяніемъ работъ Вагнера (Дармштадъ), Stuzer и Burri, (а также Широкихъ, Егуновъ, Северинъ и др.), занимаясь изученіемъ бактерій соломы и твердыхъ экскрементовъ с. х. домашнихъ животныхъ, нашли и въ этихъ матеріалахъ нѣсколько формъ близкаго физіологическаго типа; словомъ, бактеріи этой группы оказываются довольно распространенными и при томъ

[1]) См. Извѣстія нашего Института, 1901 и 1902 г. Отчасти эта потеря покрывается тѣмъ приходомъ, которыя даютъ осадки (ср. примѣчаніе на стр. 28); вполнѣ сравнимыхъ данныхъ, правда, мы не имѣемъ, но по опредѣленіямъ Плотянской станціи почвой получается около 4 kgr. связаннаго азота за годъ съ осадками, что для той мѣстности уже покрываетъ потери отъ вымыванія. (См. анализы *Вельбеля* въ Трудахъ Плотянской станціи).

бактеріи почвы и навоза между собой повидимому не тождественны [1]). 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:

$$4NaNO_3 + C_5H_{10}O_5\,^{2}) = 2Na_2CO_3 + 2N_2 + 3CO_2 + 5H_2O.$$

Часть углекислоты остается въ жидкости, образуя двууглекислыя соли, часть выдѣляется (смотря по составу среды, въ большемъ или меньшемъ количествѣ); азотъ же почти весь удаляется какъ свободный азотъ.

[1]) Такъ по Kühnemann'у въ почвѣ чаще встрѣчаются Bacillus pyocyaneus, Bacillus fluorescens liquefaciens и Bac. denitrificans III; въ навозѣ рогатаго скота — Bac. denitrificans I + Bacterium coli; въ навозѣ лошадей — Bacillus denitrificans II (Landw. Versuchs-Stationen, 1898 г.); по данныя эти оспариваются Höflich'омъ (Bied. Centralblatt, 1903, 521). См. также: *Северинъ*, О разложеніи азотно-кислыхъ солей бактеріями (Вѣстникъ Бакт. Агрон. Станціи, № 15).

[2]) Здѣсь взята пентоза, такъ какъ пентозаны по нѣкоторымъ наблюденіямъ особенно наклонны вызывать денитрификацію; но если не придавать значенія этому обстоятельству, то можно просто смотрѣть на приводимое уравненіе, какъ на примѣрную схему; клѣтчатка также способна служить для питанія денитрификаторовъ; см. работу Van-Iterson реф. въ Bied. Centralblatt, 1905, стр. 709). О чувствительности денитрификаторовъ по отношенію къ сѣроуглероду см. у *Hiltner'a*, Studien über die Bacterienflora des Ackerbodens (Arbeiten Biologisch. Abth., Bd. III 1903).

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 крахмалъ 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 неперепрѣвшимъ 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 неперепрѣвшаго 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 [1]). Подробнѣе объ этомъ будемъ говорить въ главѣ о навозѣ.

Какъ было ранѣе сказано, подъ удобреніями мы понимаемъ вещества, вносимыя въ почву съ цѣлью повышенія урожаевъ. Повышеніе это въ однихъ случаяхъ происходитъ потому, что вносимымъ

[1]) Послѣднее 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 ограничеекія 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.

удобреніемъ мы непосредственно повышаемъ въ почвѣ содержаніе какого либо необходимаго питательнаго вещества; такія удобрительныя средства называются *прямыми удобреніями*. Прямыя удобренія 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 удобреніями*.

При внесеніи другого рода удобрительныхъ веществъ, мы вызываемъ въ почвѣ реакціи, въ результатѣ которыхъ освобождается то или другое необходимое для растеній питательное вещество, или устраняются вредныя вещества; удобренія, дѣйствующія такимъ образомъ, называются *косвенными удобреніями*.

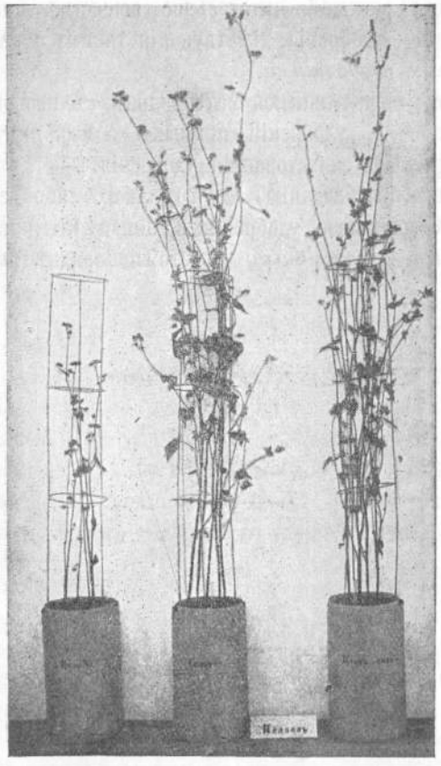
Мы начнемъ разсмотрѣніе удобрительныхъ матерьяловъ съ первой изъ названныхъ категорій, т.-е. удобреній прямыхъ, а изъ нихъ поставимъ впереди болѣе простыя, односторонніе удобренія.

Смотря по содержанію (или преобладанію) одного какого либо вещества въ прямыхъ односторонніхъ удобреніяхъ, они дѣлятся на *азотистыя, фосфорнокислыя* и *калійныя;* въ этомъ порядкѣ мы ихъ и разсмотримъ.

Односторонніе удобрительныя вещества.

А. Азотистыя удобренія.

Рис. 2-й Гречиха на подзолѣ.



Безъ азота. Селитра. Ціанъ-амидъ.

Азотъ, какъ одинъ изъ четырехъ элементовъ, являющихся необходимыми для образованія бѣлковыхъ веществъ, представляетъ изъ себя питательное вещество, потребляемое растеніями въ весьма значительныхъ количествахъ ($^1/_6$ часть отъ вѣса образованнаго бѣлка). Если взять наши главныя растенія, хлѣбные злаки, то средній урожай съ десятины уноситъ въ зернѣ и соломѣ (по даннымъ Стебута) около $2^1/_2$ пудовъ азота, а наибольшій возможный урожай (по Вагнеру)—до 8 пудовъ азота на десятину [1]); для картофеля среднее потребленіе принимается въ 4 пуда, а для кормовой свеклы—

[1]) По даннымъ Плотянской станціи въ разные годы, въ связи съ колебаніями въ урожаяхъ оз. пшеница „банатка“ уноситъ въ надземныхъ частяхъ отъ 3,5 до 6,5 пудовъ азота, яровая пшеница „улька“ отъ 2,6 до 5,0 пуд., озимая рожь отъ 4,3 до 5,5 пуд. на десятину (см. Сводъ работъ Плотянской станціи за десятилѣтіе 1892—1904 гг., стр. 206).

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 неизбѣжно теряется [1]). Поэтому навозное удобреніе въ зерновомъ хозяйствѣ обычно не въ состояніи пополнить потребности культурныхъ растеній въ азотѣ; для устраненія этого недостатка хозяевамъ приходится прибѣгать или къ спеціальнымъ азотистымъ удобреніямъ или къ культурѣ растеній изъ группы «азотособирателей»—бобовыхъ.

Азотистыя удобренія представляютъ изъ себя съ одной стороны продукты съ преобладаніемъ сравнительно простыхъ соединеній (селитра, амміачныя соли, ціанъ-амидъ) или же отбросы органическаго происхожденія, содержащія сложныя (бѣлковыя или близкія къ нимъ вещества) вещества или продукты ихъ (кровяная мука, шерсть, рогъ, жмыхи, гуано и пр.).

1. Чилійская селитра ($NaNO_3$).

Чилійская селитра привозится въ Европу изъ Южной Америки, гдѣ наиболѣе богатыя залежи ея находится въ Чили (пустыня Атакама) и Перу (плоскогоріе Pampa Negra, на 1000 м. надъ уровнемъ моря, между Кордильерами и грядой прибрежныхъ возвышенностей, а также и въ нѣкоторыхъ районахъ Боливіи [2]). Селитряныя залежи достигаютъ толщины отъ 1 до 5 метровъ и обычно бываютъ покрыты пескомъ и 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 усло-

[1]) Для болѣе точнаго разсчета 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 азотистые продукты въ видѣ молока, мяса, шерсти и пр., да и луга, состоящіе преимущественно изъ злаковой растительности, въ свою очередь требуютъ азотистаго удобренія.

[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 чилійскихъ и перуанскихъ залежей.

віяхъ; 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 или иныхъ, 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 $NaNO_3$, а $Ca(NO_3)_2$; замѣщеніе же Ca при помощи Na легче всего объяснить участіемъ морской воды, тѣмъ болѣе, что реакція эта имѣетъ мѣсто въ томъ случаѣ, если смѣшать растворъ $Ca(NO_3)_2$ и NaCl; при выпариваніи смѣси выкристаллизовывается $NaNO_3$; а $CaCl_2$ остается въ растворѣ. Въ связи съ составомъ морской воды стоитъ, по этой гипотезѣ, присутствіе въ натровой селитрѣ (помимо примѣси NaCl) іодновато и бромноватокислыхъ K и 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 почвой; 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 [1]). 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 $NaNO_3$ въ смѣси съ хлористымъ натромъ, сѣрнокислымъ

[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.

рнатомъ, глиной и пескомъ и др. примѣсями; иногда встрѣчаются и калійныя соли; вотъ данныя двухъ анализовъ (см. Müntz, Les engrais II).

(Перу)	(Чили)
60.97% $NaNO_3$	47.2% (съ колебаніями 20—80%)
16.85 NaCl	7.4%
4.56 Na_2SO_4 и H_2O	26.0%
песокъ, глина	18.7%
0.73 іодноватокислаго кали	0.2—%

При добываніи обычно твердую массу взрываютъ порохомъ, крупные комки примѣсей отбираютъ руками, а потомъ обрабатываютъ полученную массу горячей водой; послѣ декантаціи растворъ выпаривается, изъ него при охлажденіи выкристаллизовывается селитра, представляющая продажный матеріалъ, содержащій около 95% $NaNO_3$. 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 выпадаетъ преимущественно селитра, а NaCl остается главнымъ образомъ въ маточной жидкости.

Высушенная на солнцѣ перекристаллизованная масса нагруженная въ мѣшки прежде вьюками (на ослахъ) доставлялась къ гаванямъ (Pisagua и Iquique), въ настоящее же время къ большей части крупныхъ гаваней, проложены рельсовые пути [1]).

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 $^1/_{10}$ 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 разсчитывали, что при такомъ потребленіи однихъ залежей въ Тарапакѣ хватитъ на 100 лѣтъ; но вывозъ ея быстро повышается (около 90 милліоновъ пудовъ въ 1903 г.; изъ этого количества $^4/_5$ идутъ на нужды сельскаго хозяйства, а $^1/_5$ потребляется промышленностью) и

[1]) Подробности относительно добыванія селитры см. въ книгѣ въ Weitz'a „Der Chilisalpeter", 1905.

теперь предсказываютъ истощеніе залежей черезъ 40—50 лѣтъ, а быть можетъ ранѣе; [1]) тогда предстоитъ обратиться исключительно къ приготовленію селитры изъ азота и кислорода воздуха (электрическій разрядъ); въ этомъ направленіи уже имѣются весьма благопіятные результаты. Для Россіи это удобреніе является 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 прототипомъ всѣхъ азотистыхъ удобреній и съ ней сдѣлано больше всего опытовъ, позволяющихъ судить о вліяніи азотистыхъ удобреній на растеніи. Изученіе ее важно еще потому, что всякое азотистое удобреніе, будучи внесено въ почву, прежде чѣмъ подѣйствовать, образуетъ въ почвѣ азотнокислыя соли благодаря процессу нитрификаціи. Кромѣ того, и прямое употребленіе селитры у насъ уже начинаетъ практиковаться, 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 совершенно не дѣйствовала, но дѣйствіе это, если оно и имѣетъ мѣсто, мало по размѣрамъ и дѣлаетъ употребленіе селитры подъ бобовыя экономически невыгоднымъ. Мало того, иногда оно можетъ быть и прямо вреднымъ, напр. при культурѣ зерновыхъ бобовыхъ, когда избытокъ азота, затягивая развитіе растенія и усиливая образованіе вегетативныхъ органовъ, понижаетъ урожай зерна; но это частный случай, болѣе общей причиной является просто нерентабельность.

Контрастъ бобовымъ представляютъ всѣ остальныя культурныя растенія; урожай ихъ настолько правильно повышается въ зависимости отъ количества усвояемаго азота, что являются попытки подсчета, сколько же нужно внести азота въ формѣ селитры, чтобы достигнуть такого-то повышенія 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

[1]) По послѣднимъ даннымъ однако эти предсказанія являются слишкомъ пессимистичными.

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 удобренія 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 коэффиціентъ использованія будетъ 73, для пшеницы 60, для моркови 90. Въ общемъ, коэффиціентъ использованія равенъ приблизительно $^2/_3$, а поэтому для разсматриваемаго нами случая надо брать селитры не 12, а 18 пудовъ. Эта цифра и соотвѣтствуетъ приблизительно обычнымъ нормамъ удобренія въ западно-европейской практикѣ (15—18 пуд. на десятину). При благопріятныхъ условіяхъ этотъ разсчетъ оправдывается на дѣлѣ, но если какого-либо фактора произрастанія не хватаетъ, то вышеуказанное количество селитры полнаго 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 окупить внесеніе 15—20 пудовъ селитры, то все же постоянными они являться не будутъ, отсюда стремленіе—понизить дозу селитры у насъ, давать небольшое ея количество весной, въ качествѣ импульса къ болѣе энергичному росту; имѣющіеся благопріятные случаи такого внесенія малыхъ 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 [1]); но само собою разумѣется, что эти цифры колеблются въ зависимости отъ цѣлаго ряда условій; 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 постепеннаго распространенія 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 періодъ, пока нитрификація еще слаба, возможны болѣе крупные 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 растеній въ сѣвооборотѣ нѣтъ, то дѣйствіе будетъ болѣе рѣзкимъ [2]). Такая замѣна

[1]) Такой значительный приростъ свеклы и картофеля сравнительно съ другими растеніями объясняется тѣмъ, что въ нихъ много воды и мало N.

[2]) Иллюстраціи къ этому см. напр. въ статьяхъ М. А. Вонзблейна „Объ опытахъ съ минеральными удобреніями на надѣльныхъ земляхъ“ въ Вѣстникѣ Сельскаго Хозяйства за 1908 г., январь.

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 пріемомъ для замѣны дорогихъ пока азотистыхъ удобреній является культура клевера, для черноземной полосы можетъ играть значительную роль использованіе запасовъ азота въ перегноѣ, являющагося при правильной обработкѣ пара обильнымъ источникомъ нитратовъ.

Азотистое удобреніе вліяетъ не только количество, на но и на качество урожая. «Внутренняя часть зернъ нашихъ хлѣбныхъ растеній состоитъ изъ клѣтокъ, содержащихъ много крахмала; промежутки между зернами крахмала заняты отчасти воздухомъ, отчасти же ссохшеюся 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 удобренія, увеличивая въ зернахъ процентное содержаніе азотистыхъ веществъ, способствуютъ стекловидности зеренъ» (Костычевъ «Ученіе объ удобреніи почвъ» стр. 66). Отмѣтимъ, впрочемъ, что связь между строеніемъ зерна и его стекловидностью недостаточно еще выяснена; но во всякомъ случаѣ несомнѣнно, что подъ вліяніемъ азотистаго удобренія растетъ % 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 примѣнять селитру. Это, конечно, случай спеціальный, въ большинствѣ же случаевъ увеличить содержаніе бѣлковъ въ зернахъ желательно. Насколько это повышеніе можетъ быть значительнымъ видно напр. изъ опытовъ Kreusler'а, въ которыхъ наблюдалось для пшеницы повышеніе съ 16,3% до 22,6% 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 удобреніи растетъ какъ:	1 :	2 :	4 :	6
Урожай зеренъ	1.6	2.6	3.5	5.5
% содержаніе азота	1.46	1.50	1.85	2.00

т.-е. *урожай повышался съ увеличеніемъ количества вносимаго азота, вмѣстѣ съ тѣмъ повышалось и % содержаніе бѣлковъ въ зернахъ*

Односторонее внесеніе селитры измѣняетъ также отношеніе зерна къ соломѣ: хотя количество зерна абсолютно увеличивается, но приростъ соломы идетъ еще въ большей степени, и чѣмъ больше вносится въ почву азота, тѣмъ отношеніе зерна къ соломѣ становится менѣе выгоднымъ; это довольно общее правило для полевыхъ опытовъ. Изъ опытовъ Штуцера оказалось, что если считать количество зерна и соломы пшеницы за 100, то безъ азотистаго удобренія зерна будетъ 57%, при удобреніи 47%; для ржи соотвѣтствующія цифры будутъ 62 и 53. Нѣкоторые авторы возражаютъ противъ обобщенія высказаннаго положенія; такъ, Вагнеръ говоритъ, что вышеуказанное отношеніе зерна къ соломѣ при удобреніи азотомъ зависитъ просто отъ способа внесенія азотистыхъ удобреній: они вносятся обыкновенно при началѣ развитія растеній, причемъ большая часть азота скоро используется, а ко времени образованія зеренъ азота остается въ почвѣ немного, поэтому пропорціональнаго прироста зеренъ и не должно замѣчаться. Чтобы доказать свое положеніе, Вагнеръ вносилъ селитру въ различныя фазы развитія растеній. Его опыты, дѣйствительно, подтверждаютъ въ извѣстной мѣрѣ справедливость его предположеній; напр., опытъ съ овсомъ: если селитра внесена при посѣвѣ, то зерна получается 51 часть на 100 ч. соломы; если половина внесена при посѣвѣ, а половина послѣ кущенія, то зерна 53; если вся селитра внесена послѣ кущенія, зерна получилось 57, и, наконецъ, при внесеніи всей селитры передъ созрѣваніемъ зерна получилось 64 части. Слѣдовательно, внесеніемъ азота въ послѣдній періодъ роста растеній можно увеличить отношеніе зерна къ соломѣ. Но практически положеніе Вагнера не примѣнимо вслѣдствіе необходимости внесенія азотистыхъ удобреній въ началѣ роста растенія, такъ какъ коэффиціентъ использованія удобренія тѣмъ меньше, чѣмъ оно позднѣе внесено; кромѣ того, неудобно разбрасывать удобреніе при высокомъ стояніи хлѣба; чтобы внесенное поздно удобреніе подѣйствовало, необходимо еще, чтобы вскорѣ послѣ этого прошелъ дождь. Очевидно, съ нежелательнымъ уменьшеніемъ отношенія между зерномъ и соломою практичнѣе бороться одновременнымъ внесеніемъ другихъ (фосфорнокислыхъ) удобреній.

Къ числу неблагопріятныхъ вліяній азотнокислыхъ удобреній 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 дѣйствію ржавчины.

Въ нѣкоторыхъ (исключительныхъ) случаяхъ замѣчается даже пониженіе урожаевъ 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 изсушается, при чемъ возможно и излишнее повышеніе концентраціи 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 обусловливаетъ малое развитіе древесины и недостаточную толщину клѣточныхъ стѣнокъ. Такимъ образомъ, комбинаціи различныхъ условій могутъ дать иной разъ отрицательные результаты при внесеніи азотнокислыхъ удобреній и съ этимъ необходимо считаться при примѣненіи селитры [1]).

Во всякомъ случаѣ заботы о томъ, какъ избѣжать неблагопріятныхъ послѣдствій избыточнаго внесенія селитры (полеганіе и пр.)

---

[1]) Нѣкоторое вліяніе на физическія свойства почвы вытекаютъ не изъ первичныхъ свойствъ самой селитры, а изъ тѣхъ измѣненій, которыя вызываются дѣятельностью растенія, изъ такъ называемой „физіологической щелочности“ этой соли; такъ какъ растеніе 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 въ случаѣ постояннаго примѣненія селитры на тѣхъ же самыхъ участкахъ (Ротамстедъ), но чѣмъ больше поглотительная 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 или 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 Na_2CO_3 (взамѣнъ $NaNO_3$); 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).

имѣютъ больше значенія для западно-европейскихъ хозяевъ, 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 удобреніе. 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 половину срока опытовъ	во вторую половину срока опытовъ
На участкахъ не получившихъ удобренія	14.6	11.8
На участкахъ съ минеральнымъ удобреніемъ.	20.0	13.0
На участкахъ съ минеральнымъ и азотист. удобрен.	30.0	29.3

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

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

т.-е., урожаи его быстро падали [1]); но азотистое удобреніе повышало урожаи турнепса въ большей еще мѣрѣ, чѣмъ урожаи хлѣбовъ.

Урожай турнепса.

Безъ азота	13.558 klg
Съ азотомъ	25.637 klg

У корнеплодовъ подъ вліяніемъ 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 удобре-

[1]) Это явленіе авторы опытовъ объясняютъ тѣмъ, что корнеплоды требуютъ вдвое или втрое больше азота, чѣмъ хлѣба, но трудно при этомъ учесть вліяніе побочныхъ причинъ, каковы напр. поврежденія отъ насѣкомыхъ, развивающихся при долговременной культурѣ корнеплодовъ на томъ же мѣстѣ.

ній 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. вещест. . . .	8.70;	сахара 52.45
На неудобренномъ полѣ	» »	4.35	» 67.30

	Урожай свеклы.	% сахара въ сокѣ.
Безъ удобренія	20.725 кил.	15.2%
Селитры 20 п.	28.160 »	14.8%
Селитры 30 п.	33.363 »	14.2%

Съ картофелемъ получаются 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, нерекомендуется вносить большихъ количествъ азотистыхъ удобреній подъ нихъ, тѣмъ болѣе, что одностороннимъ избыточнымъ удобреніемъ можно понизить содержаніе сахара и крахмала. Наоборотъ, подъ кормовые сорта свеклы и картофеля можно смѣлѣе вносить азотистыя удобренія, такъ какъ повышеніе содержанія въ урожаѣ 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 растеніями недозрѣвшими; дѣйствительно, опытъ показываетъ, что избытокъ азотистаго питанія удлиняетъ періодъ развитія растеній. Необходимо вносить вмѣстѣ съ азотистыми удобреніями 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 удобреніе 10—20 пудами селитры, а *мѣстное* (рядовое) удобреніе сахарной свеклы малыми количествами, напр. 2—3-мя пудами; вотъ примѣръ изъ опытовъ Я. М. Жукова, констатировавшаго возможность внесенія съ выгодой такихъ малыхъ дозъ въ цѣломъ рядѣ опытовъ:

	Безъ удобренія	Суперфосфатъ	Суперфосфатъ и селитра
Урожаи . . .	100	120.1%	133.2%

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

Такимъ образомъ 2—3 пуда селитры при рядовомъ внесеніи даютъ приростъ въ нѣсколько разъ окупающій стоимость удобреній, при томъ безъ пониженія качества, насколько позволяютъ судить имѣющіеся опыты. Вѣроятно. и здѣсь сказывается потребность растеній въ усвояемомъ азотѣ ранней весной, а затѣмъ хорошо укоренившееся растеніе лучше обезпечиваетъ себя азотистой пищей въ видѣ образующихся по наступленіи теплаго времени нитратовъ. Способъ этотъ заслуживаетъ широкаго испытанія при различныхъ культурахъ, помимо свеклы [1]).

Другія растенія (рапсъ, макъ, табакъ) очень отзывчивы на азотистыя удобренія 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 удобренія съ возможностью неблагопріятнаго дѣйствія избытка азота на качество продукта, не говоря уже объ экономическихъ соображеніяхъ.

Азотнокислыя удобренія 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 растеній; 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 удобренія [2]).

---

[1]) Нѣкоторыя данныя по техникѣ рядового внесенія удобренія 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, внесенные въ ряды дѣйствовали сильнѣе, нежели удвоенное количество удобреній внесенныхъ въ разбросъ.

[2]) Эти опыты относятся къ 60-мъ годамъ, слѣдовательно, предшествовали на четверть столѣтія открытію Гельригеля, объяснившему такіе факты; рядъ другихъ наблюденій подобнаго рода, эмпирически установившихъ малую чувствительность бобовыхъ къ азотистымъ удобреніямъ, упоминается у Sachse, Lehrbuch d. Agriculturchemie, стр. 577 и слѣд.

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

Участки	Безъ удобренія.	Удобренныя N (селитрой).	P (суперф.).	K (каинитъ).
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 удобренія. (Послѣднія цифры, относящіяся къ калійному удобренію, указываютъ на большее значеніе для бобовыхъ минеральныхъ удобреній, чѣмъ азотистыхъ; дѣйствіе суперфосфата могло быть въ этомъ случаѣ нехарактернымъ вслѣдствіе 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 сплываться снова (особенно если при храненіи мѣшки оказываютъ давленіе другъ на друга). Говоря вообще, въ сухомъ климатѣ 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 равномѣрнаго распредѣленія; но обычно въ этомъ нѣтъ надобности. Если вносятъ селитру и суперфосфатъ, то не рекомендуется смѣшивать эти удобренія за долго до внесенія, во избѣжаніе потерь азота [1]). Примѣнять ее въ качествѣ поверхностнаго удобренія приходится 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 по-

---

[1]) 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.

ниженіе урожая вмѣсто повышенія. Если же дождя вовсе не случится, то поверхностно внесенная селитра останется безъ дѣйствія.

Такъ какъ азотная кислота не поглощается почвой, то внесеніе всей дозы селитры осенью (напр. подъ озимые хлѣба), говоря вообще, не рекомендуется, потому что осеннія и весеннія воды могутъ выщелочить селитру еще не использованную растеніями; если же хотятъ, 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—весною. Впрочемъ, Костычевъ высказалъ предположеніе что «у насъ въ черноземной полосѣ можно ожидать лучшаго дѣйствія селитры отъ осенняго удобренія, но тоже поверхностнаго передъ самыми морозами. Въ черноземъ влага вообще не проникаетъ глубоко и потому опасаться выщелачиванія нельзя. Раннее осеннее употребленіе было бы не удобно только потому, что озимое до морозовъ успѣло бы развиться слишкомъ буйно». (Костычевъ, «Ученіе объ удобр. почвъ», стр. 72). 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 (къ тому же черноземныя почвы при хорошей обработкѣ мало нуждаются въ азотистомъ удобреніи).

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 *мѣстнаго* примѣненія удобренія, а такое примѣненіе позволяетъ понизить дозы удобренія (и повысить тѣмъ отношеніе между количествомъ затраченнаго удобренія 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 картофеля [1]); далѣе, здѣсь возможно внесеніе удобренія 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 удобренія.

[1]) Такъ для картофеля имѣются указанія, что даже внесеніе 1 грамма ($^1/_4$ золотника) селитры подъ каждый кустъ уже способно оказать замѣтное повышающее дѣйствіе на урожай. Лучше конечно одновременно съ селитрой вносить и другія удобренія.

Не такъ давно (передъ 1900 г.) обращено вниманіе еще на одно неблагопріятное обстоятельство при употребленіи недостаточно чистой продажной селитры, именно, вредное дѣйствіе примѣси къ ней хлорнокислаго кали, $KClO_4$. Достаточно примѣси 1—2% этой соли въ селитрѣ для отравленія растеній; повидимому хлѣба (особенно рожь) чувствительнѣе въ этомъ отношеніи, чѣмъ напр. свекла, способная даже при 6% $KClO_4$ въ селитрѣ вынести такое удобреніе не отмирая, но ограничившись лишь запозданіемъ въ появленіи и въ численномъ развитіи всходовъ. Поэтому необходимо при покупкѣ требовать гарантіи какъ извѣстнаго содержанія азота, такъ и отсутствія вредныхъ примѣсей.

Нужно впрочемъ сказать, что страхъ отравленія растеній хлорнокислымъ кали при удобреніи селитрой сталъ въ значительной мѣрѣ уже достояніемъ 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 [1]).

2. Прямое использованіе азота атмосферы въ цѣляхъ приготовленія азотистыхъ удобреній.

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

Какъ ни громадны казались залежи селитры въ Чили и Перу, но и они могутъ оказаться не въ состояніи долго выносить громаднаго экпорта, превышающаго теперь 100 милл. пудовъ въ годъ; по однимъ разсчетамъ (Круксъ) уже въ 1925 году они должны истощиться, другіе полагаютъ, что чилійской селитры хватитъ еще до 1940 года, третьи же утверждаютъ что ихъ хватитъ еще на цѣлое столѣтіе; такъ или иначе, но только надвигается вопросъ о томъ, чѣмъ будетъ замѣнена чилійская селитра въ будущемъ, а увеличивающійся спросъ

[1]) Какъ доступное средство опредѣленія $KClO_4$ используется способность этой соли (какъ и $KClO_3$) выдѣлять кислородъ при нагрѣваніи до 520° и превращаться въ KCl, что сказывается прежде всего въ соотвѣтственной 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).

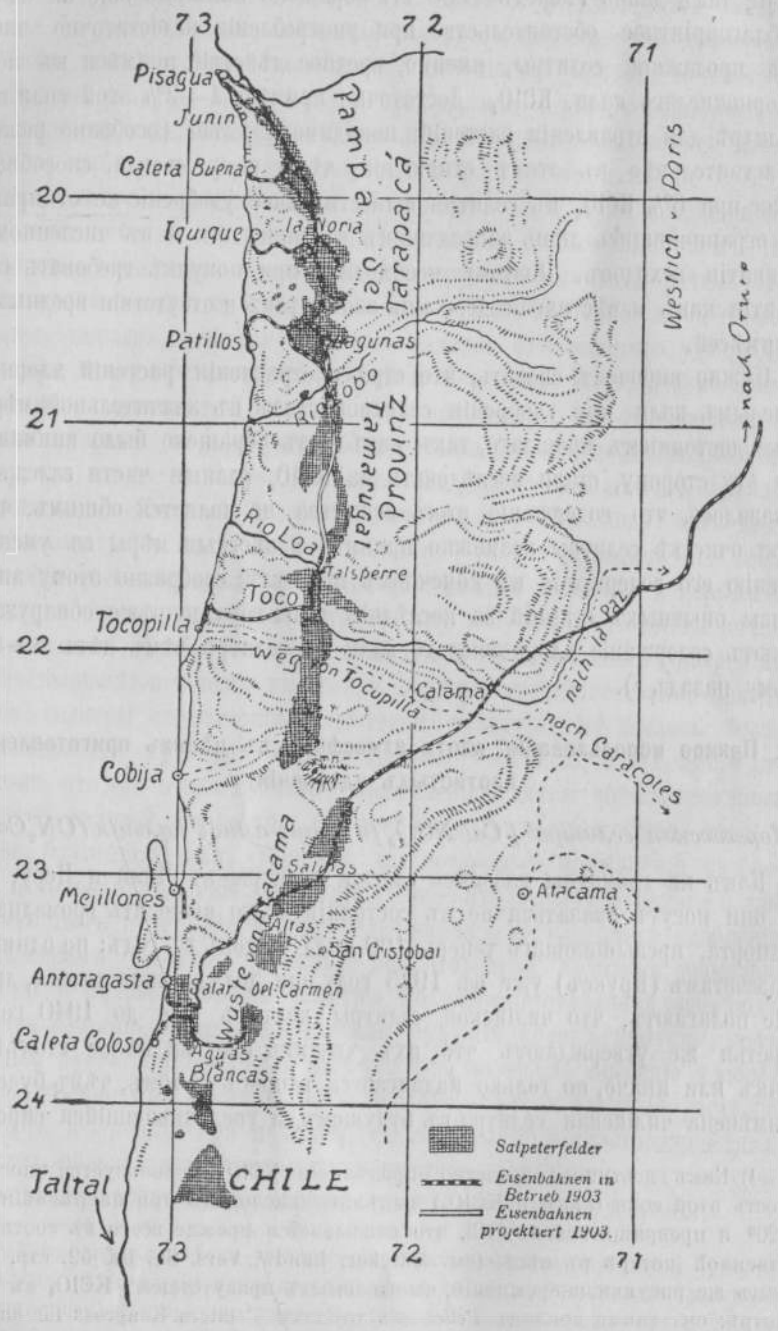
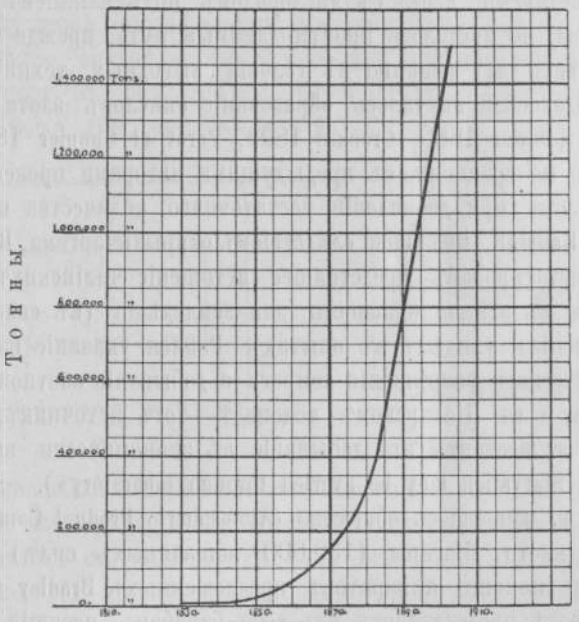


Рис. 3. Залежи селитры въ Ю. Америкѣ.

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 удобреніе, именно сѣрнокислый аммоній, получаемый при газовомъ (и коксовомъ) производствѣ, но его количества не таковы, чтобы видѣть въ немъ замѣну чилійской селитры.

Давно, конечно, извѣстно, что азотъ является преобладающей составной частью воздуха; но съ перваго взгляда мы не привыкли

Рис. 4. Ростъ вывоза селитры.



Годы: 1810 1830 1850 1870 1890 1910

достаточно цѣнить всей громадности абсолютной величины этого запаса азота въ воздушномъ океанѣ, между тѣмъ, простой разсчетъ 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 $^1/_3$ всей ввозимой въ Европу селитры; слѣдовательно, въ столбѣ воздуха, находящагося

надъ площадью въ три десятины, содержится столько азота, сколько покупаетъ ежегодно въ видѣ селитры вся Европа.

Недоставало слѣдовательно лишь средства, которое позволило бы черпать изъ этого громаднаго запаса азота путемъ переведенія его въ связанное состояніе, при томъ не столь экстензивнымъ и косвеннымъ путемъ, какъ это имѣетъ мѣсто при культурѣ бобовыхъ, а путемъ болѣе быстрымъ 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 Cavendish'емъ реакція, т.-е. соединеніе азота съ кислородомъ подъ вліяніемъ 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 чилійскихъ залежей и связанную съ этимъ опасность для земледѣлія (въ связи съ ростомъ населенія), увидѣлъ въ опытахъ Рэйлея указаніе на возможность техническаго разрѣшенія вопроса о добываніи азотной кислоты изъ воздуха, а въ Ніагарскомъ водопадѣ—тотъ источникъ, который позволитъ осуществить это добываніе въ экономически выгодныхъ условіяхъ («Starvation may be averted through laboratory»).

Въ 1902 г. основалось общество (Atmospheric Product Company) для утилизаціи части Ніагары (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 обоими 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 Ніагарѣ прекратилась.

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

Въ 1903 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 вибрацій; при перемѣнномъ же токѣ дуга вибрируя въ обѣ стороны даетъ пламя въ видѣ полнаго свѣтящагося диска. (См. рис. 5-й и 6-й).

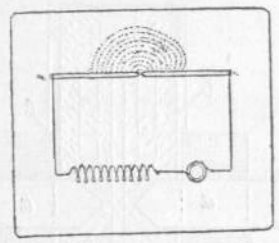


Рис. 5.

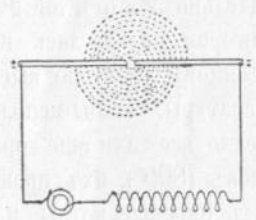


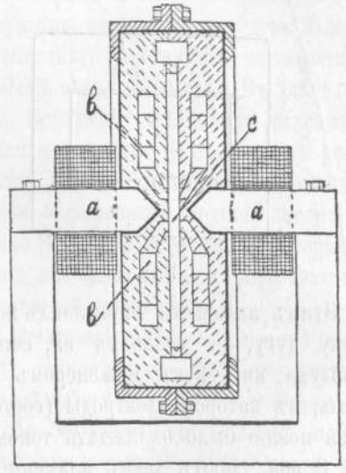
Рис. 6.

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 mm.. даютъ дискъ пламени въ 1,8 метра діаметромъ, располагающійся въ узкой полости печи (2 метра высотой и 8 сант. шириной), въ плоскости перпендикулярной къ линіи, соединяющей полюсы электромагнита; въ эту полость постоянно вдувается воздухъ подвергающійся нагрѣванію [1]).

[1]) Печи (рис. 7-й, 8-й и 9-й) строятся изъ огнеупорнаго матеріала, работаютъ по долгу и требуютъ мало надзора; электроды работаютъ по 300 часовъ, затѣмъ ихъ приходится мѣнять. Заводъ въ Notódden'ѣ располагалъ въ 1907 г. 30,000 лошадиныхъ силъ (водопады Swelgfos, Kjukanfos и др.); теперь же въ суммѣ на производство селитры въ Норвегіи расходуется до 200.000 лошадиныхъ силъ.

Температуру пламени въ своей печи Birkeland и Eyde опредѣляютъ приблизительно въ 3000°, выходящіе же газы имѣютъ температуру около 600°, слѣдовательно, только $^1/_5$ вдуваемаго воздуха подвергается непосредственному дѣйствію вибрирующей дуги, а $^4/_5$ служатъ для удаленія и быстраго охлажденія окиси азота, при медленномъ охлажденіи наклонной диссоціировать. Дѣло въ томъ, что при обыкновенной температурѣ окись азота (NO) если и образуется то въ ничтожномъ количествѣ (по теоретическому разсчету 1:10,000,000), при повышеніи t° образованіе ея становится болѣе замѣтнымъ, достигая при 3000° 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 удается предупредить разложеніе; въ этомъ смыслъ 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 (800°), ихъ проводятъ подъ паровые котлы или подъ резервуары, гдѣ долженъ выпариваться растворъ готовой селитры, послѣ чего газы охлаждаются до 200°, а послѣ прохожденія черезъ особый холодильникъ—до 50°; затѣмъ они поступаютъ въ *окислительныя башни* со стѣнками изъ кислотоупорнаго матеріала, гдѣ постепенно происходитъ превращеніе окиси азота черезъ поглощеніе кислорода воздуха въ двуокись: $NO+O=NO_2$; внѣшне эта реакція проявляется образованіемъ бурыхъ паровъ. Далѣе газы поступаютъ въ *поглотительныя башни*, построенныя изъ гранита и наполненныя кусками кварцита, по которымъ навстрѣчу газамъ течетъ вода; подъ вліяніемъ воды двуокись азота даетъ азотную и азотистую кислоты: $2NO_2+H_2O=HNO_3+HNO_2$ [1]).

Рис. 7. Схематическій разрѣзъ печи.



a — элекромагнитъ. *b* — электроды. *c* — полость печи.

[1]) Такъ идетъ реакція на холоду; при дѣйствіи же теплой воды получается только азотная к. и окись азота: $3NO_2+H_2O=HNO_3+NO$.

Азотная кислота, будучи стойкой и хорошо растворимой въ водѣ, увлекается ею: азотистая же наклонна распадаться, давая опять окислы азота ($2HNO_2=NO_2+NO=H_2O$), которые при дальнѣйшемъ пути въ поглотительныхъ башняхъ, встрѣчая кислородъ и воду, опять дадутъ въ большей своей части азотную кислоту.

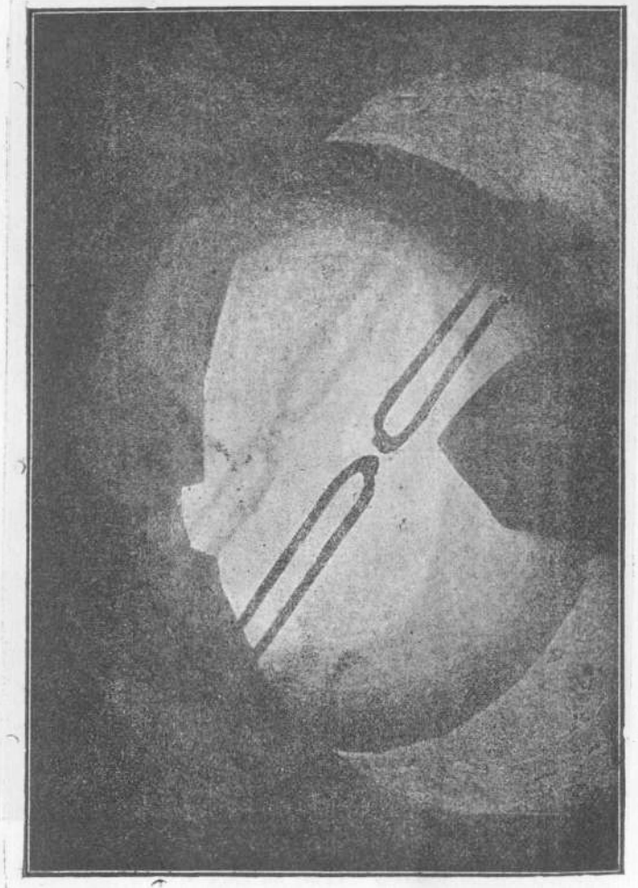


Рис. 8. Дугообразные электроды и дискъ пламени.

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

рядъ поглотительныхъ башенъ съ циркулирующей водой, пускаютъ въ заключеніе въ башню, гдѣ циркулируетъ известковое молоко, чтобы не потерять остатка непоглощенныхъ окисловъ [1]).

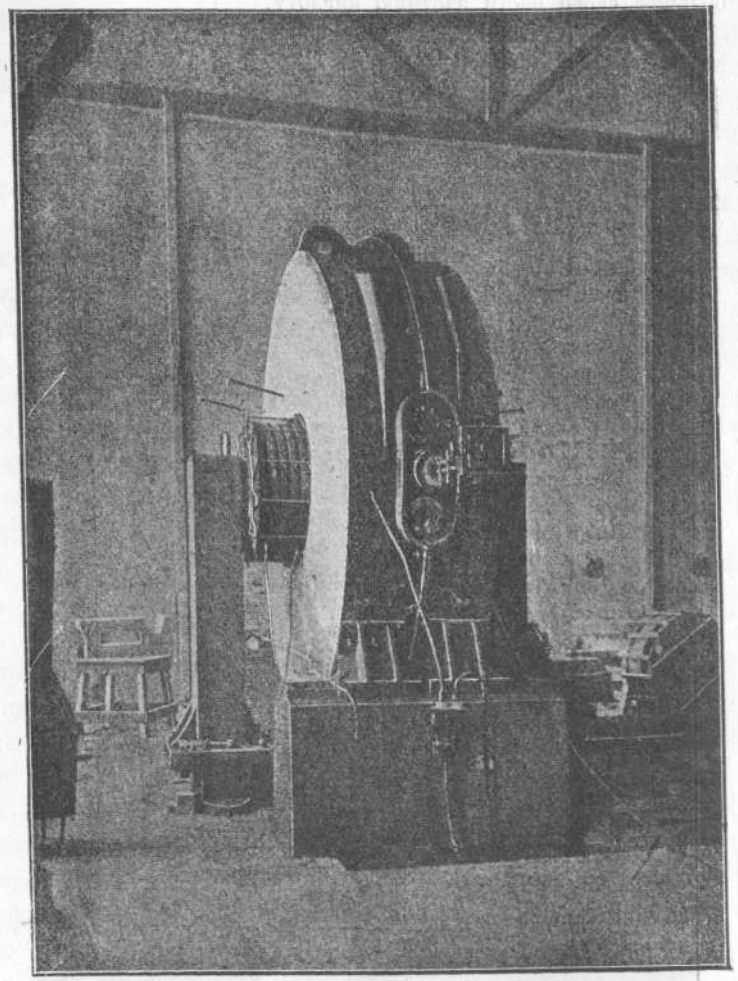


Рис. 9. Наружный видъ печи Биркеланда.

[1]) При этомъ имѣетъ мѣсто реакція: $4NO_2 + 2Ca(OH)_2 = Ca(NO_3)_2 + Ca(NO_2)_2 + 2H_2O$; чтобы использовать и эту смѣсь въ цѣляхъ полученія только азотной кислоты, дѣйствуютъ на нее готовой HNO_3, которая вытѣсняя азотистую даетъ газообразные продукты ея распада, NO_2 и NO; ихъ опять проводятъ черезъ всю серію башенъ.

Наиболѣе дешевымъ матерьяломъ для нейтрализаціи азотной кислоты является $CaCO_3$, поэтому кислый растворъ проводятъ въ гранитные бассейны, содержащіе куски известняка, при чемъ методически регулируютъ циркуляцію раствора такъ, чтобы на свѣжій известнякъ поступалъ уже почти нейтрализованный растворъ, а свѣжій растворъ

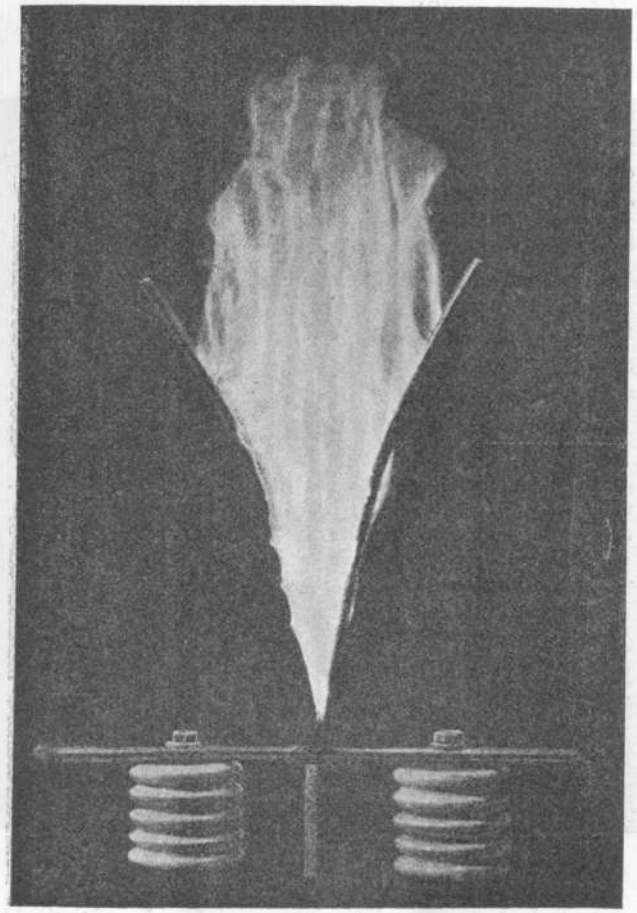


Рис. 10. Печь Паулинга.

попадалъ сначала на остатки известняка, нерастворенаго при предыдущемъ соприкосновеніи съ растворомъ; затѣмъ растворъ азотнокислаго кальція сгущается выпариваніемъ до тѣхъ поръ, пока точка кипѣнія не повысится до 145°, что отвѣчаетъ 75—80% $Ca(NO_3)_2$; 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°, затѣмъ оставлять кристаллизоваться и центрифугированьемъ отдѣлять кристаллы отъ жидкости. Чтобы уменьшить гигроскопичность кальціевой селитры, готовятъ еще основную азотнокислую известь, путемъ прибавки къ горячему раствору извѣстнаго количества CaO; такой продуктъ содержитъ около 9% азота.

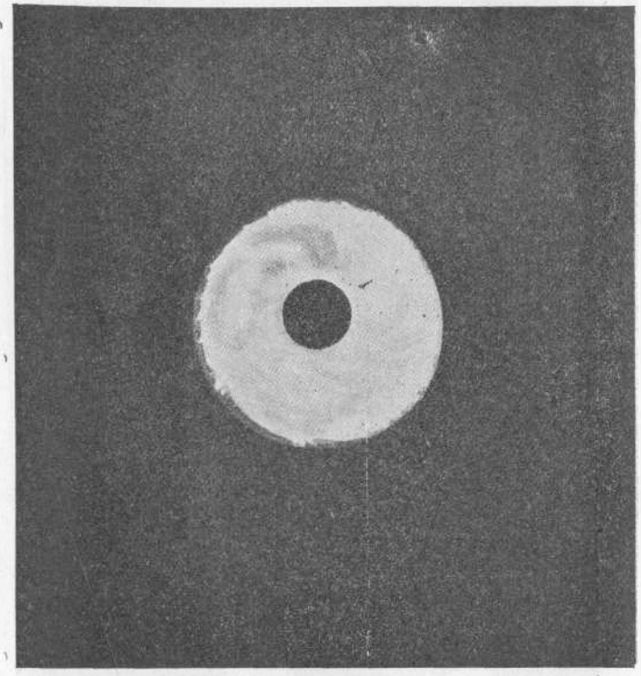
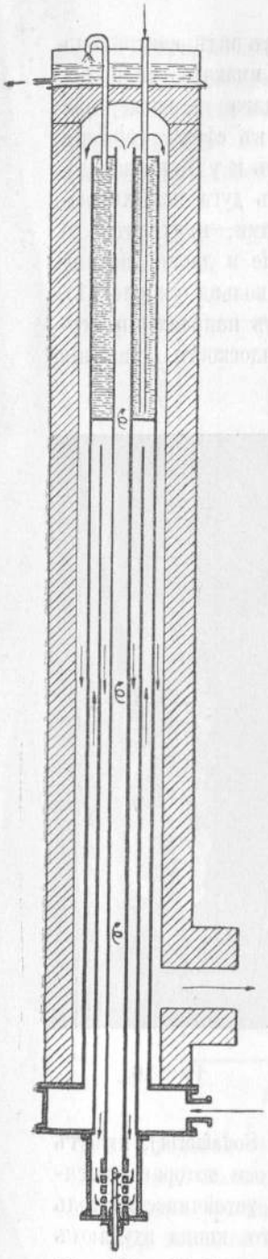


Рис. 11. Печь Мосцицкаго.

Мы описали печь Биркеланда и Эйде, какъ первую нашедшую примѣненіе въ крупномъ заводскомъ производствѣ; но появился рядъ другихъ системъ (и конечно появятся и еще новыя изобрѣтенія), среди которыхъ имѣются сильные конкурренты печи Биркеланда.

Чтобы дать нѣкоторое понятіе о возможности разными путями достигнуть той же цѣли, упомянемъ здѣсь о четырехъ типахъ электрическихъ печей:

1) Печь Паулинга (рис. 10) имѣетъ электроды въ видѣ двухъ расходящихся изогнутыхъ стержней; дуга возникаетъ первоначально внизу между сближенными концами электродовъ, затѣмъ она передвигается кверху (снизу вдувается воздухъ) и удлиняется, пока не произойдетъ перерыва; тогда снизу возникаетъ новая дуга, и рядъ восходящихъ кверху и смѣняющихъ другъ друга дугъ даетъ впечатлѣніе непрерывнаго пламени, расположеннаго въ плоскости между электродами.



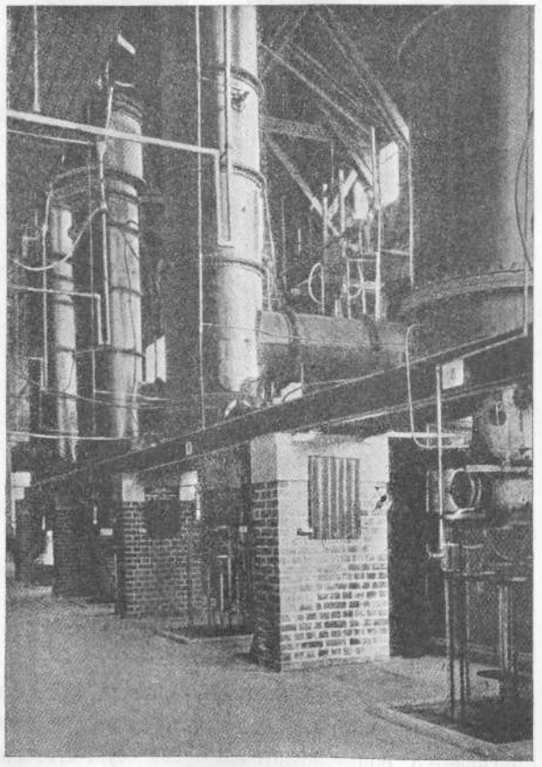


Рис. 12 и 13. Схематическій разрѣзъ и внѣшній видъ Баденской печи.

2) Печь Мосцицкаго имѣетъ одинъ электродъ въ видѣ центрально расположеннаго стержня, а другой — въ видѣ низкаго цилиндра (кольца), окружающаго первыя; оба электрода находятся въ сферѣ дѣйствія магнитнаго поля (какъ и у Биркеланда). При такихъ условіяхъ дуга вспыхивающая между электродами, приходитъ во вращательное движеніе и даетъ картину сплошного огненнаго кольца (см. рис. 11). Воздухъ вдувается въ направленіи перпендикулярномъ къ плоскости движенія дуги.

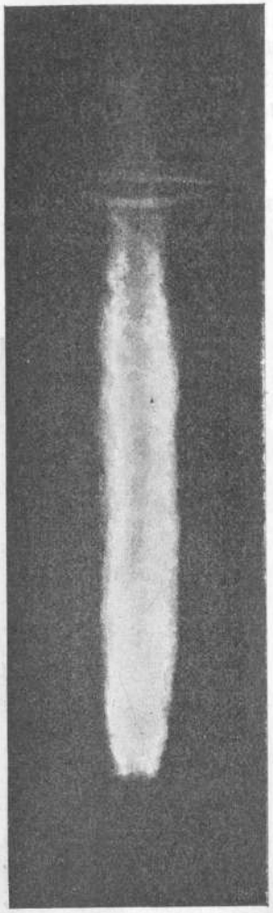


Рис. 14.

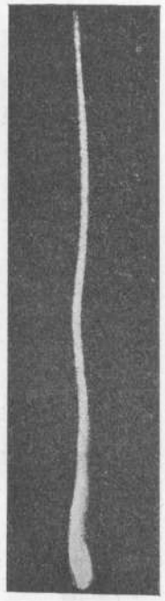


Рис. 15.

Рис. 16.

3) Баденская печь (печь Badische Anilin — und Sodafabrik), имѣетъ форму высокаго (до 8 метровъ) цилиндра, вдоль оси котораго вытягивается пламя вольтовой дуги; осуществленіе и устойчивость столь длинной дуги достигается тѣмъ, что съ нижняго конца вдуваютъ воздухъ по направленію касательной, такъ что получается восходящій вихрь, увлекающій пламя отъ нижняго электрода до верхней крышки цилиндра, служащей вторымъ электродомъ. Рис. 12 изображаетъ схематическій разрѣзъ печи, изъ него видно, что воздухъ прежде чѣмъ поступить въ полость печи, подогрѣвается теплотой отходящихъ газовъ; рис. 13 даетъ понятіе о внѣшнемъ видѣ печей

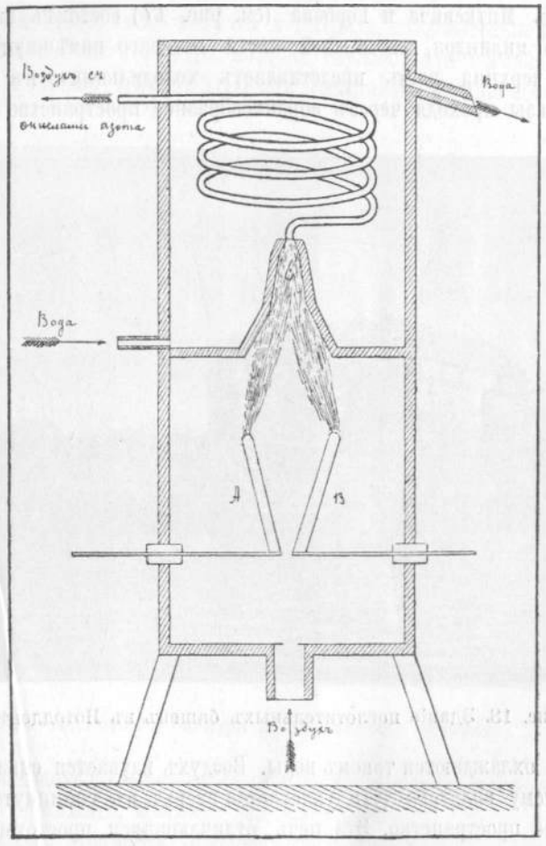


Рис. 17. Печь Миткевича и Горбова.

при заводской установкѣ. Благодаря вращательному движенію во внутренней полости печи и развитію центробѣжной силы наблюдается правильное расположеніе болѣе холодныхъ (тяжелыхъ) слоевъ воздуха у внѣшней стѣнки и болѣе горячихъ (легкихъ) внутри; этимъ объясняютъ, что желѣзная оболочка печи при заводской работѣ не

прогораетъ, а лабораторную модель печи можно устроить даже изъ стеклянной трубки. Рис. 14 и 15 даютъ общій видъ дуги въ этой печи, а на рис. 16 обнаруживаетъ наличность вихревого движенія въ нижней части ея (моментальный снимокъ въ другомъ масштабѣ). Баденская печь оказалась настолько продуктивной и устойчивой, что говорятъ уже о вытѣсненіи ею печи Биркеланда.

4) Печь Миткевича и Горбова (см. рис. 17) состоитъ изъ металлическаго цилиндра, въ нижней части котораго помѣщаются электроды, а верхняя часть представляетъ холодильникъ, въ· которомъ горячіе газы проходя черезъ воронкообразное пространство и черезъ

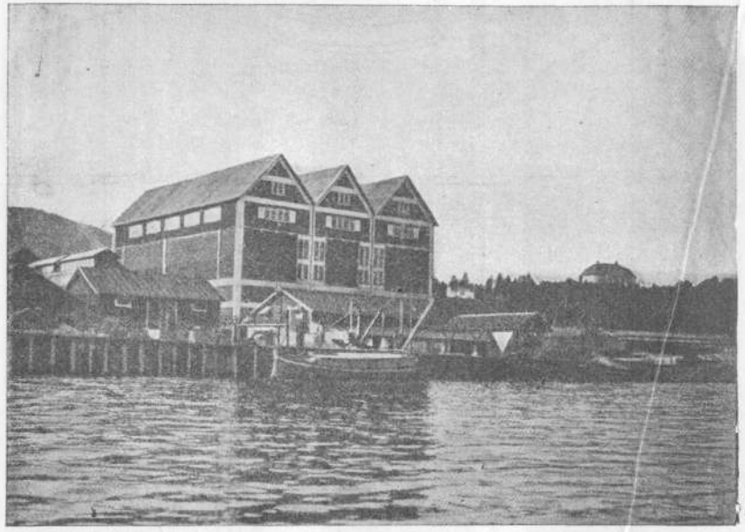


Рис. 18. Зданіе поглотительныхъ башенъ въ Нотодденѣ.

змѣевикъ охлаждаются токомъ воды. Воздухъ вдувается снизу и благодаря этому вольтова дуга увлекается вверхъ въ упомянутое воронкообразное пространство. Эта печь, отличающаяся простотой устройства, дала при опытахъ въ СПБ. Политехнич. Институтѣ выходы азотной кислоты, не уступающіе выходамъ печи Биркеланда и Эйде. Опыты съ этой печью въ большомъ масштабѣ должны быть поставлены лѣтомъ 1911 года на Сестрорѣцкомъ заводѣ.

Точно также продолжается изученіе процессовъ поглощенія окисловъ азота и предлагаются новые методы для болѣе совершеннаго заводскаго осуществленія этой второй половины норвежскаго способа.

Такъ Шлезингъ предложилъ вмѣсто «кислаго» поглощенія «щелочное» (точнѣе, вмѣсто воднаго—сухое), именно послѣ окислительныхъ башенъ газовая смѣсь содержащая NO_2 должна приходить прямо въ соприкосновеніе съ известью въ видѣ сухой пористой массы и реаривать по схемѣ:

$$4NO_2+2CaO=Ca(NO_3)_2+Ca(NO_2)_2.$$

Получается сухая смѣсь нитрата и нитрита, слѣдовательно дѣлается излишнимъ испареніе той воды, которая служитъ для поглощенія кислоты при мокромъ способѣ (способъ «кислаго» поглощенія). Но за

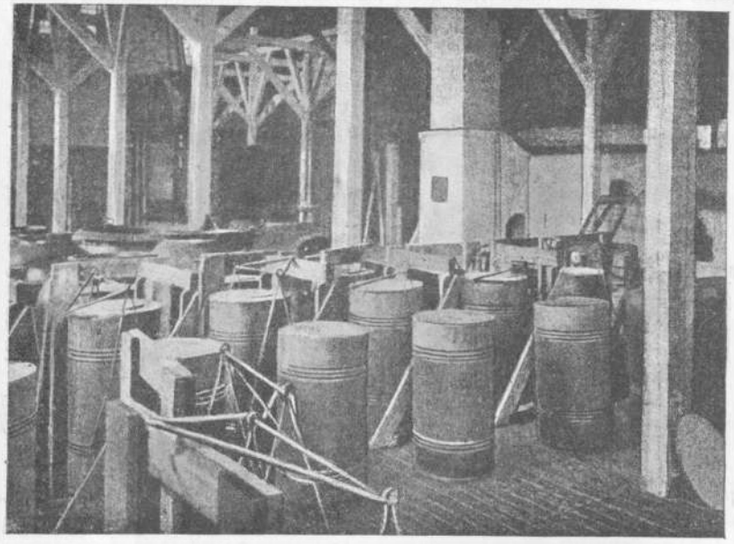


Рис. 19. Готовая селитра въ желѣзныхъ бочкахъ.

то здѣсь приходится считаться съ примѣсью нитрита, которую впрочемъ можно понижать, измѣняя условія реакціи. [1])

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 содержанію N въ 13,2% и оцѣнкѣ этого азота по цѣнѣ N чилійской селитры)

[1]) См. подробнѣе о вліяніи температуры и рода основанія на выходъ нитрата и нитрита въ книгѣ проф. *Сапожникова*, Азотная кислота и селитра изъ воздуха, СПБ., 1911.

по 144,2 кроны, а затѣмъ надѣялись еще удешевить производство; отсюда ясно, что норвежская селитра будетъ конкуррировать съ чилійской съ успѣхомъ, но отсюда еще далеко до пониженія цѣнъ на рынкѣ—нужно чтобы производство кальціевой селитры достигло большихъ размѣровъ и конкурренція заводовъ заставила бы ихъ устанавливать цѣны сообразныя со стоимостью производства, а не руководиться цѣной азота въ чилійской селитрѣ.

Дѣйствіе чистаго $Ca(NO_3)_2$ на растенія конечно не должно уступать дѣйствію чилійской селитры, даже можно предполагать, что на почвахъ съ малой поглотительной способностью оно можетъ быть выше, такъ какъ здѣсь нѣтъ той ясно выраженной физіологической щелочности (вмѣсто Na_2CO_3 въ почвѣ останется $CaCO_3$), да и наличность извести для почвъ бѣдныхъ цеолитной частью можетъ имѣть нѣкоторое положительное значеніе [1]). Нѣкоторое сомнѣніе было высказано лишь по поводу того, что норвежская селитра кромѣ нитрата $Ca(NO_3)_2$ можетъ содержать еще нитритъ $Ca(NO_2)_2$, а есть указанія, что азотистокислыя соли вредны для проростковъ. Однако, эти указанія сдѣланы на основаніи наблюденій въ водныхъ культурахъ, въ почвѣ же можно предполагать совсѣмъ иное, такъ какъ въ нормальной почвѣ изобилуютъ микроорганизмы, превращающіе нитриты въ нитраты

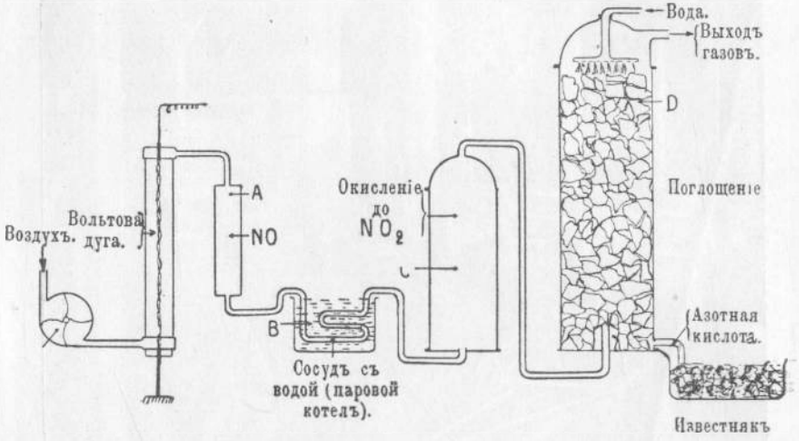


Рис. 20. Лабораторная модель завода норвежской селитры (схематическое изображеніе).

[1]) См. *Sebelien*, Düngunsversuche mit verschiedenen Salpetersorten (Landw. Versuchs. St. Bd. 55).

(Nitrobacter). Дѣйствительно, опыты произведенные Stutzer'омъ въ Германіи [1]) 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.

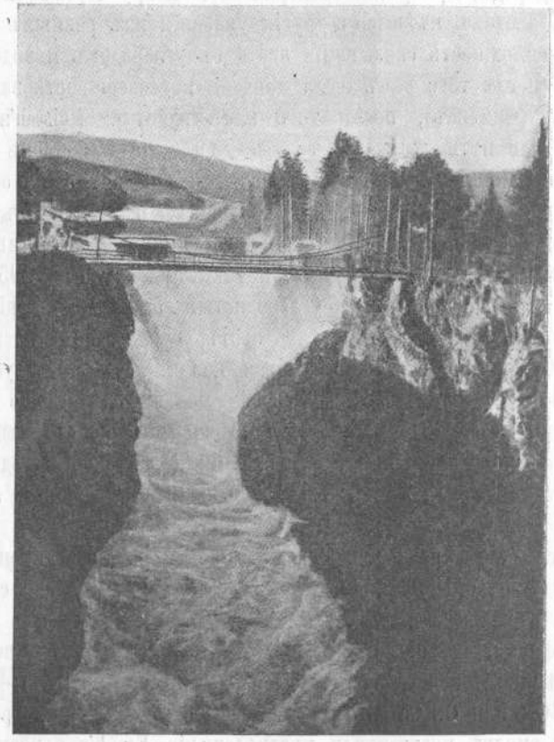


Рис. 21. Одинъ изъ водопадовъ, доставляющихъ энергію для полученія норвежской селитры. (Svangfos).

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

[1]) *Stutzer*, Die Wirkung von Nitrit auf Pflanzen (Journal für Landwirtschaft Bd. 54).

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

Еще въ 40 годахъ истекшаго столѣтія Бунзенъ показалъ, что если пропускать азотъ черезъ раскаленную смѣсь угля и щелочей, то образуются ціанистыя соединенія; въ 1869 г. Бертело получилъ ціанистый 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 динамо-машина (Сименсъ), послѣ того какъ работами Moissan'a (1894) указаны были пути для техническаго добыванія карбидовъ (съ помощью опять-таки электрической энергіи),—только тогда оказалось возможнымъ поставить опыты въ большихъ размѣрахъ съ использованіемъ азота атмосферы для полученія ціанистыхъ соединеній.

Frank и Caro въ Берлинѣ начали такія работы въ 1895 г.; они показали, что расплавленный углеродистый барій даетъ ціанистый барій, если черезъ него пропускать 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 Ca цо сравненію съ Ba) велъ себя не совсѣмъ согласно съ ожиданіями, именно, онъ давалъ не ціанистый кальцій, а соединеніе, содержащее однимъ атомомъ угля менѣе, такъ называемый *ціанамидъ кальція*: $CaC_2+N_2=CaCN_2+C$.

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

Въ техникѣ можно получить ціанъ-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. 22-й) и при пропусканіи азота получается сначала $CaC_2(CaO+3C=CaC_2+CO)$, а затѣмъ

присоединяется азотъ, давая съ выдѣленіемъ одного атома углерода $CaCN_2$; получается такимъ образомъ смѣсь ціанъ-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 $CaCN_2$. Болѣе удобнымъ оказался способъ, основанный на пропусканіи азота въ готовый кар-

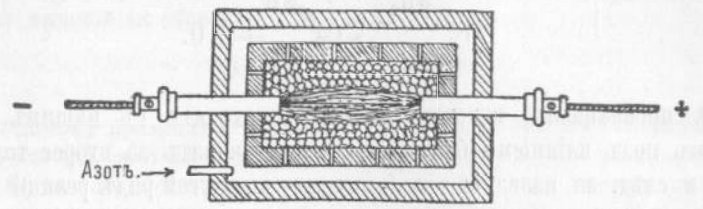


Рис. 22-й.

бидъ, предварительно расплавленный. Для выдѣленія азота воздухъ пропускается черезъ накаленныя мѣдныя стружки, поглощающія кислородъ (см. рис. 23-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.

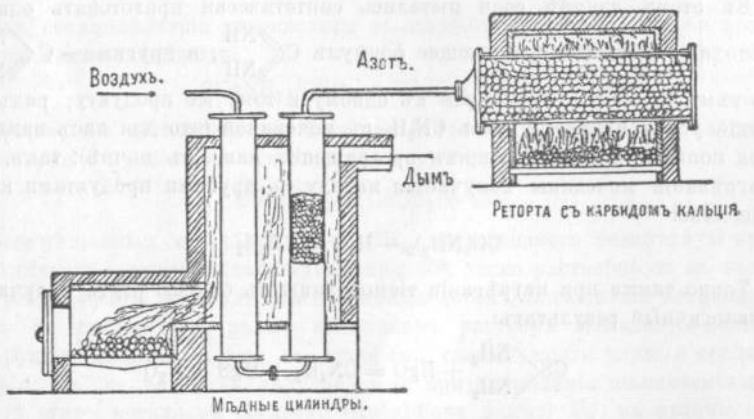


Рис. 23-й.

Замѣтимъ, что названіе *ціанъ-амидъ* дано интересующему насъ продукту въ предположеніи, что суммарная формула CN_2H_2 (или CN_2Ca) скрываетъ за собой группировку $N\equiv C—NH_2$ (или соотвѣтственно $N\equiv C—N=Ca$); но той же элементарной формулѣ отвѣчаетъ также симметричное расположеніе $NH=C=NH$, съ соотвѣтственнымъ про-

дуктомъ замѣщенія кальціемъ $C\begin{matrix}\diagup\!\!\!\!\diagup N \\ \diagdown\!\!\!\!\diagdown N\end{matrix}\!\!>Ca$; отвѣчающее этой формулѣ вещество должно бы получить названіе *карбимида* (точнѣе карбодиимида), при чемъ и названіе и формула указываютъ на ясное родство такого вещества съ карбамидомъ (мочевиной):

$$CO\begin{matrix}\diagup NH_2 \\ \diagdown NH_2\end{matrix} \rightleftarrows C\begin{matrix}\diagup\!\!\!\!\diagup NH \\ \diagdown\!\!\!\!\diagdown NH\end{matrix} + H_2O.$$

Тѣ превращенія, которыя легко происходятъ съ нашимъ веществомъ подъ вліяніемъ бактерій, скорѣе говорятъ за второе толкованіе, и слѣд. за названіе «карб-имидъ», но другой рядъ реакцій отвѣчаетъ названію «ціанъ-амидъ», и послѣднее является общепринятымъ [1]).

[1]) Такъ какъ на самомъ дѣлѣ извѣстно только одно вещество формулы CN_2H_2, а изомерія имѣетъ мѣсто лишь для его производныхъ, то приходится признать здѣсь случай такъ называемой *таутомеріи*, т. е. допустить (по крайней мѣрѣ согласно одной изъ предложенныхъ гипотезъ) подвижность атомовъ въ частицѣ, такъ что обѣ формулы съ одинаковой степенью приближенія отражаютъ въ себѣ дѣйствительныя свойства вещества (достаточно только поперемѣннаго перемѣщенія одного атома водорода для перехода отъ карбимида къ ціанъамиду и обратно).

Въ этомъ случаѣ, если пытались синтетически приготовить одними мотодами вещество отвѣчающее формулѣ $C\begin{matrix}\diagup\!\!\!\!\diagup NH \\ \diagdown\!\!\!\!\diagdown NH\end{matrix}$, а другими— $C\begin{matrix}\diagup NH_2 \\ \diagdown\!\!\!\!\diagdown N\end{matrix}$, то тѣмъ не менѣе приходили къ одному и тому же продукту; рядъ реакцій устанавливаетъ связь CN_2H_2 съ мочевиной (это для насъ важно и для пониманія послѣдующихъ превращеній, напр. въ почвѣ); такъ, при нагрѣваніи мочевины получается наряду съ другими продуктами и это вещество:

$$CO(NH_2)_2 - H_2O = CN_2H_2 .$$

Точно также при нагрѣваніи тіомочевины съ окисью ртути получаемъ аналогичный результатъ:

$$CS\begin{matrix}\diagup NH_2 \\ \diagdown NH_2\end{matrix} + HgO = CN_2H_2 + HgS + H_2O$$

Съ другой стороны хлористый и бромистый ціанъ даетъ подъ вліяніемъ амміака тотъ же самый продуктъ:

$$CNCl + 2NH_3 = C_2N_2H_2 + NH_4Cl$$

Этотъ путь является примѣромъ реакцій, говорящихъ за несимметричную формулу $CN.NH_2$ (ціанъамидъ въ собственномъ смыслѣ слова).

Нужно замѣтить, что происхожденіе изъ мочевины не является доводомъ за симметричное строеніе продукта отнятія воды, такъ какъ выдѣ-

Кромѣ CN_2Ca и непрореагировавшихъ исходныхъ веществъ, въ продажномъ продуктѣ содержатся другія вещества, частью внесенныя съ

леніе воды изъ мочевины можно представить происходящимъ двумя путями: по одному водороду изъ каждой группы NH_2 или оба водорода изъ одной группы; въ первомъ случаѣ получится карбо-ди-имидъ, во второмъ—ціанъ-амидъ. Кромѣ того, сама мочевина обнаруживаетъ наклонность къ переходу въ несимметричныя группировки, какъ напр. въ ціановокислый аммоній (и обратно):

$$CO\begin{matrix}\diagup NH_2 \longrightarrow \\ \diagdown NH_2 \longleftarrow\end{matrix} CO \cdot N.NH_4$$

Повидимому приходится признать, что въ то время какъ вышеупомянутый способъ синтеза съ хлористымъ ціаномъ даетъ опредѣленное указаніе на несимметричность ціанъ-амида, нельзя ему противопоставить столь-же опредѣленныхъ способовъ, говорящихъ за другую формулу; поэтому возможно, что симметричная форма неустойчива и переходитъ тотчасъ въ устойчивую несимметричную; при такомъ толкованіи названіе „ціанъ - амидъ" является единственнымъ правильнымъ, а „карбо - ди - амидъ" — относящимся къ несуществующему на дѣлѣ изомеру (по крайней мѣрѣ — въ незамѣщенномъ видѣ).

Кромѣ приведенныхъ случаевъ синтеза упомянемъ еще о слѣдующемъ: если дѣйствовать ціано-кислымъ натріемъ на амидъ натрія, то образуется натріево производное ціанъ-амида:

$$O{=}C = N - Na + NaH_2N = Na_2CN_2 + H_2O$$

При взаимодѣйствіи углекислоты съ нагрѣтымъ амидомъ натрія получается также ціанамидъ:

$$2NaNH_2 + CO_2 = CN_2N_2 + 2NaOH$$

Кромѣ того, ціановокислыя слои при нагрѣваніи распадаются на соотвѣтственное производное ціанъамида и углекислоту; напр.:

$$Ca(CNO)_2 = CaCN_2 + CO_2.$$

Незамѣщенный ціанъ-амидъ $CN.NH_2$ представляетъ безцвѣтную кристаллическую массу, плавящуюся при 40°, легко растворимую въ водѣ, спиртѣ и эфирѣ; водородъ ціанъ-амида способенъ замѣщаться металлами; такъ съ солями серебра въ амміачномъ растворѣ выпадаетъ желтый аморфный осадокъ CN_2Ag_2; съ мѣдными солями почти черный осадокъ CN_2Cu (тѣ же вещества получаются и при нагрѣваніи ціановокислыхъ солей этихъ металловъ согласно сказанному ранѣе). Но, въ отличіе отъ тяжелыхъ, щелочно-земельные металлы (напр. Ca) наклонны замѣщать въ водномъ растворѣ лишь половину водорода въ ціанъ-амидѣ (см. ниже объ отношеніи CN_2Ca къ водѣ).

При дѣйствіи разведенныхъ кислотъ ціанъ-амидъ легко воспринимаетъ воду и даетъ мочевину (соотвѣтственно съ сѣроводородомъ тіомочевину); при нагрѣваніи съ солями амміака даетъ гуанидинъ:

$$CN.NH_2 + NH.HCl_2. = C\begin{matrix}\diagup NH_2 \\ = NH.HCl \\ \diagdown NH_2\end{matrix}$$

сырыми матеріалами, частью (въ меньшей степени) полученныя вслѣдствіе побочныхъ реакцій [1]).

Такъ, можетъ находиться сѣра, происходящая отъ возстановленія сульфатовъ, содержащихся во всякой извести, или сѣрнистыя соединенія изъ нечистаго угля; тоже относится къ фосфору (а также желѣзу, глинозему, кремнію). Поэтому не трудно бываетъ показать выдѣленіе сѣроводорода, если подѣйствовать на продажный продуктъ соляной кислотой; точно также уже при простомъ смачиваньи выдѣляется ацетиленъ, какъ продуктъ разложенія непрореагировавшаго карбида кальція съ водой.

Хотя количества выдѣляемаго при этомъ ацетелена, сѣроводорода и фосфористаго водорода сами по себѣ не велики (гораздо ниже чѣмъ для амміака), но въ виду чувствительности растеній къ этимъ веществамъ приходится съ ними считаться, чтобы различать вліянія самого ціанъамида и продуктовъ его распада отъ вліяній сопутствующихъ примѣсей [2]).

Далѣе, въ то время какъ ціанъамидъ по первоначальнымъ указаніямъ Frank'a готовился безъ намѣреннаго введенія побочныхъ примѣсей, позднѣе въ видоизмѣненіи предложенномъ Polzenius'омъ стали вводить хлористый кальцій, для облегченія реакціи (нѣкотораго пониженія температуры) присоединенія азота; поэтому приходится различать по крайней мѣрѣ два типа продажнаго ціанъамида, безъ $CaCl_2$ и съ $CaCl_2$.

Вотъ примѣры анализовъ продуктовъ перваго рода (Piano d'Orta) и второго (Westeregeln):

Piano d'Orta.		Westeregeln.	
$CaCN_2$	57%	$CaCN_2$	55,1%
CaO	21 »	Извести и угля въ исходн. карбидѣ.	55,1 »
Угля	14 »	CaC_2	2,4 »
Кремнекислоты	2 »	Углерода (обр. при реакціи).	8,3 »
Желѣза	4 »	$CaCl_2$	18,7 »

[1]) См. объ этомъ статью Haselhof'a (Vers. Stat., Bd. LXVIII, стр. 189), а также Pozzoli (Atti de VI Congresso Int. di chimica applicata).

[2]) Сюда же относится возможность образованія *азотистаго кальція*, Ca_3N_2, который также получается изъ CaO путемъ возстановленія въ присутствіи угля и присоединенія N; наличностью небольшихъ количествъ этого вещества объясняютъ наблюдавшееся нѣкоторыми авторами появленіе амміачнаго запаха тотчасъ послѣ смѣшенія ціанъамида съ влажной почвой или водой: $Ca_3N_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2NH_3$.

При дѣйствіи воды на продуктъ замѣщенія водорода кальціемъ, содержащійся въ продажномъ «ціанъ-амидѣ» получаются сначала какъ промежуточные продукты $C\begin{matrix}N-Ca-OH\\N-Ca-OH\end{matrix}$ [1]) и $C\begin{matrix}NH\\NH\end{matrix}$; первое вещество даетъ красивые игольчатые кристаллы, второе остается въ растворѣ; оба продукта способны распадаться при дальнѣйшемъ воспринятіи H_2O, какъ и мочевина съ образованіемъ въ концѣ концовъ амміака и углекислоты (или NH_3 и $CaCO_3$), отчасти же изъ промежуточнаго продукта $NH{=}C{=}NH$ образуется его полимеръ, диціанъ-ди-амидъ $(CN_2H_2)_2$; послѣднее обстоятельство является весьма существеннымъ при разсмотрѣніи вопроса объ удобреніи ціанъ-амидомъ, такъ какъ диціанъ-ди-амидъ вреденъ для растеній.

Если выщелачиванье производить теплой водой, то диціанъ-ди-амида образуется больше; утверждаютъ, что присутствіе большихъ количествъ углекислоты, а особенно—свободныхъ гумусовыхъ кислотъ способствуетъ образованію этого нежелательнаго продукта (но есть наблюденіе противоположнаго характера; нѣкоторые относятся вообще скептически къ допущенію образованія диціанъ-ди-амида *въ почвѣ*) [2]).

[1]) Такой ходъ распаденія легче представить, если исходить не изъ 2 $C\begin{matrix}N\\N\end{matrix}Ca$, а изъ болѣе сложной частицы: $C\begin{matrix}N-Ca-N\\N-Ca-N\end{matrix}C + 2H_2O = C\begin{matrix}N-CaOH\\N-CaOH\end{matrix} + C\begin{matrix}NH\\NH\end{matrix}$

[2]) Остановимся нѣсколько ближе на тѣхъ промежуточныхъ продуктахъ которые получаются подъ вліяніемъ воды при обыкновенной температурѣ.

Въ водной вытяжкѣ изъ продажнаго ціанъамида отношеніе кальція къ азоту совершенно не отвѣчаетъ формулѣ $CaCN_2$, именно, кальція въ растворѣ гораздо меньше; повидимому, первымъ шагомъ распада является образованіе однозамѣщеннаго кальціеваго производнаго формулы $(CN.NH)_2Ca$ согласно схемѣ: $2CN_2Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + (CN.NH)_2Ca$. При этомъ большая часть $Ca(OH)_2$ остается въ нерастворенномъ остаткѣ.

Но соединеніе $(CN_2H)_2Ca$ не отличается стойкостью (его можно получить въ твердомъ видѣ лишь осторожной концентраціей раствора на холоду, напр. надъ сѣрной кислотой); въ водномъ растворѣ оно наклонно распадаться съ образованіемъ свободнаго ціанъ-амида съ одной стороны, и соединенія, болѣе богатаго известью съ другой стороны; послѣднее обладаетъ малой растворимостью и легко выпадаетъ въ видѣ длинныхъ (до сантиметра) призматическихъ прозрачныхъ кристалловъ. Схема образованія этого вещества изображается такимъ уравненіемъ:

$$2(CN.NH)_2Ca + 2H_2O = 3CN.NH_2 + CN.N(CaOH)_2.$$

На самомъ дѣлѣ кристаллы этого вещества содержатъ еще воду:

Въ нормальной почвѣ, при энергичной работѣ бактерій, преобла-

$CN.N(CaOH)_2.6H_2O$; при прокаливаньи они теряютъ прозрачность, но сохраняютъ форму.

За выдѣленіемъ этого вещества въ растворѣ остается ціанъамидъ, наклонный отчасти переходить въ диціанъ-ди-амидъ; этотъ переходъ становится правиломъ, если растворъ подвергается концентраціи нагрѣваніемъ.

Если до выдѣленія вышеописанныхъ игольчатыхъ кристалловъ названнаго богатаго кальціемъ производнаго ціанъ-амида приготовленную на холоду вытяжку изъ продажнаго продукта нагрѣть на водяной банѣ до 40—50° С, то наступаетъ помутнѣніе первоначально прозрачнаго раствора, затѣмъ выдѣляется хлопьевидный осадокъ, понемногу садящійся на дно въ видѣ тонкаго кристаллическаго порошка; осадокъ этотъ оказывается кристаллическимъ $Ca(OH)_2$. См. Kappen, Landw. Vers. Stat., Bd. LXVIII, 305. При продолженіи нагрѣванія изъ раствора удаляется большая часть извести, благодаря такому процессу:

$$(CN.NH)_2Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2CN_2H_2 \text{ (или } C_2N_4H_4).$$

Образуется ли при этомъ отщепленіи $Ca(OH)_2$ ціанъ-амидъ или происходитъ полимеризація и образуется диціанъ-ди-амидъ, зависитъ отъ условій среды.

Именно, если вытяжку изъ продажнаго ціанъ-амида кальція приготовить при нагрѣваніи не ниже 75° (Reis) и концентрировать послѣдующимъ выпариваньемъ, полимеризація идетъ быстро, получаются кристаллы, не содержащіе извести, поэтому не дающіе остатка послѣ прокаливанья; они плавятся при 205°, выше этого даютъ желтую аморфную массу. Послѣ второй кристаллизаціи изъ спирта вещество это содержитъ 66,3% азота, т.-е. близко къ теоретическому числу, требуемому формулой какъ ціанъ-амида, такъ и его полимеровъ (66,66%); но въ данномъ случаѣ мы имѣемъ дѣло съ *диціандиамидомъ* $(CN_2H_2)_2$, который отличается отъ ціанъамида (помимо внѣшняго вида и точки плавленія кристалловъ) еще и своими реакціями, напр. способностью давать бѣлый осадокъ съ $AgNO_3$ въ присутствіи азотной кислоты (и не давать желтаго осадка въ присутствіи амміака). Способность ціанъ-амида замѣщать свой водородъ металлами ослабѣваетъ при переходѣ въ диціанъ-ди-амидъ (подробнѣе о реакціяхъ и количественномъ опредѣленіи обоихъ изомеровъ см. у *Brioux*, Annales de la science agronomique, 1910, т. I).

При стояніи растворовъ ціанъ-амида на холоду полимеризація происходитъ медленно; тоже имѣетъ мѣсто при долгомъ храненіи ціанъамида въ сыромъ помѣщеніи. Черезъ 8 мѣсяцевъ можетъ перейти въ диціанъ-ди-амидъ отъ 10 до 80%, смотря по влажности воздуха (Brioux).

Наиболѣе вѣроятной формулой строенія для диціанъ-ди-амида считается слѣдующая (Bamberger).

$$HN = C\begin{cases} NH_2 \\ NH - CN \end{cases}$$

Согласно съ этимъ диціанъ-ди-амидъ носитъ еще названіе *ціангуанидина* [гуанидинъ $= HN : C(NH_2)_2$].

Это вещество по Pozzoli, не столь легко переходитъ въ мочевину и

даетъ распадъ до амміака и углекислоты; поэтому если вносить ціанъ-

далѣе въ амміакъ и углекислоту, какъ то способенъ дѣлать ціанъамидъ (въ этомъ повидимому и лежитъ причина большей ядовитости полимера). При кипяченіи съ разведенными кислотами (также и съ уксусной к.) происходитъ гидратація съ образованіемъ вещества основного характера (диціанъ-ди-амидинъ или guanyl-urea:)

$$HN = C\begin{cases} NH_2 \\ NH - CO - NH_2 \end{cases}$$

Это соединеніе при кипяченіи съ водой способно распадаться на гуанидинъ, амміакъ и углекислоту:

$$HN = C\begin{cases} NH_2 \\ NH - CO - NH_2 \end{cases} + H_2O = HN = C\begin{cases} NH_2 \\ NH_2 \end{cases} + CO_2 + NH_3$$

Гуанидинъ въ свою очередь при дѣйствіи кислотъ и щелочей въ водномъ растворѣ даетъ мочевину и амміакъ, такимъ образомъ, дополняя этотъ рядъ образованіемъ изъ мочевины углекислаго аммонія, мы получили бы рядъ переходовъ отъ диціанъ-ди-амида до амміака и углекислоты. Но насколько полно эти схемы, составленныя изъ отдѣльныхъ, наблюденныхъ въ лабораторіи реакцій, изображаютъ ходъ превращеній диціанъ-ди-амида въ почвѣ и какія стадіи распада являются болѣе существенными для опредѣленія значенія этого соединенія, какъ источника азота для растеній, является еще далеко не выясненнымъ.

Извѣстно, что продажный ціанъ-амидъ кальція при непосредственномъ внесеніи особенно на почвахъ съ малой поглотительной способностью и бѣдныхъ бактеріальнымъ населеніемъ можетъ вредить растеніямъ; но большей частью достаточно внести его за нѣсколько дней до посѣва, чтобы избѣжать вредныхъ вліяній какъ самаго ціанъ-амида, такъ и продуктовъ его превращенія.

Особенно вреднымъ считается (по крайней мѣрѣ Вагнеромъ и другими нѣмецкими авторами) какъ разъ диціанъ-ди-амидъ, но Perotti пришелъ къ другимъ выводамъ, онъ считаетъ, что полимеръ менѣе вреденъ, чѣмъ самый ціанъ-амидъ, что 2‰-ные растворы диамида вовсе не вредятъ (Centralblatt für Bacteriologie, XXI, 7, 8) высшимъ растеніямъ, а болѣе крѣпкіе—менѣе вредятъ, чѣмъ растворы ціанъ-амида; мало того, Perotti утверждаетъ, что въ слабыхъ растворахъ ди-амидъ является хорошимъ непосредственнымъ источникомъ азота для высшихъ растеній. Эти противорѣчія пытались объяснить тѣмъ, что итальянскіе авторы имѣли дѣло съ изомеромъ диціанъ-ди-амида, ди-карбимидомъ.

Выясненіе этихъ вопросовъ требуетъ конечно цѣлаго ряда дальнѣйшихъ изслѣдованій, но мы можемъ къ сказанному добавить, что нѣкоторыя данныя, полученныя въ нашей лабораторіи, показываютъ, диціанъди-амидъ, полученный при концентраціи выпариваньемъ водныхъ вытяжекъ изъ продажнаго ціанъ-амида кальція, не отвѣчаетъ дикарбимиду, но ведетъ себя какъ ціанъ-гуанидинъ Bamberger'a. Такъ по опредѣленіямъ И. В. Якушкина подъ вліяніемъ азотистой кислоты на холоду выдѣляется приблизительно лишь $^1/_4$ всего азота диціанъ-ди-амида (27,5%), а это указываетъ на наличность въ формулѣ группы NH_2; однако при нагрѣваніи (которое ведется въ кисломъ растворѣ) выдѣляется еще нѣко-

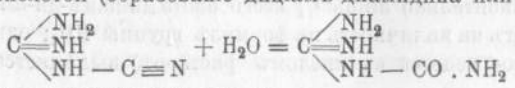
амидъ за 1—2 недѣли до посѣва, то онъ оказываетъ хорошее дѣйствіе на послѣдующій ростъ, не вредя всходамъ. Напротивъ, въ почвахъ торфяныхъ и песчаныхъ, бѣдныхъ бактеріями, больше шансовъ образованія вредныхъ продуктовъ, могущихъ отравлять всходы (или на этихъ почвахъ самый ціанъ-амидъ вредитъ растеніямъ, такъ какъ его распаденіе идетъ слишкомъ медленно); точно также при поверхностномъ удобреніи могутъ происходить нежелательныя явленія; поэтому, *ціанъ-амидъ не является удобреніемъ столь универсальнымъ какъ селитра*, онъ скорѣе приближается къ сѣрнокислому амміаку, который примѣнять рискованно также на торфяныхъ и песчаныхъ почвахъ, хотя и по другой причинѣ (физіологической кислотности).

Еще не вполнѣ установлено, какую долю участія въ распадѣ ціанъ-амида въ почвѣ принимаютъ микроорганизмы, и какую слѣдуетъ отнести на счетъ чисто химическихъ процессовъ. Повидимому нѣкоторыя составныя части почвы ускоряютъ распадъ ціанъ-амида; по крайней мѣрѣ Stutzer и Reis наблюдали, что гидратъ окиси желѣза и даже прокаленная окись желѣза ускоряли распадъ у ціанъ-амида въ водномъ растворѣ еще сильнѣе, чѣмъ почва; при этомъ не наблюдалось образованія ціанъ-амида, но была выдѣлена въ значительномъ количествѣ мочевина [1]), поэтому названные авторы приписываютъ въ данномъ случаѣ большее значеніе чисто химическимъ процессамъ, чѣмъ біологическимъ.

Насколько вліяетъ срокъ посѣва, родъ почвы (а частью и родъ растенія) на большую или меньшую вѣроятность поврежденія всхожести отъ ціанамида видно между прочимъ изъ слѣдующаго опыта (Haselhoff'a; Landw. Jahrb. т. 34):

Посѣвъ послѣ внесенія удобренія 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, но въ пескѣ . .	0	35	88	95	94,5

торое количество азота, въ суммѣ же это составляетъ половину всего азота взятой навѣски (49,5%); эти факты хорошо объясняются именно формулой Bamberger'a, такъ какъ въ ней есть одна готовая амидная группа, а другая образуется при омыленіи нитрила подъ вліяніемъ нагрѣванія съ кислотой (образованіе диціамъ-диамидина или guanilurea):



[1]) Journal fur Landwirthschaft, Bd. 58.

Эти данныя получены при внесеніи ціанамида въ количествѣ 0,025% отъ вѣса почвы, что представляетъ въ сущности большую дозу, около 40 п. на десятину при смѣшеніи съ 4-хъ вершковымъ слоемъ почвы (или 20 п., при смѣшеніи съ 2-хъ вершковымъ 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 съ нѣсколькими почвами не наблюдалось вреднаго вліянія ціанамида на всходы даже въ томъ случаѣ, если посѣвъ производится непосредственно послѣ внесенія удобренія; 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 [1])

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

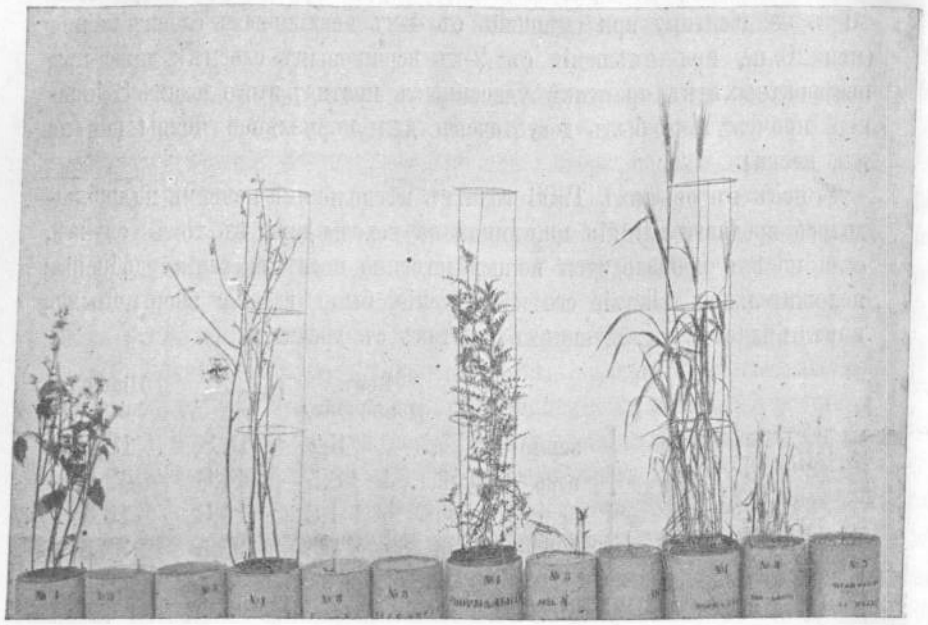
	Безъ азота.	Селитра.	Ціанъ-амидъ.
Урожай овса на суглинкѣ . .	15,7	32,1	31,1 гр.
» горчицы на песчаной почвѣ	3,6	6,5	0,05 »
» ячмень въ чистомъ пескѣ	1,0	1,60	0 »

Опыты послѣдняго рода (въ песчаныхъ культурахъ) произведены были намѣренно, чтобы наблюдать отравленіе ціанъ-амидомъ; оно оказалось гибельно не только при первомъ, но и при второмъ посѣвѣ въ тѣ же сосуды новыхъ растеній черезъ большій промежутокъ времени (см. рис. 24-й).

Повидимому, горчица обнаруживаетъ при этомъ большую чувствительность, чѣмъ злаковые и гречиха; на той же песчаной почвѣ, на

[1]) Къ этому опыту относится рисунокъ, помѣщенный на стр. 92-й, подробнѣе см. въ „Результатахъ вегетаціонныхъ опытовъ“ за 1906 г. и 1907 г.

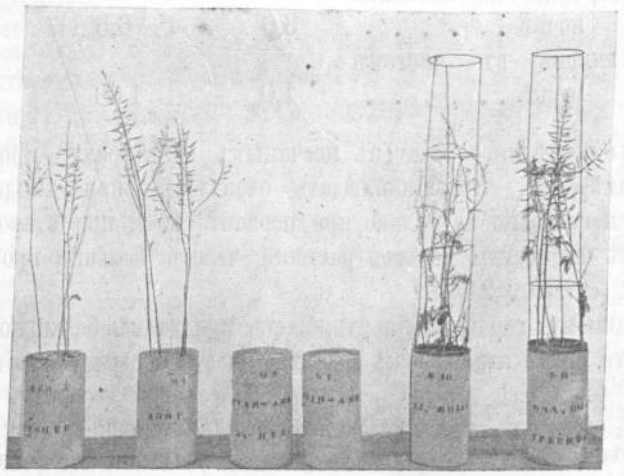
Рис. 24. Ціанъ-амидъ въ песчаныхъ культурахъ.



Гречиха. Горчица. Вика. Пшеница.

Норм. Безъ N Ціанъ-амидъ. Норм. Безъ N Ціанъ-амидъ. Норм. Безъ N Ціанъ-амидъ. Норм. Безъ N Ціанъ-амидъ.

Рис. 25. Ціанъ-амидъ на песчаной почвѣ подъ горчицу.



Безъ N. Селитра. Ціанъ-амидъ. За недѣлю. Передъ посѣвомъ. Клещев. жмыхъ. Махорочная пыль.

которой гречиха дала повышеніе урожая отъ ціанъ-амида, горчица погибла (см. рис. 25-й).

Весьма обширный рядъ опытовъ по сравненію ціанъ-амида съ другими источниками азота произвелъ Вагнеръ (Дармштадтъ); на основаніи всей совокупности опытовъ онъ приходитъ къ заключенію что *если приростъ урожая отъ селитры принять за 100, то приростъ отъ равнаго количества азота въ ціанъ-амидѣ будетъ въ среднемъ равенъ 90;* если же дѣйствіе азота въ $(NH_4)_2SO_4$ 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 примѣра:

Урожай зерна при	1,5 gr.	2,52 gr.	3,00 gr. N на сосудъ.
$(NH_4)_2SO_3$:	54,7 »	66,4 »	68,6 »
$NaNO_3$	54,7 »	66,0 »	72,0 »
CN_2Ca на суглинкѣ:	46,4 »	51,5 »	28,2 »
CN_2Ca на песчаной почвѣ:	32,8 »	0,9 »	0 [1]) »

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 мѣсяца достигающая 70% отъ первоначальнаго его количества; очевидно, влага воздуха даетъ возможность образованія амміака [2]), который и улетучивается (тѣмъ болѣе, что продажный амидъ имѣетъ щелочную реакцію отъ избытка извести); эта часть опытовъ Вагнера стоитъ какъ бы въ противорѣчіи съ наблюденіями Müntz'a, у котораго потери были незначительны (Annales de l'Institut agronomique, 1907).

При опытахъ произведенныхъ въ нашей лабораторіи И. В. Якушкинымъ обнаружилось, что размѣры потерь могутъ быть весьма различны въ зависимости какъ отъ влажности среды, такъ и отъ поверхности соприкосновенія; поэтому, напр. малыя навѣски, распредѣленныя тонкимъ слоемъ на часовомъ стеклѣ даютъ потери совершенно несрав-

[1]) Урожай зерна безъ N (но съ K и P) для этихъ почвъ колебался отъ 2 до 4 гр.

[2]) Однако при улавливаніи выдѣляемаго амміака сѣрной кислотой обнаруживается несоотвѣтствіе между его количествомъ и размѣрами общей потери азота (см. данныя въ работѣ И. В. Якушкина).

нимыя съ наблюдаемыми при обычномъ храненіи значительныхъ количествъ, хотя бы и недостаточно защищенныхъ отъ соприкосновенія съ влажной атмосферой (напр. въ мѣшкахъ въ подвальномъ помѣщеніи). Вотъ примѣръ взятый изъ названной работы:

Потери азота ціанъ-амидомъ во влажной атмосферѣ:

	14	28	45	75	100	200	245 дней.	
Навѣска въ 20 гр.	2%	7,1%	7,2%	7,2%	—	10%	22%	отъ всего азота[1])
» » 1 »	14,7%	20%	24,4%	52,4%	54,4%	61,2%	66%	

При этихъ опытахъ атмосфера поддерживалась насыщенной водяными парами. Въ сухомъ же помѣщеніи потери могутъ быть ничтожными. Такъ, въ опытахъ Brioux (l. c.) навѣска въ 100 гр. ціанъ-амида, помѣщенная въ сухомъ подвалѣ въ видѣ нетолстаго слоя, потеряла за 7 мѣсяцевъ храненія 0,27 гр. N или 1,58% отъ всего азота; при храненіи въ мѣшкѣ подъ навѣсомъ за 1½ года утратилось 13,5% отъ всего азота. Кромѣ потери азота во влажной атмосферѣ происходитъ еще переходъ ціанъ-амида въ диціанъ-ди-амидъ (Brioux, Kappen).

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 растенія, вредятъ и дѣятельности бактерій, если концентрація переходитъ за извѣстный предѣлъ.

Такъ какъ продажный ціанъ-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 [2]).

Изъ сказаннаго понятно, что при употребленіи ціанъ-амида требуется болѣе детальнаго знакомства со свойствами новаго удобрительнаго

[1]) Потери азота въ данномъ случаѣ удобно выражать именно въ % отъ всего азота, такъ пониженіе въ % отъ навѣски не является еще доказательнымъ: ціанъ-амидъ притягиваетъ влагу и углекислоту воздуха, поэтому возможно увеличеніе вѣса по 20% и болѣе (также увеличеніе объема, иногда разрывающее мѣшки), связанное съ пониженіемъ % N даже тогда, когда на самомъ дѣлѣ азотъ не терялся.

[2]) Впрочемъ и здѣсь имѣются наблюденія иного характера; какъ Fascetti не наблюдалъ при такомъ смѣшеніи потерь азота. и рекомендуетъ эту мѣру, какъ устраняющую щелочность ціанъ- амида (*Fascetti*, „Sull'azione di alcuni concimi sulla calciocianamide", Труды VI Конгресса по прикладной химіи). Но при этомъ происходитъ ретроградація фосфорной к-ты суперфосфата (Brioux).

вещества, большей осторожности, чѣмъ въ случаѣ «норвежской» селитры, къ которой почти цѣликомъ примѣнимъ весь многолѣтній прежній запасъ наблюденій, произведенныхъ надъ дѣйствіемъ чилійской селитры.

3. Сѣрнокислый амміакъ.

Хотя амміачныя соли встрѣчаются въ природѣ, но въ небольшихъ количествахъ; эти естественные источники амміачныхъ солей замѣтнаго практическаго значенія не имѣютъ; въ большихъ же количествахъ получается сѣрнокислый аммоній преимущественно какъ побочный продуктъ нѣкоторыхъ заводскихъ производствъ, или же добывается попутно изъ городскихъ нечистотъ при приготовленіи пудретовъ.

При прежнемъ способѣ приготовленія пудретовъ нечистоты отстаивались въ бассейнахъ; изъ осадка дѣлали пудретъ, 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 отстаиванію твердыхъ веществъ, связанному съ потерями амміака при разложеніи, а затѣмъ уже остатокъ отъ перегонки используютъ для приготовленія пудрета.

Другой и притомъ болѣе крупный источникъ сѣрноамміачной соли представляетъ газовое производство. Каменный уголь содержитъ отъ ½% до 1½% азота. При сухой перегонкѣ его (въ ретортахъ) часть азота [1]) получается въ отгонѣ въ видѣ воднаго раствора амміака, преимущественно углекислаго, часть же амміака уносится газообразными продуктами; при промывкѣ свѣтильнаго газа водой въ ней собираются значительныя количества 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
Сѣрнистаго	0,34	0,65	6,22	3,03
Роданистаго	—	—	—	1,80

[1]) Около 1/7; около ½ азота остается въ коксѣ, ⅓ въ видѣ свободнаго азота переходитъ въ свѣтильный газъ (на ціанистыя соединенія приходится лишь около 1/70 части).

Иногда прямо употребляютъ газовыя воды на удобреніе (близъ 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 растеній (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.

Помимо каменнаго угля есть еще матерьялъ способный при нагрѣваніи въ извѣстныхъ условіяхъ отщеплять большую часть своего азота въ видѣ амміака, именно торфъ, для использованія котораго въ послѣднее время разработаны новые методы, основанные въ отличіе отъ простого сжиганія торфа, на полученіи изъ торфа горячихъ газовъ и амміака.

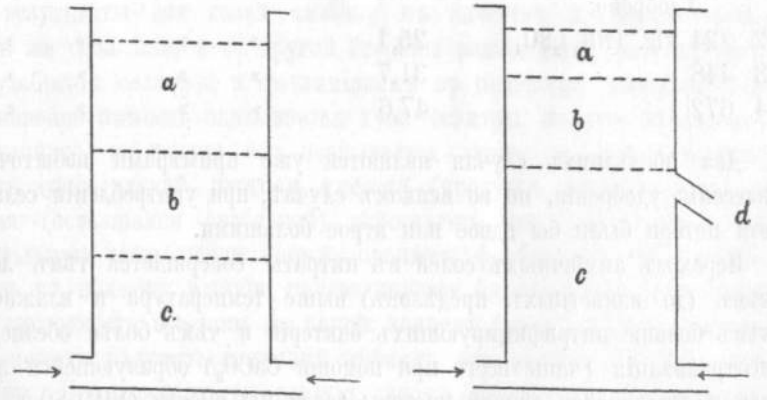
Наиболѣе разрабатывается и завоевываетъ себѣ мѣсто способъ Франка и Каро (которые въ сущности примѣнили къ торфу принципъ ранѣе извѣстной генераторной печи Монда, предназначенной для каменнаго угля). Сущность этого способа состоитъ въ томъ, что торфъ нагрѣваніемъ при недостаточномъ (для полнаго окисленія) доступѣ воздуха въ присутствіи водяного пара обращается въ горючіе газы, съ преобладаніемъ среди нихъ окиси углерода, водорода и углеводородовъ; *при этомъ значительная часть (70—75%) азота торфа переходитъ въ амміакъ, можетъ быть уловлена сѣрной кислотой* и по выпариваніи получена въ видѣ сѣрнокислаго аммонія. Этотъ способъ удобенъ тѣмъ, что при немъ не предъявляется высокихъ требованій къ качеству торфа: онъ можетъ содержать много золы, можетъ быть довольно сырымъ (40—50% воды); чѣмъ больше азота въ торфѣ, тѣмъ болѣе подходитъ онъ для переработки по этому способу, такъ какъ полученіе сѣрнокислаго аммонія является экономически-важной стороной въ немъ (другой стороной является использованіе генераторныхъ газовъ для нагрѣванія паровиковъ или чаще ими приводятся въ движеніе газовые двигатели, дающіе электрическую энергію).

По Франку 1000 kgr. торфа съ 1,05% N могутъ дать до 40 kgr. сѣрнокислаго амміака; 1000 kgr. съ 2,8% давали до 110 kgr.. что

отвѣчаетъ 83% всего азота торфа. Такимъ образомъ азотъ торфа здѣсь используется гораздо полнѣе, чѣмъ азотъ угля при газовомъ производствѣ [1]).

[1]) Ради экономіи тепла при перегонкѣ торфа избѣгаютъ ретортъ; здѣсь имѣетъ мѣсто прямое соприкосновеніе топлива съ подлежащимъ перегонкѣ матерьяломъ, что осуществляется въ печи, имѣющей форму вертикально расположеннаго цилиндра, которая и является генераторомъ. Въ такомъ генераторѣ различаютъ три зоны; (см. рис.) внизу, вблизи отъ отверстій, впускающихъ воздухъ, происходитъ горѣніе кокса, образовавшагося изъ торфа съ образованіемъ какъ углекислоты такъ и окиси углерода (*a*); горячіе газы проходятъ въ слѣдующую зону (*b*), гдѣ отдаютъ часть тепла и вызываютъ перегонку торфа (выдѣленіе газовъ и образованіе кокса). Газообразные продукты сухой перегонки прежде чѣмъ попасть въ отводящія ихъ трубы проходятъ черезъ верхнюю часть печи (*c*), куда поступаетъ свѣжій торфъ; отдавая ему свое тепло, газы подогрѣваютъ и отчасти просушиваютъ торфъ, подготовляя его къ стадіи перегонки. По мѣрѣ уменьшенія объема въ нижнихъ частяхъ торфъ опускается отъ *a* къ *b* и отъ *b* къ *c*, послѣдовательно проходя описанныя стадіи превращенія.

Рис. 26. Схема газогенераторной печи (по Jabs'y, Torfkoks und Kraftgas).



a—зона сушки и предвар. нагрѣванія торфа.
b—зона сухой перегонки.
c—зона горѣнія.

Видоизмѣненіе той же печи, позволяющее извлекать часть торфяного кокса черезъ отверстіе *d*.

Кромѣ воздуха черезъ отверстіе внизу вдувается еще водяной паръ, почему смѣсь газовъ содержитъ большее или меньшее количество водорода ($C+H_2O=CO+H_2$); вотъ одинъ изъ анализовъ генераторнаго газа: CH_4—20,6%, CO—11,9%, H_2—32,7%, CO_2—32,9% (второстепенныя составныя части не опредѣлены). На пути къ мѣсту сгоранія газы проходятъ черезъ колонну съ коксомъ, по которому течетъ разведенная сѣрная кислота, поглощающая амміакъ.

Чистая сѣрноаммiачная соль содержитъ 21.21% азота; продажная соль содержитъ обычно около 20% азота. Иногда процентъ азота значительно ниже приведеннаго, въ особенности, если при приготовленiи былъ взятъ избытокъ сѣрной кислоты, такъ что образуется кислая сѣрноаммiачная соль NH_4HSO_4. Примѣсь такой соли, помимо меньшаго содержанiя азота, нежелательна еще и потому, что благодаря кислой реакцiи она вредна сама по себѣ растенiямъ (также разъѣдаетъ мѣшки при храненiи).

При разсмотрѣнiи поглотительной способности почвъ было указано, что амміакъ хорошо поглощается, вытѣсняя взамѣнъ себя другiя основанiя, а потому нѣтъ поводовъ опасаться вносить его съ осени; въ этихъ случаяхъ амміакъ постепенно будетъ переходить въ азотную кислоту и постепенно усвояться растенiями. Однакоже и при внесенiи амміака по мѣрѣ нитрифицированiя азотъ отчасти всетаки переходитъ въ дренажныя воды, хотя конечно гораздо медленнѣе, чѣмъ въ случаѣ селитры.

Вотъ данныя одного анализа дренажныхъ водъ:

1. Безъ удобренiя 18,7 klg. N въ дренаж. водахъ за годъ

Удобрено:

2. 224 klg. $(NH_4)_2SO_4$ 25,1 » » » » »
3. 448 31,7 » » » » »
4. 672 47,6 » » » « »

Два послѣднихъ случая являются уже примѣрами избыточнаго внесенiя удобренiя, но во всякомъ случаѣ, при употребленiи 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 бактерiй и чѣмъ болѣе обезпечена нейтрализацiя (чаще всего при помощи $CaCO_3$) образующейся азотной и остающейся сѣрной кистоты (если мы внесли $(NH_4)_2SO_4$).

Такъ, въ одномъ опытѣ Вагнера съ огородной почвой нитрификацiя введеннаго амміака заканчивалась въ зависимости отъ условiй опыта въ такiе сроки:

	Съ прибавкой $CaCO_3$.	Безъ $CaCO_3$.
Въ холодномъ помѣщенiи	60 дней	72 дня.
Въ тепломъ »	12 »	24 »

Въ извѣстныхъ условiяхъ амміакъ можетъ быть непосредственно использованъ растенiями; такъ мы видимъ, что въ заболоченныхъ

почвахъ нѣтъ условiй, благопрiятствующихъ переходу амміака въ азотную кислоту, однако же растенiя растутъ на нихъ и питаются азотомъ, очевидно, амміачнымъ.

Въ опытахъ Müntz'a при искуственномъ устраненiи возможности перехода амміака въ азотную кислоту [1]) растенiя развивались хорошо въ почвѣ; въ песчаныхъ же культурахъ, въ присутствiи сѣрнокислаго амміака тоже самое болѣе рельефно наблюдалось въ опытахъ Коссовича [2]). Необходимымъ условiемъ успѣха такого опыта является наличность основанiя, которое связывало бы сѣрную кислоту, остающуюся въ избыткѣ послѣ использованья растенiемъ амміака: нужно имѣть въ виду, что растенiе требуетъ гораздо больше азота, чѣмъ сѣрной кислоты, поэтому сѣрнокислый аммоній есть соль *физiологически-кислая*. Въ опытахъ Mazé и Коссовича, при соблюденiи стерильности, амміакъ хорошо использовался (*не хуже селитры*) потому, что въ первомъ случаѣ вводился мѣлъ, а во второмъ—гидратъ окиси желѣза въ качествѣ нейтрализующаго вещества; при несоблюденiи этого условiя накопляющаяся сѣрная кислота губитъ растенiе; простой пробой на лакмусъ не трудно убѣдиться, что получается очень кислая реакцiя среды. Этимъ очевидно и объясняются раньше наблюдавшiеся неблагопрiятные результаты для солей аммонiя въ качествѣ источника азота. Этимъ же объясняется съ другой стороны разнообразiе результатовъ отъ удобренiя селитрой и съ амміакомъ въ полевыхъ опытахъ; что обыкновенно амміакъ оказывается хуже селитры, понятно изъ вышеизложеннаго, но иногда онъ оказывается лучше ея; можно думать, что въ этомъ случаѣ азотная кислота (продуктъ нитрификацiи) и сѣрная (оставшаяся свободной) дѣйствуютъ какъ растворители на минеральную часть почвы (между прочимъ фосфаты) и такимъ образомъ къ прямому вліянiю присоединяется благопрiятное косвенное; если кислотность все-таки въ концѣ концовъ будетъ нейтрализована, то и можетъ получиться лучшiй эффектъ отъ амміака, нежели отъ селитры. Неблагопрiятныя вліянiя, кромѣ избыточной кислотности, могутъ иногда зависѣть отъ обратной причины: если мы вносимъ сѣрнокислый аммоній въ почву состоящую главнымъ образомъ изъ

---

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

[2]) См. Журналъ Опытной Агрономiи, 1901, стр. 625; въ томъ же томѣ рефератѣ 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.

углекислой извести, то прежде чѣмъ наступитъ нитрификація возможно, при сухой погодѣ, образованіе углекислаго амміака, вызывающаго замѣтную щелочную реакцію, особенно при слабой поглотительной 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 общефизіологической, 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 растеній амміачнымъ азотомъ больше риска отъ неблагопріятныхъ побочныхъ вліяній, чѣмъ при питаніи Ca $(NO_3)_2$.

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[1]). Но данныя эти для разныхъ почвъ непостоянны; такъ тотъ же Вагнеръ при опытахъ болѣе позднихъ получилъ коэффиціенты колеблющіеся преимущественно около 75%, Clausen же получилъ около 100%.

Кромѣ причины ранѣе названной, вызывающей большей частью эти колебанія (физіологической кислотности сѣрно-кислаго 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 удобренія. Затѣмъ быть можетъ не лишено значенія, что амміакъ охотнѣе потребляется грибами и бактеріями почвы, нежели селитра, быть можетъ это иногда понижаетъ нѣсколько размѣръ дѣйствія амміачныхъ солей. Насколько относительное достоинство этого удобренія зависитъ отъ почвы, показываетъ слѣдующій примѣръ: на торфянистой почвѣ сѣрнокислый амміакъ далъ въ опытахъ Вагнера только 28% эффекта, сравни-

[1]) См. его книгу: „Искусственныя удобренія“ etc., Варшава 1888 г.

тельно съ азотомъ селитры; явленіе это видимо зависѣло отъ оттого, что сѣрнокислый амміакъ есть соль физіологически кислая и по мѣрѣ усвоенія NH_4 освобождающаяся кислота не связывается въ торфанистыхъ 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 извести амміакъ далъ до 90% отъ дѣйствія N селитры.

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

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

У насъ конечно представляли бы и извѣстный интересъ опыты рядового удобренія сѣрнокислымъ амміакомъ, въ меньшихъ дозахъ (быть можетъ въ комбинаціяхъ съ костью, фосфоритомъ), если бы благодаря существующей пошлинѣ (82 к. съ пуда) сѣрнокислый 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 удобреніе, содержащее вмѣстѣ съ азотомъ и фосфорную кислоту. Оно представляетъ скопленіе извержеій морскихъ птицъ, подобныя тѣмъ, какія образуются въ наше время, если изверженія птицъ защищены отъ дѣйствія дождя, напр., подъ крышами. Гуано образовалось въ южныхъ странахъ, на берегахъ и островахъ южной Америки, гдѣ дожди бываютъ очень рѣдки 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 населеніе въ 600.000 морскихъ птицъ могло за 5.000 лѣтъ отложить наблюдавшуюся въ Перу толщу 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 выдѣляются только CO_2 и H_2O (но не N и P, цѣликомъ переходящіе 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 столѣтіи, но на мѣстахъ нахожденія примѣнялось туземцами издавна. Первыя партіи его отличались большимъ содержаніемъ азота, чѣмъ послѣдующіе, такъ какъ эксплоатацію начали съ болѣе цѣнныхъ залежей (Перу), а по ихъ истощеніи перешли къ видамъ гуано менѣе богатымъ азотомъ. Перуанское гуано, очень рѣдко подвергалось дѣйствію дождей; другіе же виды, напр. Джервисъ, Бакеръ-гуано, подвергались значительному дѣйствію дождей, причемъ органическое вещество разлагалось, азотъ улетучивался въ видѣ NH_3 и вымывался, а фосфорная кислота, связанная съ Ca, 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 мочевой кислоты. Мочевая кислота въ гуано болѣе или менѣе разложилась съ образованіемъ амміака и щавелевой кислоты, поэтому содержаніе въ гуано мочевой кислоты и щавелевой кислоты съ амміакомъ находится въ обратной зависимости. Вообще, содержаніе азота въ различныхъ сортахъ гуано колеблется въ значительныхъ предѣлахъ—отъ 4 до 20%. Примѣрный составъ гуано, неподвергавшагося выщелачиванію дождями (стараго перуанскаго), таковъ:

Азота . . . . . 15.3%.
$Ca_3(PO_4)_2$ . . . . 25.0% (или около 12% P_2O_5).
Органическаго вещества 50—60%.

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

Азота . . . . . 7— 8% (или еще менѣе).
$Ca_3(PO_4)_2$ . . . 20—40% (или 10—20 P_2O_5) и болѣе.

Благодаря тому, что гуано содержитъ азотъ въ формѣ легко и постепенно переходящей въ амміакъ и азотнокислыя соли, это удобреніе не повышаетъ концентраціи раствора, и въ этомъ смыслѣ имѣетъ нѣкоторыя преимущества передъ селитрой (не говоря о содержаніи P_2O_5).

На рынкахъ З. Европы обращается еще такъ называемое *рыбное гуано*, которое представляетъ высушенные и измельченные остатки рыбъ. Иногда, какъ мѣстами въ Англіи (Суссексъ), спеціально для

этого ловятъ массами мелкую рыбу, сушатъ, толкутъ и употребляютъ для удобренія; тоже въ большихъ размѣрахъ издавна дѣлается въ Японіи. 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 полученныя 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 употребляются даже ракообразныя.

Перечисленные виды гуано содержатъ кромѣ азота и фосфорную кислоту; въ среднемъ азота содержится отъ 7 до 8%, а количество фосфорной кислоты тѣмъ болѣе, чѣмъ больше было костей въ гуано.

Близко къ описываемой группѣ удобреній стоитъ *пометъ домашнихъ птицъ*. Еще древніе придавали большое значеніе голубиному помету и употребляли его на удобреніе. Пометъ этотъ содержитъ въ сухомъ веществѣ 5—6% азота и до 7—14% фосфорнокислой извести. Экскременты разныхъ домашнихъ птицъ не одинаковы по составу: гуси и утки, напр., даютъ продукты наиболѣе водянистые, содержаніе до 75% воды и отъ $^1/_2$ до $^3/_4$% азота.

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

	Голуби.			Куры.		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^2O^5	1,8	1,1	1,2	2,0	2,0	1,5	0,4
Органич. вещ. .	49,0	20,1	26,0	29,3	29,8	40,5	16,5

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

Если эти матерьялы получаются въ небольшомъ количествѣ, то ихъ обыкновенно примѣшиваютъ къ компосту. При употребленіи въ отдѣльности, нужно заботиться о хорошемъ измельченіи матерьяла, для обезпеченія возможности равномѣрнаго 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_2O_5 въ этихъ удобреніяхъ.

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

Какъ азотистыя удобренія 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 цуд. 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 альбуминные 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 гніенія. 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 12% азота и около 0,5—1% фосфорной кислоты. Выходъ сухой крови обычно близокъ къ $^1/_4$ отъ вѣса сырой.

Иногда для цѣлей удобренія 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 сушится 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 удобренія (иногда смѣсь такихъ мясныхъ отбросовъ, костей, сухожилій обозначается именемъ гуано Fray-Bentos).

Вещества, образующія рога, копыта, также употребляются какъ азотистое удобреніе. Для этой цѣли служатъ обычно остатки отъ производства различныхъ издѣлій изъ рога (гребней, пуговицъ). Чистый рогъ богатъ азотомъ:—онъ содержитъ до 17—18% азота, но роговые отбросы сильно загрязняются землею, пылью, костями, вслѣдствіе чего содержаніе азота понижается до 12%. Рогъ трудно поддается измѣненію и разложенію, поэтому для цѣлей удобренія его иногда обрабатываютъ паромъ подъ давленіемъ, при чемъ получается стекловидная легко размалывающаяся масса съ значительной растворимостью; или же рогъ подогрѣваютъ (поджариваютъ), причемъ онъ вспучивается, рыхлится и въ такомъ состояніи легко размалывается. Если нагрѣвать рогъ не выше той температуры, при которой идутъ указанные процессы, но не наступаетъ еще обугливанья, то потеря азота бываетъ незначительна; даже бываетъ замѣтно нѣкоторое повышеніе % содержанія азота, вслѣдствіе разрушенія части органическаго вещества.

Обрѣзки кожи, будучи измельчены, подъ именемъ кожаной муки также поступаютъ въ продажу, какъ удобреніе; но эти матеріалы 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 $^3/_4$ своего вѣса; дальнѣйшее дѣйствіе ея будетъ не энергично, вслѣдствіе разжиженія;

послѣ обработки тушъ кислота содержитъ около $1^1/_2\%$ азота. Отработавшую кислоту предлагается употреблять для приготовленія суперфосфата.

Въ тѣхъ же цѣляхъ предлагается обработка тушъ щелочами, при чемъ дѣйствуютъ на нихъ на холоду известью, или подвергаютъ сухой перегонкѣ съ $Ca(HO)_2$ и небольшимъ количествомъ Na_2CO_3 для полученія 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. CaO и $1^1/_2$ п. поташу; смѣсь въ кадкѣ обливается достаточнымъ количествомъ воды и перемѣшивается; образующееся при этомъ KOH размягчаетъ и отчасти растворяетъ азотистыя вещества. Послѣ разложенія матеріаловъ полученная студенистая масса смѣшивается съ торфомъ или перегноемъ или ихъ оставляетъ для избѣжанія потерь амміака.

Роговые отбросы можно однако съ успѣхомъ употреблять непосредственно, если они получаются въ измельченномъ состояніи, напр. въ видѣ *роговой стружки,* остающейся при изготовленіи изъ рога гребней, пуговицъ и пр.

Во всѣхъ упомянутыхъ матеріалахъ органическаго происхожденія азотъ находится въ формѣ не непосредственно 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 соединеній въ усвояемую форму:

Количество HNO_3 въ	почвѣ до удобренія	5	mgr.
»	черезъ 4 мѣс. послѣ удобренія кожаной мукой.	5	»
»	» » сушоной кровью	75	»
»	» » пудретомъ . . .	19	»
»	» » поджар. рогомъ	84	»

Въ другой части почвы полу-стерилизованной при 90° (во избѣжаніе перехода NH_3 въ HNO_3) получились слѣдующія количества амміака:

Количество 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 NH_3 и 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 коэффиціенты использованія азота разныхъ азотистыхъ удобреній: если принять эффектъ отъ азота селитры за 100, то для азота кровяной муки коэффиціентъ приблизительно 60%; для жмыховъ $60—70\%$; костяная, рыбная мука 50—60 (по отношенію къ азоту); шерстяные отбросы 25%; навозъ 25%; кожаная мука—15%.

При повтореніи подобныхъ опытовъ Зигмондъ получилъ слѣдующія данныя:

	Изъ внесеннаго азота перешло въ растеніе:	Приростъ урожая по сравненію съ селитрой:	Тоже за 2 года [1]).
Селитра	65%	100	100
$(NH_4)_2SO_4$.	55 »	84	90
Роговая мука	58 »	89	90
Кровяная мука	47 »	72	67
Навозная жижа	44 »	67	62
Зеленое удобреніе: молодыя раст. .	38 »	58	69
Зеленое удобреніе: одеревенѣвш. .	28 »	43	—
Свѣжій навозъ: осенью. .	21 »	32	49
Свѣжій навозъ: весной. .	17 »	26	41
Перепрѣвшій навозъ: осенью . .	17 »	26	50
Перепрѣвшій навозъ: весной . .	6 »	9	42

Въ этомъ случаѣ положеніе роговой муки было нѣсколько выше обыкновеннаго вѣроятно вслѣдствіе какихъ либо особенностей подготовки; чаще она даетъ 50—60% отъ дѣйствія селитры, считая на равныя количества азота.

Но эти коэффиціенты не одинаковы при разныхъ условіяхъ и при разныхъ почвахъ. Напр., кровяная мука можетъ при нѣкоторыхъ

---

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

условіяхъ—при большомъ количествѣ осадковъ и рыхлой почвѣ—имѣть коэффиціентъ использованія даже больше 100 по сравненію съ селитрой. Такіе случаи дѣйствительно наблюдались въ Японіи (Kellner). Въ такихъ условіяхъ селитра быстро выщелачивается, кровяная же мука разлагается постепенно и постепенно освобождаетъ азотъ въ усвояемой формѣ, который поэтому не накопляется 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 (клещевина), то примѣняются какъ удобреніе. Въ частности клещевинный жмыхъ по своей болѣе дешевой цѣнѣ и способности легко разлагаться представляетъ больше интереса въ этомъ отношеніи; въ одномъ изъ опытовъ получены были такіе приросты отъ азота жмыховъ по сравненію съ другими матеріалами (приростъ отъ селитры=100):

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

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

	Безъ азота.	Селитра.	Клещевинный жмыхъ.	Махорочн. пыль [1].
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 »

[1]) Въ то время какъ заграницей тщательно собираютъ всѣ отбросы, могущіе служить азотистымъ удобреніемъ и цѣнятъ ихъ по содержанію 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 удобренія,

Пользуясь вышеприведенными коэффиціентами использованія азота различныхъ удобрительныхъ веществъ, для обычныхъ условій все-таки являющимися средними, можно количество ихъ для удобренія разсчитывать приблизительно, какъ, напр., въ слѣдующемъ случаѣ. Пусть требуется опредѣлить количество навоза для удобренія, принимая, что навозъ содержитъ ½% азота и что въ данномъ случаѣ навозъ разсматривается только какъ *азотистое* удобреніе. 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 коэффиціентъ использованія азота навоза въ первый годъ равняется только 25% [1]), (по отношенію къ азоту селитры), то для полученія такого же эффекта, какой даютъ 20 пуд. селитры, навоза надо внести въ четыре раза больше или 600×4; слѣдовательно, обычно вносимое количество навоза (2400 п.) является сильнымъ азотистымъ удобреніемъ для того года, въ которомъ оно вносится, да на слѣдующіе годы остается еще значительный запасъ азота (не говоримъ здѣсь о другитъ сторонахъ дѣйствія навоза).

4. Зеленое удобреніе; нитрагинъ.

Къ непосредственному внесенію въ почву азотистыхъ удобреній близко примыкаетъ еще одинъ культурный пріемъ, состоящій въ запахиваніи выращенной на мѣстѣ зеленой растительной массы; дѣйствіе этого пріема, конечно, сложное, 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 удобреніями вообще; посѣвъ бобо-

по своей избыточности вызвавшаго полеганіе. Этотъ нечаянный опытъ вызвалъ примѣненіе пыли какъ удобренія; опытомъ установили предѣлъ полезнаго дѣйствія (если положить въ 5 разъ меньше, чѣмъ навоза, то ростъ бываетъ пышнѣе, чѣмъ при обычномъ количествѣ навоза), создался спросъ на махорочную пыль, сначала ее продавали по 5 коп. за возъ, 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 коэффиціентъ, но отъ него возможны значительныя отклоненія, смотря по качеству навоза (см. ниже въ главѣ о навозѣ).

выхъ на зеленое удобреніе мы и будемъ имѣть главнымъ образомъ въ виду, попутно лишь касаясь растеній другихъ семействъ.

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

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

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

3) Для влажныхъ климатовъ можетъ быть не лишено значенія то обстоятельство, что занимающія паровое поле растенія, 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 300 и болѣе единицъ воды), что въ сухихъ климатахъ можетъ играть рѣшающую роль при оцѣнкѣ этого пріема (по крайней мѣрѣ при удобреніи озимыхъ).

При выборѣ растеній важно обратить сниманіе 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 вегетаціоннаго періода (чѣмъ короче, тѣмъ лучше), наконецъ, на стоимость обсѣмененія десятины [1]).

Интересно, что практика прежняго времени отмѣтила въ качествѣ растеній, подходящихъ для зеленаго удобренія какъ разъ такія, которыя по позднѣйшимъ опытамъ оказываются обладающими значительной растворяющей способностью корней, какъ люпинъ изъ бобовыхъ, гречиха, горчица, сурѣпка, шпергель изъ другихъ семействъ. Изъ бобовыхъ также часто прибѣгаютъ къ викѣ, какъ растенію скоро развивающемуся, инкарнатному клеверу, иногда даже красному кле-

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

веру (напр., второй укосъ, если онъ не можетъ быть использованъ на кормъ); но люпины являются растеніемъ, предназначаемымъ для данной цѣли по преимуществу, какъ по особенностямъ сильно развитой корневой системы, позволяющей имъ расти на малоплодородныхъ песчаныхъ почвахъ, по количеству богатой бѣлками зеленой массы, такъ и по неудобствамъ скармливанья.

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

Зеленое удобреніе изъ:		желтаго	бѣлаго	синяго люпина.
Время запашки	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 калійнаго и фосфорнокислаго удобренія на всѣхъ участкахъ, такъ что азотъ былъ поставленъ въ рѣзко выраженное положеніе минимальнаго фактора [1]).

Костычевъ высказалъ нѣкоторыя соображенія, почему важно растенія запахивать именно свѣжими, живыми. Живая растительная масса при запахиваніи разрушаетъ свои бѣлки, образуя амидосоединенія (какъ всегда растенія, лишенныя свѣта); это обстоятельство съ точки зрѣнія Костычева является важнымъ, какъ облегчающее переходъ азота въ форму усвояемую для растеній; при запахиваньи же мертвой растительной массы для полученія этихъ продуктовъ надо ждать еще дѣйствія микроорганизмовъ. Провѣрки этихъ предположе-

[1]) Biedermann's Centralblatt 1901, I.

ній 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 [1]). 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	11,5—24,9	10,0—10,9 »
» безъ азота	3,4 гр.	1,5 гр.

Эффектъ зеленаго 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 запашки растительной массы выпадаетъ хорошій дождь, то, конечно, и здѣсь могутъ быть хорошіе результаты, но приходится разсчитывать на среднія метеорологическія условія данной мѣстности.

Но и помимо этого изсушенія почвы, есть еще одно обстоятельство, дѣлающее зеленое удобреніе для черноземной 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 напр. въ опытахъ С. Л. Франкфурта [2]) 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 »

[1]) См. Извѣстія „Сельск.-Хоз. Инст." за 1901 годъ, „О зеленомъ удобреніи", работа А. Л. Яковлева.

[2]) „Сѣть опытныхъ полей", Краткіе результаты 1902—1905.

Близкіе результаты получены Б. Н. Рожественскимъ [1]):

	Безъ удобренія.	Зеленое удобреніе.			
		Бобы.	Горохъ.	Люпинъ.	Горчица.
Урожай свеклы (въ берковцахъ)	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 благопріятствуетъ полученію 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. Будрина въ Новой-Александріи [2]):

	Безъ удобренія.	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 тоже относится къ яровымъ, такъ какъ за зиму въ большинствѣ случаевъ почва успѣетъ запастись влагой. При удобреніи подъ яровыя возможно примѣненіе зеленаго удобренія и не въ паровомъ полѣ: такъ, возможно разводить растенія на зеленое удобреніе, *подсѣвая* ихъ подъ главное растеніе, тогда развитіе падаетъ главнымъ образомъ на время послѣ уборки хлѣбовъ и запашка—на осень; иногда возможна пожнивная культура растеній на зеленое удобреніе, т.-е. посѣвъ ихъ тотчасъ послѣ уборки хлѣбовъ и запашка опять осенью же, если конечно лѣто не слишкомъ сухо для посѣва и осень не коротка для развитія растенія. Если же условія не столь благопріятны, приходится зеленымъ удобреніемъ занимать поле, какъ главной культурой. Наиболѣе шансовъ на примѣненіе зеленаго удобренія въ климатѣ болѣе суровомъ имѣется повидимому тогда, тогда яровому предшествуетъ паръ (какъ это напр. имѣетъ мѣсто во многихъ районахъ Сибири). Наконецъ, возможенъ посѣвъ озимой вики и инкар-

[1]) Труды Ивановской оп. станціи (им. Харитоненко), вып. 2-й.

[2]) См. его книгу *Частное земледѣліе*, стр. 262.

натнаго 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 приблизительные разсчеты, такъ какъ бобовыя растенія, используя азотъ атмосферы, не отказываются пользоваться и азотомъ почвы. Въ опытахъ Вагнера люпины при удачной культурѣ давали въ надземныхъ органахъ 6—10 пуд. азота на десятина (при 2—3000 п. зеленой массы или 250—400 п. сухого вещ.). 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.) .	5,9 »		

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 разсчитывая, 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 посѣянъ 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 gr. 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 посѣянныя 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 потребность 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 зеленаго 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 мало-доступные источники минеральной пищи и накоплять значительныя количества азота органическаго вещества [1]). Во всякомъ случаѣ вопросъ о примѣненіи зеленаго удобренія рѣшается лишь въ тѣсной связи съ мѣстными условіями для каждаго отдѣльнаго случая.

Въ исторіи нѣкоторыхъ хозяйствъ зеленое удобреніе играло видную роль; напр. у Шульца въ Люпицѣ (Германія) на бѣдныхъ песчаныхъ почвахъ не удавалось вести хозяйства, пока не ввели зеленое удобреніе, въ качествѣ котораго употребляли люпины (внося лишь калійныя 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 коэффиціентъ использованія азота зеленаго удобренія, при прочихъ равныхъ условіяхъ, зависитъ еще и отъ рода

---

[1]) 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.

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

Эти коэффиціенты не являются постоянными и измѣняются отъ различныхъ факторовъ; у тѣхъ же авторовъ при повтореніи опыта на другой годъ растенія размѣстились уже въ иномъ порядкѣ. Во всякомъ случаѣ эти цифры показываютъ, какія колебанія возможны въ этомъ отношеніи. Вообще же говоря, азотъ зеленаго удобренія используется довольно хорошо: не разъ наблюдалось (въ нашихъ культурахъ), что при внесеніи двойного количества азота въ формѣ зеленаго удобренія по сравненію съ селитрянымъ эффектъ получался большій, чѣмъ при удобреніи селитрой, значитъ, коэффиціентъ использованья былъ выше 50%; можно принять его равнымъ 70% для очень многихъ случаевъ.

Совмѣстно съ ранѣе описанными спеціальными азотистыми удобреніями могутъ быть разсмотрѣны удобренія *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. Послѣ 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, завѣдомо 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

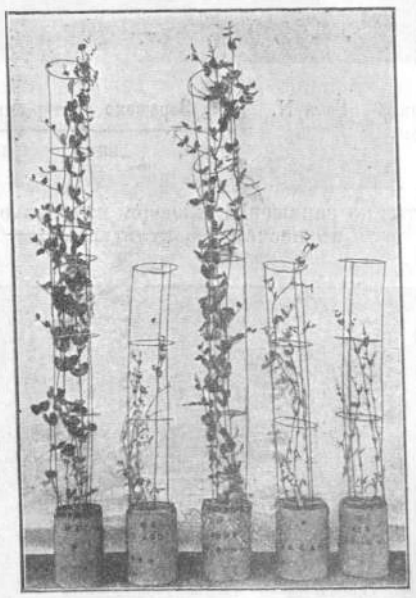
сходны по дѣйствію. Вотъ опытъ съ Robinia Pseudoacacia: при зараженіи подъ нее почвы бактеріями:

Гороха урожай былъ	1,56	gr.
Люпиновъ » »	1,63	»
Гледичіи » »	3,45	»
Robini'и » »	3,70	»
Cytisus'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 [1]).

[1]) 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

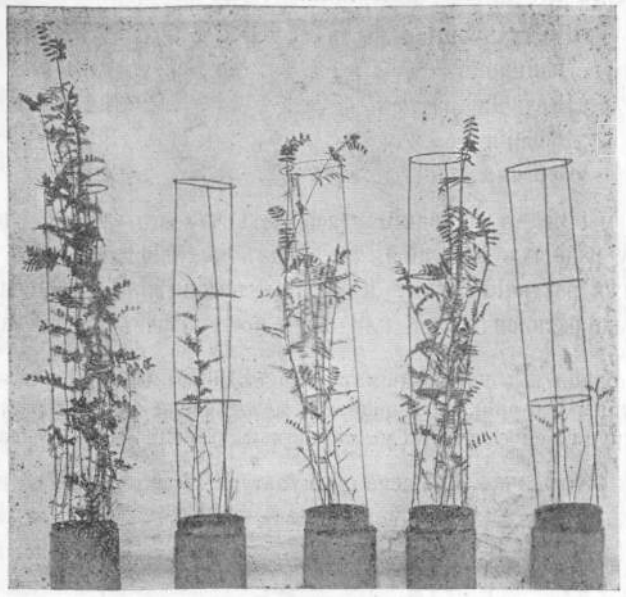
Рис. 26. Песчаная культура гороха 1907.



Селитра. Безъ N. Заражено бактеріями гороха. Заражено бактеріями люпина.

приспособленныя не только къ одному хозяину; къ одной группѣ относятся бактеріи: Pisum, Vicia, Lathyrus, Trifolium, Medicago, Anthyllis, Onobrychis, Robinia, къ другой же: Lupinus, Ornithopus, Soja (Genista, Sarothamnus?). Прилагаемые снимки (рис. 26, 27 и 28) относятся къ нашимъ культурамъ 1907 года, давшимъ туже картину, что и въ опытахъ Ноббе.

Рис. 27-й. Опыты съ зараженіемъ вики.



Нормальная. Безъ N. Заражено бактеріями: почвы, вики, люпина.

Рис. 28-й. Опыты по зараженію клевера клубеньковыми бактеріями въ песчаныхъ культурахъ.

Нормальная. Безъ N. Заражено бактеріями: почвы, клевера, вики.

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 — никакого эффекта отъ него не получалось. Явленіе это объясняется тѣмъ, что замѣтное дѣйствіе нитрагинъ можетъ обнаружить лишь тогда, когда въ заражаемой почвѣ нѣтъ 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 новаго бобоваго растенія, бактерія котораго въ данной почвѣ не содержится (напр. Soja, иногда люпины).

Полагали (Julius Kühn), что неудачи при употребленіи нитрагина часто зависили еще оттого, что бактеріи при культурѣ на желатинѣ теряли значительную долю своей жизненности, но лабораторные опыты этого не подтверждаютъ; перезимовавшія на желатинѣ бактеріи дѣйствуютъ хорошо, вызывая образованіе клубеньковъ. Скорѣе неудачи могли зависѣть оттого, что нитрагинъ сохранялся въ склянкахъ плохо; бактеріи, въ немъ заключающіяся, какъ аэробные организмы, долго безъ кислорода, 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 вліяніемъ 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 [1]) въ Лѣсномъ Институтѣ; результатъ оказался какъ и слѣдовало ожидать для разныхъ почвъ весьма различенъ, напр. для гороха:

		Безъ нитрагина.	съ нитрагиномъ.
Подзолъ Смоленск. г.	урожай	36,9	57,1 гр.
	количество клубеньковъ	нѣтъ	много
Черноземъ Саратовск. г.	урожай	81,8	80,1
	колич. клубеньковъ	много	много

Кромѣ подзола благопріятное вліяніе получилось на песчаной почвѣ при зараженіи люцерны, на одной изъ торфяныхъ почвъ при зараженіи вики.

Позднѣе Hiltner [2]) нашелъ, что зараженіе *сѣмянъ* не всегда бываетъ успѣшно; по его мнѣнію, вещества, извлекаемыя водой изъ сѣмянъ при ихъ набуханіи, вредятъ успѣху зараженія; если же заранѣе намоченныя 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 *большей 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 [3]) 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 $+ KH_2PO_4 + Mg\ SO_4$), затѣмъ смачиваетъ этой жидкостью стерильную вату, высушиваетъ и въ такомъ видѣ разсылаетъ свои культуры [4]).

[1]) Отчетъ с. х. химич. лабораторіи М. З. за 1898 г. (годъ II-й).

[2]) Arbeiten der Biologischen Abtheilung etc., III, 150 (1903). См. также статью Будинова въ Вѣстникѣ Бактеріолого-агроном. Станціи имени Феррейна, № 13-й.

[3]) Soil inoculation for legumes, by George Moor (U. S. Departement of Agriculture, Bureau of Plant Iudustry, Bulletin. № 71).

[4]) Подобно „нитрокультурамъ“ Мура также и „нитробактеринъ“ Боттомлея разсылается въ сухомъ видѣ (на твердомъ субстратѣ), но питательная смѣсь въ этомъ случаѣ прилагается въ отдѣльныхъ пакетахъ. (Нельзя не признать чрезвычайно неудачнымъ примѣненіе такихъ терминовъ, какъ нитробактеринъ, къ культурамъ клубеньковыхъ бактерій, ибо это вызываетъ у начинающихъ представленіе о какой-то связи съ нитрификаціей (Nitrobacter!), между тѣмъ какъ на самомъ здѣсь нѣтъ ничего общаго.

Во всякомъ случаѣ, нитрагинъ въ основѣ имѣетъ за собой нѣчто положительное, чего нельзя сказать о другихъ бактеріальныхъ удобреніяхъ, имѣвшихъ задачей снабдить почву бактеріями, способными обогащать ее азотомъ независимо отъ бобовыхъ; одни изъ предлагавшихся для этого культуръ были пущены въ ходъ по совершенному недоразумѣнію, какъ *алинитъ* [1]), другія же несомнѣнно обладаютъ

[1]) Исторія алинита вкратцѣ такова. Нѣкто Каронъ (владѣлецъ имѣнья Эллербахъ близъ Касселя) зная, что въ почвахъ встрѣчаются бактеріи, усвоющія азотъ воздуха помимо бактерій клубеньковыхъ, сталъ изучать бактеріальное населеніе своей почвы и обратилъ вниманіе на обильное размноженіе 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, благопріятные результаты; повторяя опытъ въ поляхъ, онъ пришелъ къ тому же выводу относительно благопріятнаго вліянія этой бактеріи на урожай хлѣбовъ. Тогда Каронъ рѣшилъ, что благопріятное 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 открытіемъ 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 связыванья азота (кромѣ сомнительныхъ опытовъ Карона) не было приведено.

При изученіи алинита другими изслѣдователями результаты были довольно разнорѣчивы. Такъ Stoclasa пришелъ къ выводу, что бациллъ Карона есть ничто 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. Штуцеръ и Гартлебъ также отмѣчаютъ, что этотъ бациллъ энергично образуетъ амміакъ насчетъ бѣлковъ; усвоенія азота атмосферы они констатировать не могли. Лаухъ утверждаетъ что B. ellenbachensis ничто иное какъ обыкновеннѣйшій Bac. subtilis (сѣнной бациллъ) и 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

этой осебенностью, но условія ихъ размноженія не всегда осуществляются въ нормальной почвѣ и иногда не легко согласуемы съ другими требованіями, предъявляемыми къ такой почвѣ [1]).

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. П.) произведенныхъ въ лабораторіи министерства земледѣлія на разныхъ почвахъ.

	Урожай.		
	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 $CaCO_3$) . . .	31,5	25,6	(овесъ).

На большинствѣ почвъ алинитъ не дѣйствовалъ, 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 большему разложенію органическаго вещества и полученію удобоусвоямаго 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 накопляемаго азота и пр., не говоря уже объ экономической сторонѣ подобныхъ пріемовъ (см. *Koch* u. a,, Die Stickstoffanreicherung des Bodens durch freilebende Bacterien, Journal für Landwirthschaft Bd. 55 и 57).

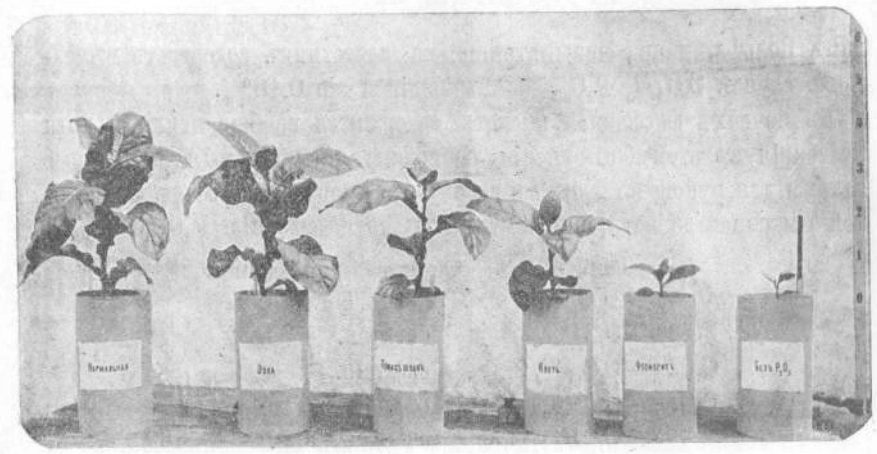


Рис. 29. KH_2PO_4. Фосфатъ золы. Томасовъ шл. Кость. Фосфоритъ. Безъ фосфорн. к.

B. Удобренія 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 озоленіи, 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 физіологіи растеній; въ песчаныхъ или водныхъ культурахъ легко обнаружить пропорціональность урожаевъ количеству внесенной P_2O_5 (или ея усвояемости, см. рис. 29-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 вывѣтриваніи горной породы фосфорная кислота въ значительной степени предохраняется отъ вымыванія благодаря образованію мало растворимыхъ соединеній съ Ca, Fe; бываютъ случаи, что содержаніе P_2O_5 при вывѣтриваніи относительно увеличивается; по анали-

замъ Вольфа, напр., невывѣтрившійся известнякъ содержалъ въ одномъ случаѣ 0,07% P_2O_5, вывѣтрившійся 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 Мюнцъ справедливо отмѣчаетъ, что приведенная таблица можетъ служить показателемъ лишь при крайнихъ случаяхъ, что же касается среднихъ цифръ, то онѣ не могутъ указать на потребность растеній въ P_2O_5, такъ какъ трудно указать, въ какой формѣ находится P въ почвѣ. Такъ, напр., въ горныхъ породахъ нерѣдко встрѣчается апатитъ; очень вѣроятно присутствіе небольшихъ количествъ его и въ почвѣ, почему было бы небезъинтересно опредѣлить принадлежащую ему P_2O_5 (косвеннымъ указаніемъ 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 (Ca, 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 Ca растворяется, соль Fe почти не растворяется, соль Al растворяется съ трудомъ [1]) (наблюденія эти произведены надъ химическими чистыми солями). Но выяснить 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 (если почва богата таковыми), причемъ, по вышесказанному,

[1]) См. ст. Emmerling'a Landw. Versuchsstationen, LII, стр. 60.

фосфорная кислота вновь осаждается [1]); чѣмъ дальше оставляетъ растворъ нефильтрованнымъ, 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 » »
» 4 дня — 0,361 » »
» 21 день — 0,340 » »

Въ этомъ явленіи «ретроградаціи», т.-е. обратнаго перехода растворенной фосфорной кислоты въ осадокъ лежитъ крупное препятствіе къ употребленію очень слабыхъ растворителей, не разлагающихъ фосфатовъ 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.

Какъ растворитель, извлекающій всю *поглощенную* фосфорную кислоту почвы, предлагаютъ обыкновенно 1—2% лимонную кислоту; хотя 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

[1]) Landw. Versuchsstationen Bd. 46, 217 Gerlach *Костычевъ*, „Нерастворимыя фосфорнокислыя соединенія почвъ“, 1881. Изъ послѣдующихъ работъ о фосфоритахъ желѣза и глинозема назовемъ: *Cameron and Bell* реф. въ журналѣ Оп. Агрономіи, 1909, стр. 368, далѣе статьи *Гедройца* въ „Трудахъ Спб. с.-х. Лабораторіи“ и нѣкоторыя статьи въ нашихъ отчетахъ о вегетац. опытахъ. Упомянемъ также о предложеніи Whitson и Stoddart отдѣлять фосфорную кислоту фосфоритовъ желѣза и глинозема отъ фосф. к-ты связанной дѣйствіемъ % раствора NaOH (Bied. Centr. 1910, 288).

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 *усвоемой* фосфорной кислоты въ почвѣ; но если сравнивать съ усвояющей способностью злаковъ, то лимонная кислота извлекаетъ изъ почвы значительно больше, чѣмъ берутъ растенія, тогда какъ для уксусной кислоты показанія получаются нѣсколько ниже, чѣмъ показанія растеній; нужно замѣтить притомъ, что разницы во 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. Агр. 1903).

Органическій фосфоръ, какъ мы видѣли выше, также содержится въ почвѣ и освобождается въ видѣ фосфорной кислоты при распаденіи 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 $\frac{a}{c}$десятины около 1 килограмма — количество ничтожное справнительно съ содержаніемъ 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	» »	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 килогр. (1—1¼ п.), P_2O_5 бобовыхъ 20—30 к.; масличныя 20—40 к., корнеплоды 40—50 к., травы 20—40 р. (по Muntz'y).

Если считать въ почвѣ 0,1% P_2O_5, то десятина ея въ 8 вершковомъ слоѣ (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 урожаи 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, урожаи начинаютъ падать (а значитъ и истощеніе замедляется); является необходимость чередованія культуры съ годами залежи и пара, а позднѣе—возвращенія части взятаго съ навозомъ; на дѣлѣ 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 расходованіе этой части не пополняется въ достаточной мѣрѣ процессами вывѣтриванья (въ широкомъ смыслѣ) съ одной стороны, внесеніемъ должнаго количества удобренія—съ другой, то урожаи будутъ падать.

Сказанное хорошо иллюстрируется слѣдующимъ примѣромъ, относящимся къ западно-европейской практикѣ. Хозяйство Крузіуса (въ Германіи) не покупало фосфорно-кислыхъ удобреній съ стороны, примѣняя исключительно навозное удобреніе (P_2O_5 отчуждалась лишь въ молокѣ, мясѣ, зернѣ и другихъ продажныхъ продуктахъ). Разсчетъ сдѣланъ былъ съ 20 по 60 годъ истекшаго столѣтія, причемъ въ хозяйствѣ велись точныя записи урожая зерна и соломы, вносимаго навоза и отчуждаемыхъ продуктовъ.

	Урожай.	Умолотъ зерна.
Съ 1825—1830 годъ	4250 копенъ	166 шеффелей.
» 1830—1835 »	5379 »	170 »
» 1835—1840 »	5363 »	154 »
» 1840—1845 »	6857 »	140 »
» 1845—1850 »	8417 »	157 »
» 1850—1855 »	7082 »	121 »
» 1855—1860 »	7881 »	125 »

По среднему составу продуктовъ было учтено количество отчуждаемой и вносимой P_2O_5; оказась, что за послѣднія 15 лѣтъ взято съ полей 985 цент. P_2O_5, внесено 408 сент., 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 minim'альнаго 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 возстановленія нарушеннаго равновѣсія между питательнымъ 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, 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 минеральнаго происхожденія; они представляютъ въ такихъ случаяхъ или отложенія изъ воды горячихъ источниковъ, выдѣляющихъ фосфатъ извести изъ раствора вслѣдствіе потери углекислоты, или же мы имѣемъ случаи, когда растворъ, содержащій фосфорную кислоту, опускаясь встрѣчаетъ на извѣстной глубинѣ известковую породу и на мѣстѣ соприкосновенія постепенно даетъ начало образованію фосфоритной «жилы»; или наоборотъ, при иныхъ условіяхъ благодаря относительному обогащенію фосфорной кислотой при вывѣтриваньи (выщелачиваніе $CaCO_3$, $MgCO_3$ и пр.) остатокъ отъ разрушенія горной породы постепенно приближается по составу къ фосфориту [1]).

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. [1]). Существуютъ по-

[1]) См. *Вернадскій*, Труды Вольно-Эк. О-ва 1888, III, стр. 271.

[1]) Для выясненія происхожденія фосфоритовъ весьма важны случаи, въ которыхъ констатированъ ростъ такихъ образованій въ настоящее время; такъ при изслѣдованіи жизни морскихъ глубинъ экспедиція „Challenger“, къ югу отъ мыса Доброй Надежды обнаружила нахожденіе на поверхности (или въ среднемъ слоѣ) 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 образованій, образуетъ псевдоморфозы по $CaCO_3$. Очевидно эти конкреціи захвачены въ періодъ ихъ

пытки 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 (апатиту) и наоборотъ.

Такъ, Густавсонъ дѣлилъ фосфориты на три группы, предлагая относить къ 1-й группѣ кристаллическую фосфорнокислую известь — апатитъ, состоящій изъ 92—95% фосфорнокислой извести, остальное — фтористый или хлористый кальцій. Эта группа [2]). 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%—80% фосфорнокислой извести, и остальное — главнымъ образомъ углекислая известь (но $CaFl_2$ также вктрѣчается, въ количествѣ иногда доходящемъ до 6%).

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% фосфорнокислой извести, остальное кварцъ, углекислая известь, глина и пр. Они всегда сравнительно бѣднѣе фосфорной кислотой. чѣмъ фосфориты двухъ предыдущихъ группъ, но она легче (хотя все же очень слабо) поддается дѣйствію 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 песку, глины и пр. въ одно цѣлое, называемое фосфоритомъ; также и содержаніе фтора имъ нечуждо.

незаконченнаго еще роста, при чемъ нужно предположить окружающій растворъ обогащеннымъ фосфорной кислотой и известью; въ данномъ случаѣ это осуществлено благодаря встрѣчѣ теплаго морскаго теченія съ холоднымъ, вызывающей отмираніе многихъ формъ; опускаясь на дно они образуютъ тамъ скопленіе разлагающагося органическаго вещества—отсюда 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).

[2]) Апатитъ имѣетъ формулу $Ca\ X_2.\ 3\ Ca_3\ (PO_4)_2$, гдѣ X можетъ быть представленъ Cl или F или въ извѣстной степени тѣмъ и другимъ (изоморфная смѣсь).

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 P_2O_5, встрѣчаются въ Юрскихъ слояхъ (Костромской губ.) и, наконецъ, глауконитовые фосфориты. содержашіе кромѣ фосфорной кислоты еще и кали; они встрѣчаются въ Рязанской, Московской, Нижегородской губ., отличаются рыхлостью; залегаютъ на границѣ юрской и мѣловой системы [1]).

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 спеціалисты 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 продолжалось 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 сравнительно недавно стали готовить изъ подольскаго фосфорита суперфосфатъ въ Россіи въ болѣе значительныхъ размѣрахъ.

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 бугриста; во вторичныхъ же отложеніяхъ окатанные шары встрѣчаются сложными скопленіями въ пластахъ мѣловой системы. Происхожденіе послѣднихъ легко объяснить, если допустить, что первичныя залежи фосфоритовъ были размыты и воды рѣкъ мѣловой эпохи, перенося съ мѣста на мѣсто

[1]) Существуютъ фосфаты и не известковые, а состоящія изъ фосфорнок. глинозема, таковы Redondaphosphat (Вестъ-Индія) и фосфатъ изъ Хладно (Чехія); послѣдній продуктъ, впрочемъ, является уже отбросомъ при переработкѣ рудъ; для насъ они оба значенія не имѣютъ.

эти камни, окатали ихъ, благодаря тренію о дно и отложили группами на новыхъ мѣстахъ.

Способъ образованія этихъ фосфоритовъ недостаточно выясненъ. Предполагаютъ только что фосфорная кислота просачивалась въ растворѣ изъ болѣе высокихъ слоевъ и отлагалась въ мѣстахъ нахожденія 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 міръ былъ слабо развитъ, нѣкоторые авторы допускаютъ, что фосфорная кислота подольскихъ фосфоритовъ произошла отъ разрушенія микроскопическихъ кристалловъ апатита, встрѣчающагося въ значительномъ количествѣ въ гранитахъ Подоліи [1]).

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% трехосновной фосфорнокислой извести; кромѣ главной составной части встрѣчаются еще углекислая известь, окислы желѣза и глинозема, количество которыхъ доходитъ до 9,23%, фтористый кальцій и др. Вотъ данныя анализа одного образца фосфорита произведеннаго Рижской сельскохозяйственной станціей.

Окиси желѣза. . . .	1.90	Сѣрной кислоты SO_3. . . .	0.42
Окиси аллюминія . .	1.12	Угольной кислоты	1.31
Окиси магнія. . . .	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 вслѣдствіе присутствія фтора			—0.6
			100.55[2])

Благодаря высокому содержанію фосфорной кислоты и отсутствію большого количества нежелательныхъ примѣсей (углекислаго кальція,

[1]) Мельниковъ, Фосфориты Подоліи и Бессарабіи, стр. 23. *Червинскій.* Изслѣдованіе подольскихъ ф-товъ (Записки Кіев. О-ва Естествоиспыт., XX).

[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 распространеніе и свойства фосфоритовъ описаны В. И. Виноградовымъ въ книгѣ: *Сельскохозяйственный анализъ*, сост. Демьяновымъ, Виноградовымъ и Егоровымъ, ч. 2-я.

соединеній желѣза и глинозема) подольскій фосфоритъ является цѣннымъ матерьяломъ для приготовленія простого суперфосфата (см. ниже).

Позднѣе подольскихъ залежей фосфоритовъ начали эксплуатировать другіе залежи, хотя изучены онѣ были одновременно, а частью и ранѣе подольскихъ.

Въ 1866 году проф. с.-петербургскаго земледѣльческаго института А. Н. Энгельгардтъ командированъ былъ министерствомъ государственныхъ имуществъ для изслѣдованія залежей фосфоритовъ въ Россіи (губ. Орловская, Курская, Воронежская). Статьи А. Н. Энгельгардта и сопутствовавшаго ему студента А. С. 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 Шмидта, и др.

Но практическихъ послѣдствій ни опыты примѣненія фосфоритовъ, ни статьи Энгельгардта и Ермолова тогда не принесли и почти всѣ заводы должны были прекратить свою дѣятельность за недостаткомъ покупателей. (Рижскій заводъ перешелъ на приготовленіе суперфосфата изъ другихъ фосфоритовъ). Почти двадцать лѣтъ спустя Энгельгардтъ, уже будучи хозяиномъ Батищева, снова обратилъ вниманіе на фосфориты; экскурсируя по *рославльскому* уѣзду [1]) 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 выяснить положительное значеніе фосфоритовъ для сѣверныхъ подзолистыхъ почвъ и возбудить къ нимъ уже болѣе прочный интересъ; это сказалось замѣтнымъ ростомъ спроса на фосфориты въ Россіи и размѣровъ ихъ добыванія.

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 формаціи“ [2]). Встрѣчается онъ въ Курской губ. въ

[1]) Подробнѣе о смоленскихъ фосфоритахъ см. въ статьѣ В. П. Вернадскаго, Труды Вольно-Экон. О-ва, 1888, III, 263. Смоленскіе фосфориты низкопроцентны, что не мѣшаетъ прямому ихъ примѣненію на подзолистыхъ почвахъ, но не позволяетъ готовить изъ нихъ простой суперфосфатъ.

[2]) А. Энгельгардтъ „Изъ химическ. лаб. Спб. землед. институт.“ Сельск. хоз. и лѣсов. 1867.

значительныхъ количествахъ и употребляется жителями для мощенія шессе, улицъ и для бута. Самородъ представляетъ изъ себя настоящую горную породу, которая встрѣчается повсемѣстно на сѣверной границѣ мѣлового бассейна [1]); кромѣ „плиты“ встрѣчаются желваки разнаго цвѣта и размѣровъ. Помимо Курской, залежи эти находятся въ Тамбовской, Воронежской, Орловской, Смоленской, Калужской губ. Многочисленные анализы курского саморода показываютъ, что онъ содержитъ меньше фосфорной кислоты, нежели фосфориты подольскіе—отъ 14 до 17 и 20%; остальное составляютъ кварцевый песокъ, углекислый кальцій и др.; для приготовленія простого суперфосфата эти фосфориты не идутъ.

Вскорѣ затѣмъ были открыты залежи фосфоритовъ въ *Рязанской* губ. Они 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 — минералъ содержащій до 8% K_2O (въ фосфоритахъ отъ 1 до 4% K_2O; 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%, другая же часть песчаника есть глауконитъ [2]). (Не всѣ рязанскіе фосфориты относятся къ этому типу). При обработкѣ ихъ выбранный матеріалъ приходится сушить и затѣмъ размалывается, рѣже примѣняется при предварительной обработкѣ и обжиганіе [3]). Среднее содержаніе фосфорной кислоты въ нихъ около 17%—21% въ верхнемъ слоѣ («сухарь»), но въ подстилающемъ верхній слой глау-

[1]) Ibid. стр. 42.

[2]) П. Морозовъ „О фосфорнокислыхъ удобреніяхъ“ см. Труды Вольно-Эконом. Общ. 1883, т. 3, стр. 282. см. также работу Ключарева, „Матеріалы по изслѣдованію русскихъ почвъ“ изд. Докучаевымъ и Совѣтовымъ, VII.

[3]) Въ настоящее время добываніе тамъ кончилось, что связано съ сокращеніемъ спроса на сырой фосфоритъ и съ недостаточнымъ богатствомъ этихъ фосфоритовъ фосфорной кислотой для того, чтобы на нихъ былъ спросъ на суперфосфатные заводы, готовящіе обычный (простой) суперфосфатъ.

конитовомъ пескѣ оно падаетъ до 13%. Въ послѣднее время рязанскія залежи подробно изслѣдованы сотрудниками проф. Самойлова [1]).

Выше перечисленныхъ фосфоритовъ кромѣ подольскихъ слѣдуетъ поставить *Костромскіе* фосфориты, встрѣчающіеся въ юрскихъ слояхъ. Они наиболѣе богаты фосфорной кислотой изъ всѣхъ средне-русскихъ фосфоритовъ (26—28% P_2O_5); встрѣчаются обычно въ плотныхъ массахъ, въ видѣ неправильныхъ стяженій темнаго цвѣта, извѣстны въ продажѣ въ размолотомъ видѣ подъ именемъ «Куломзинскихъ», такъ какъ эта фирма съ восьмидесятыхъ годовъ начала разрабатывать залежы близъ Кинешмы.

Эти залежи были также изслѣдованы въ послѣднее время экспедиціей проф. Самойлова; они оказались имѣющими значительное протяженіе по берегамъ р.р. Волги и Меры (съ 25—28% P_2O_5), Желвати (28,8 — 25,8% и Неи (21%). Интересъ къ этимъ залежамъ повышается тѣмъ обстоятельствомъ, что въ болѣе высокопроцентныхъ частяхъ ихъ они даютъ матерьялъ пригодный для приготовленія простого суперфосфата (хотя и уступающій по качеству подольскимъ фосфоритамъ).

Вятскіе (слободскіе) фосфориты также залегаютъ въ верхнихъ слояхъ юрской системы; они содержатъ 28% (и болѣе) фосфорной кислоты и представляютъ песчано-глинистую породу (съ участіемъ глауконита), 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, но высокое содержаніе фосфорной кислоты также дѣлаетъ ихъ интересными съ точки зрѣнія суперфосфатнаго производства.

Кромѣ того залежи фосфоритовъ имѣются во многихъ губерніяхъ,— какъ напр., Ярославской, Казанской, Симбирской, Саратовской, Воронежской, въ Области Войска Донского и пр.; большія залежи (но лишь съ 15% P_2O_5) обнаружены на берегахъ Каспійскаго моря (Мангышлакскій полуостровъ) [2]).

Приведемъ данныя сдѣланныхъ въ нашей лабораторіи анализовъ для Костромского, Вятскаго и Смоленскаго фосфоритовъ добавивши къ нимъ ради сравненія заимствованный изъ книги Schucht'a—анализъ алжирскаго фосфорита:

[1]) См. *Самойловъ*, Отчетъ по геол. изсл. фосфор. залежей, т. III.

[2]) См. подробнѣе въ III отчетѣ по геологич. изслѣд. подъ ред. проф. Самойлова (Москва, 1911 года).

	Костромской.	Вятскій.	Смоленскій.	Алжирскій [1]).
P_2O_5	27,19	26,47	16,28	27,23
CO_2	5,97	4,25	3,08	5,26
CaO	42,82	39,6	22,46	45,12
Fe_2O_3	3,75	} 4,55	2,57	} 1,68
Al_2O_3	0,46		10,07	
MgO	0,76	—	0,74	—
MnO	2,14	—	—	—
Fl	2,60	—	—	—
Нераств. остатокъ.	5,75	10,99	43,73	7,40

Наиболѣе использовались до сихъ поръ залежи подольскихъ фосфоритовъ; въ благопріятные годы ихъ вырабатывалось до 1,415,000 пудовъ (но временами наблюдалось паденіе добычи на половину и даже еще ниже). Изъ сѣверныхъ залежей относительно больше разрабатывались костромскія; начиная съ восьмидесятыхъ годовъ спросъ на эти фосфориты возрасталъ въ значительной мѣрѣ, какъ показываютъ слѣдующія цифры:

1886	году потреблено фосфорита	38.000	пуд.
1890	» » »	160.000	»
1892	» » »	425.000	»

Но ростъ этотъ далѣе не былъ непрерывнымъ (особенное паденіе замѣчалось къ 1900 г.).

Подготовка фосфоритовъ. Прежде чѣмъ внести въ почву фосфоритъ, онъ долженъ быть подготовленъ, причемъ подготовка можетъ быть или только механическая или еще и химическая. Неизмѣненные химически фосфориты находятъ лишь ограниченное примѣненіе (на кислыхъ почвахъ). Въ этихъ случаяхъ, благодаря трудной растворимости фосфорной кислоты фосфоритовъ, громадную роль играетъ степень тонкости размола. Съ увеличеніемъ частицъ муки уменьшается поверхность соприкосновенія фосфорита съ частицами земли и уменьшается его усвояемость. Растворимость въ водѣ фосфорной кислоты

[1]) Въ настоящее время главными поставщиками фосфоритовъ въ Европу являются Сѣв. Америка (Флорида) и Сѣв. Африка (Алжиръ и Тунисъ); въ гавани эти фосфориты доставляются моремъ дешевле, чѣмъ фосфориты Россіи, перевозимые по желѣзнымъ дорогамъ. Поэтому въ Ригѣ готовятъ суперфосфатъ изъ привезенныхъ наз-за границы фосфоритовъ, и только внутри Россіи, особенно вблизи отъ мѣстъ залеганія, наши фосфориты могутъ обходиться значительно дешевле иностранныхъ.

фосфоритовъ близка къ нулю, нѣсколько выше растворимость въ водѣ насыщенной углекислотой. Оказывается, что растворимость въ слабыхъ растворителяхъ значительно возрастаетъ по мѣрѣ уменьшенія діаметра частицъ фосфорита. Мюнцъ взялъ 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_2 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 малорастворимаго фосфата на кислой болотной почвѣ далъ слѣдующіе результаты:

Крупность частицъ	$^1/_2$—1 мм.	урожай 27 gr.
	$^1/_4$—$^1/_2$ »	» 39 »
	0.1—0.2 »	» 51 »

т. е. урожай при томъ же составѣ матеріала тѣмъ выше, чѣмъ тоньше помолъ.

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 размолъ тогда, когда около 80% продукта проходитъ черезъ это сито.

При размалываніи иногда сортируютъ матеріалъ при помощи отсѣванія такимъ образомъ, что получаются 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_2O_5; обратное наблюдается въ фосфоритахъ глинистыхъ. Во Франціи примѣняютъ иногда для той же цѣли отмучиваніе, какъ средство, при помощи котораго можно обогатить матеріалъ фосфорной кислотой. Употребляются иногда и

обжиганіе фосфоритовъ, при чемъ углекислая известь переходитъ въ CaO, 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 происхожденіе его, такъ какъ фосфориты могутъ различно дѣйствовать на урожаи, смотря по формѣ фосфорной кислоты ихъ, которая можетъ быть или въ кристаллическомъ или въ аморфномъ видѣ. Въ лабораторныхъ опытахъ съ растворенiемъ 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:

	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	14.6
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 значитъ подробности самаго метода: сколько брать фосфорита и растворителя, примѣнить 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. фосфоритъ.
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) подъ вліяніемъ 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 (HCl, H_2SO_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 gr. гуминовой кислоты могли разложить 1.13 gr. 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 пахотномъ слоѣ торфяной почвы содержится столько кислотъ, что на десятину онѣ могли бы дать 25 и болѣе пудовъ растворимой P_2O_5, если внести должное количество фосфорита.

Fleischer и Kissling [1]) брали 20 gr. торфа и смѣшивали его съ фосфоритомъ (3 gr.). Чистый торфъ переводилъ въ растворъ 13,6%; торфъ съ KCl—19,4; съ каинитомъ 17,9; съ K_2CO_3—1,1; съ $(NH_4)_2SO_4$—25,0% отъ всей P_2O_5 [2]).

Параллельно съ этими показаніями есть 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 большій чѣмъ растворимый (кислый) фосфатъ.

Почва безъ фосфорной кислоты; урожай . .	34	грам.
» растворимая фосфорная кислота . .	135	»
» Ланскій фосфоритъ	115	»
» двойное колич. того же фосфорита .	147	»

Однако, подобные 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 каинита на кислыхъ почвахъ можно разсчитывать 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. Н. Энгельгардту; если при этомъ желаютъ известковать почву и удобрять ее фосфоритомъ, то необходимо известкованіе дѣлать послѣ внесенія фосфорно-кислаго удобренія; въ противномъ же случаѣ известь, нейтрализуя кислоты, сильно понижаетъ растворимость и использованіе фосфорной кислоты фосфоритовъ.

Если фосфорная кислота фосфоритовъ при наличности извѣстныхъ свойствъ почвы (торфянистой, подзолистой) способна переходить въ растворимую форму, то въ другихъ случаяхъ этотъ переходъ долженъ быть осуществленъ искусственнымъ путемъ, при чемъ или пользуются пріемами 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 значительный переходъ 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). Условія благопріятнаго дѣйствія торфа были затронуты выше, по поводу опытовъ Эйхгорна. Есть впрочемъ опыты и съ иными результатами, что, вѣроятно, зависитъ отъ употребленія тарфа 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

[1]) Landw. Jahrbücher, Bd. XII.

[2]) Отмѣтимъ, впрочемъ, что Бѣлецкій, констатировавъ значительное раствореніе фосфорной кислоты фосфорита подъ вліяніемъ торфа, не наблюдалъ того благопріятнаго дѣйствія солей, какое отмѣчается цитированными авторами (Извѣстія Петровской Академіи 1880 г.).

навоза на фосфоритъ ожидать нельзя. И дѣйствительно, наблюдаемый эффектъ дѣйствія навоза на фосфоритъ не великъ или равенъ нулю.

Вотъ результаты опытовъ Müntz'a:

	Общее содерж. P_2O_5	Вытяжка содержала 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 лимонно-кислаго амміака (по Вагнеру) изъ фосфорита заключавшаго 141 gr. P_2O_5, только 3,8 gr. фосфорной кислоты; въ растворимое состояніе не перешло и даже слѣдовъ фосфорной кислоты (см. работу Pfeiffer'a въ Landw. Vers. Stat., Bd. 47). Встрѣчаются въ литературѣ указанія на большую, якобы, растворимость фосфоритовъ при внесеніи ихъ съ навозомъ, чѣмъ безъ послѣдняго. Очень возможно, что наблюдаемый эффектъ зависитъ не отъ лучшаго растворенія P_2O_5 фосфоритовъ, а отъ одновременнаго внесенія съ навозомъ еще и азота, который часто также находится въ недостаточномъ количествѣ въ почвахъ, реагирующихъ на фосфоритъ.

Гораздо быстрѣе и полнѣе, чѣмъ органическія, дѣйствуютъ на фосфориты минеральныя кислоты употребляемыя при фабричной ихъ переработкѣ.

Приготовленіе суперфосфата.

Первымъ толчкомъ въ такой обработкѣ фосфоритовъ послужило предложеніе Либиха обрабатывать кости сѣрной кислотой, чтобы возвратить почвѣ взятую изъ нея фосфорную кислоту въ растворимой формѣ; а затѣмъ эту реакцію стали примѣнять и къ фосфоритамъ; первый заводъ открытъ былъ въ Англіи въ 1843 году.

Основная реакція выражается въ простѣйшей формѣ слѣдующимъ управленіемъ:

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 = 2CaSO_4 + Ca(H_2PO_4)_2$$

[Реакція образованія одноосновной соли не идетъ сразу такъ гладко, какъ это выражено вышеприведеннымъ управленіемъ; если смѣшать трехкальціевый фосфатъ съ сѣрной кислотой и тотчасъ же обработать водой и профильтровать, то въ фильтратѣ можно обнаружить свободную фосфорную кислоту, а послѣдняя уже при дальнѣйшемъ теченіи реакціи въ процессѣ приготовленія суперфосфата связывается кальціемъ неразложеннаго фосфата съ образованіемъ того же однокальціеваго фосфата.

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$$
$$Ca_3(PO_4)_2 + 4H_3PO_4 = 3Ca(H_2PO_4)_2.$$

Если перемѣшиванье массы бываетъ недостаточное, то отчасти реакція остановится на первой фазѣ, а въ другихъ мѣстахъ останется неразложенный фосфоритъ].

Продуктомъ реакціи является, между прочимъ, гипсъ, почему необходимо брать H_2SO_4 съ такимъ количествомъ воды, чтобы послѣдней хватило на образованіе $CaSO_4 . 2H_2O$ и остался еще нѣкоторый излишекъ; при недостаткѣ воды гипсъ беретъ ее всю изъ смѣси, вслѣдствіе чего образуется плотная, твердѣющая масса, мѣшающая полученію однороднаго продукта.

Если принять во вниманіе кристаллизаціонную воду гипса и кислаго фосфата, то основное уравненіе приметъ слѣдующій видъ:

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 + 5H_2O = CaH_4(PO_4)_2H_2O + 2(CaSO_4 2H_2O).$$

Въ то время какъ въ исходномъ продуктѣ $Ca_3(PO_4)_2$ приходится на P_2O_5 45,8%, въ конечномъ продуктѣ по этому уравненію содержится лишь *23,8%* P_2O_5; *это и есть верхній предѣлъ, до котораго въ обыкновенномъ суперфосфатѣ содержаніе* P_2O_5, *не можетъ достигать*, такъ какъ исходятъ не изъ чистаго $Ca_3(PO_4)_2$, а изъ фосфорита. Но для насъ важно было отмѣтить, что при переведеніи фосфорной кислоты въ растворимую форму дѣйствіемъ сѣрной кислоты, мы существенно понижаемъ ея общее содержаніе; приблизительно можно считать, что суперфосфатъ содержитъ процентно вдвое менѣе фосфорной кислоты, чѣмъ тотъ фосфоритъ, изъ котораго онъ приготовленъ.

Но только не по одной приведенной реакціи въ техникѣ приготовленія суперфосфатовъ вычисляютъ потребное для разложенія фосфорита количество сѣрной кислоты; такъ какъ фосфоритъ часто содержитъ $CaCO_3$, легко разлагаемую дѣйствіемъ кислоты, притомъ скорѣе и энергичнѣе чѣмъ $Ca_3(PO_4)_2$, то нуженъ бо́льшій 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 $CaCO_3$ въ фосфоритѣ нежелательно (вслѣдствіе излишняго расхода H_2SO_4 и пониженія процентнаго содержанія P_2O_5 въ продуктѣ), 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% $CaCO_3$. Поэтому при обработкѣ фосфоритовъ, не содержащихъ $CaCO_3$ (напр., апатита), иногда нарочно примѣшиваютъ[1]) съ указанной цѣлью немного $CaCO_3$ (или берутъ здѣсь апатита съ фосфоритомъ богатымъ $CaCO_3$), 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 SiO_2.

Содержащійся въ фосфоритахъ (апатитахъ) $CaFl_2$ сѣрной кислотой также болѣе или менѣе разлагается (благодаря разогрѣванію массы), образуя HFl, $SiFl_4$, H_2SiFl_6. Такимъ образомъ главная реакція образованія монокальціеваго фосфата сопровождается и усложняется этими побочными, и въ концѣ концовъ получается смѣсь сложнаго химическаго состава.

Не вдаваясь въ подробности разсчета кислоты, необходимой для разложенія фосфата въ зависимости отъ его состава [2]), при-

[1]) „Mischungen von karbonatfreien Phosphaten mit Säure bleiben (meistens „todt und kalt", schliessen sich deshalb nur langsam auf und trocknen schwer". *Schucht*, l. c. 61.

[2]) Разсчетъ возможенъ лишь съ извѣстнымъ приближеніемъ, такъ какъ основная реакція не идетъ вполнѣ гладко по обычной схемѣ до образованія однокальціеваго фосфата, но на самомъ дѣлѣ устанавливается извѣстное равновѣсіе, при которомъ есть на лицо и свободная H_3PO_4 и кислый фосфатъ, отчасти и неразложенный (или не вполнѣ разложенный) фосфатъ, нерастворимый въ водѣ; количество свободной фосфорной кислоты можетъ доходить до 5—7% отъ вѣса продукта, и оно должно быть тѣмъ большимъ, чѣмъ богаче исходный матеріалъ окислами желѣза и глинозема. Далѣе количество потребной кислоты мѣняется въ зависимости отъ температуры, такъ какъ есть соединенія, разлагаемыя лишь при нагрѣваніи (фтористыя соединенія; силикаты также въ разныхъ фосфоритахъ ведутъ себя неодинаково).

Можно сказать, что въ то время, какъ уравненія пишутся въ предположеніи, что имѣется въ виду приготовленіе однокальціеваго фосфата, на дѣлѣ рѣшается нѣсколько другой вопросъ, а именно: *сколько нужно ввести сѣрной кислоты, чтобы получить максимумъ воднорастворимой фосфорной к.* (хотя бы цѣной накопленія свободной H_3PO_4), *но не перейти*

ведемъ приблизительныя количества кислоты для нѣкоторыхъ случаевъ:

	100 ч. фосфата съ содержаніемъ:			Берется по вѣсу.	
	$Ca_3(PO_4)_2$	Fe_2O_3+ Al_2O_3	$CaCO_3$	H_2SO_4	Градусы Боме.
Костяная зола. . .	82,1	0,3	4,4	95	52°
Подольскій ф-ть . .	74,7	5,0	4,7	120	50°
Алжирскій » . .	65,0	0,6	16,0	100	52°
Каролинскій » . .	56,6	2,8	12,0	100	50° [1])
Костромской » . .	65,3	4,2	13,5	108	52° [2])
Вятскій » . .	57,8	4,5	9,6	(100)	52° [3])

той границы, при которой возможно полученіе сухого (не мажущагося) продукта? Окончательно эта задача рѣшается на заводахъ эмпирически, тѣмъ болѣе, что ея рѣшеніе зависитъ не только отъ данныхъ химическаго состава, но и отъ структуры фосфорита и отъ физическихъ свойствъ можетъ быть даже тѣхъ его составныхъ частей, которыя сами не примутъ участія въ главной химической реакціи.

Для предварительнаго разсчета рекомендуются различные пріемы приблизительнаго вычисленія; такъ, чаще всего рекомендуютъ принимать во вниманіе три категоріи веществъ, потребляющихъ кислоту, именно, трехкальціевый фосфатъ, углекислый кальцій и сумму полуторныхъ окисловъ (желѣза и глинозема), при чемъ количество перваго множится на 1,1, второго на 1,6 и третья величина на 4; сумма даетъ вѣсовое количество сѣрной кислоты (камерной, 50° Боме), потребное для разложенія (см. *Grüber*. Die Superphosphatfabrication). Если примѣнить этотъ разсчетъ къ костромскому фосфориту, то получимъ слѣдующее:

На 95,38%	$Ca_3(PO_4)_2$	требуется ввести	65.32 части
На 13,56%	$CaCo_3$	» »	21,69 »
На 4,21%	Fe_2O_3+Al_2O_3	» »	16.84 »
Всего на 100 ч. фосфорита			103,85 частей сѣрной кислоты въ 50° Боме.

Или 99,1 вѣсовая часть кислоты въ 52,1° Боме (уд. в. 1,565), что отвѣчаетъ объему въ 63,4 куб. с.

Такой разсчетъ, конечно, очень грубъ, но къ большей точности стремиться не стоитъ по причинамъ вышеуказаннымъ; далѣе же остается произвести рядъ пробъ съ возрастающими количествами кислоты, взявши высчитанное количество лишь за нѣкоторый опорный пунктъ.

[1]) См. Schucht, Fabrikation des Superphosphats, Braunschweig, 1909, стр. 92.

[2]) По даннымъ полученнымъ В. П. Кочетковымъ при опытахъ на Кинешевскимъ заводѣ г. Бурнаева.

[3]) Цифра для Вятскаго фосфорита не окончательная, такъ какъ пока не было заводскихъ опытовъ съ нимъ.

Въ техникѣ при правильно организованномъ производствѣ разсчетъ кислоты основывается на близкомъ знакомствѣ съ составомъ и свойствами того фосфата, съ которымъ приходится имѣть дѣло; всякая неточность въ этомъ отношеніи отзывается дурно 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 ретроградацію 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. 30) со стѣнками изъ стальныхъ пластинъ, съ отверстіями между ними; внутрь вводятъ куски фосфорита вмѣстѣ съ стальными или чугунными шарами; при вращеніи фосфоритъ размалывается отъ ударовъ и тренія, и мелкія части проваливаются черезъ отверстія въ стѣнкахъ и далѣе поступаютъ на сита[1]).

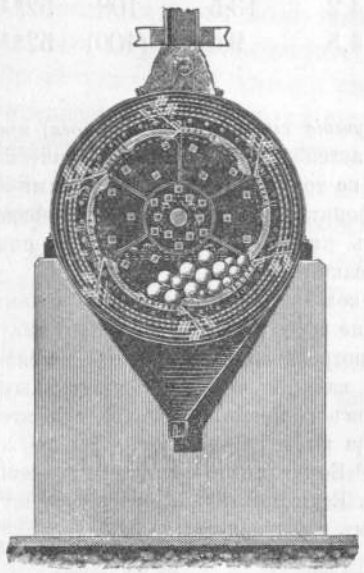


Рис. 30.

Послѣ измельченія смѣшиваютъ фосфоритъ съ сѣрной кислотой, при чемъ на благоустроенныхъ заводахъ заботятся объ отводѣ выдѣляющихся ядовитыхъ (HFl) 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.

[1]) Кромѣ шаровыхъ мельницъ упомянемъ еще мельницу Кента, которая построена по принципу „бѣгуновъ“, но съ той разницей, что вращаются не только самые бѣгуны, а и тотъ стальной барабанъ, внутри котораго они вращаются, причемъ оси бѣгуновъ (вальцовъ) не фиксированы прочно, но съ помощью крѣпкихъ пружинъ удерживаются въ такомъ положеніи, чтобы дробился фосфоритъ, попадающіе между поверхностью вальцовъ и внутренней поверхностью стального барабана.

Если смѣшиваніе ведется ручнымъ способомъ въ открытыхъ резервуарахъ (рис. 31), то приходится вести работу съ перерывами, необходимыми для выгрузки готоваго суперфосфата. болѣе совершенны по устройству закрытые приборы съ механическимъ смѣшиваніемъ; они состоятъ 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. 32); 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 па-

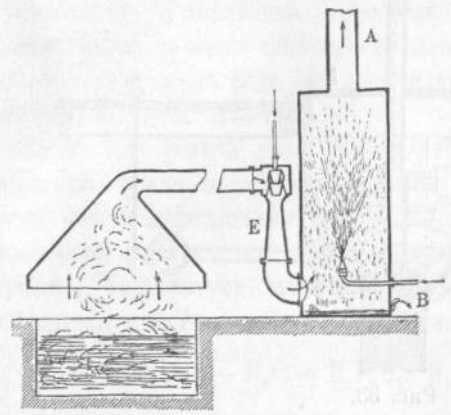


Рис. 31.

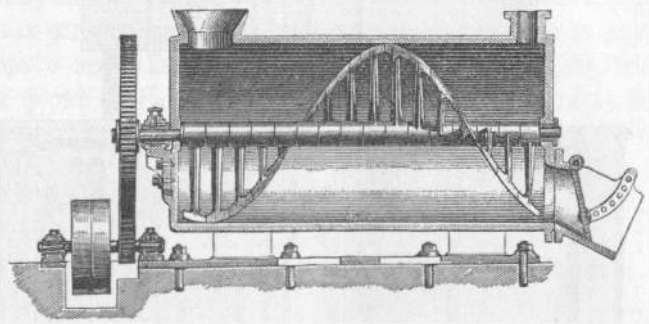


Рис. 32.

даетъ внизъ при открытіи люка (или нѣсколькихъ люковъ) въ нижней части прибора (см. рис. 33).

Въ послѣднемъ случаѣ часто пользуются расположеніемъ изображенномъ на рис. 34-мъ: изъ прибора для смѣшиванья гдѣ масса энергично перерабатывается мѣшалками въ теченіе менѣе чѣмъ одной минуты, въ еще полужидкомъ состояніи горячая смѣсь быстрымъ движеніемъ клапановъ выбрасывается въ помѣщеніе *f*, гдѣ собственно и заканчивается реакція, а въ приборъ вводится тотчасъ же новая

смѣсь. При этомъ используется теплота, развивающаяся при реакціи какъ для болѣе полнаго разложенія нѣкоторыхъ болѣе стойкихъ со-

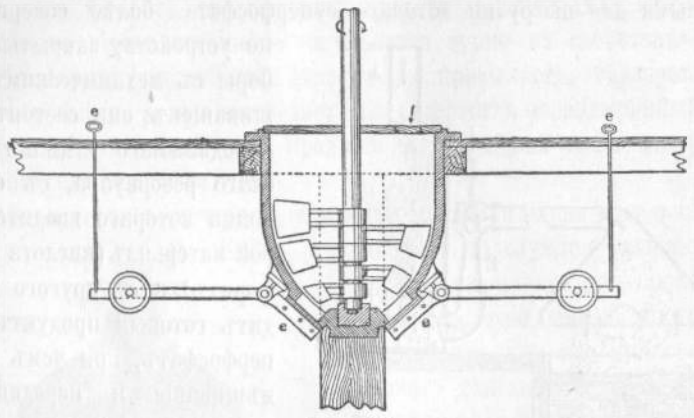


Рис. 33.

ставныхъ частей фосфорита, такъ и для удаленія возможно большого количества воды.

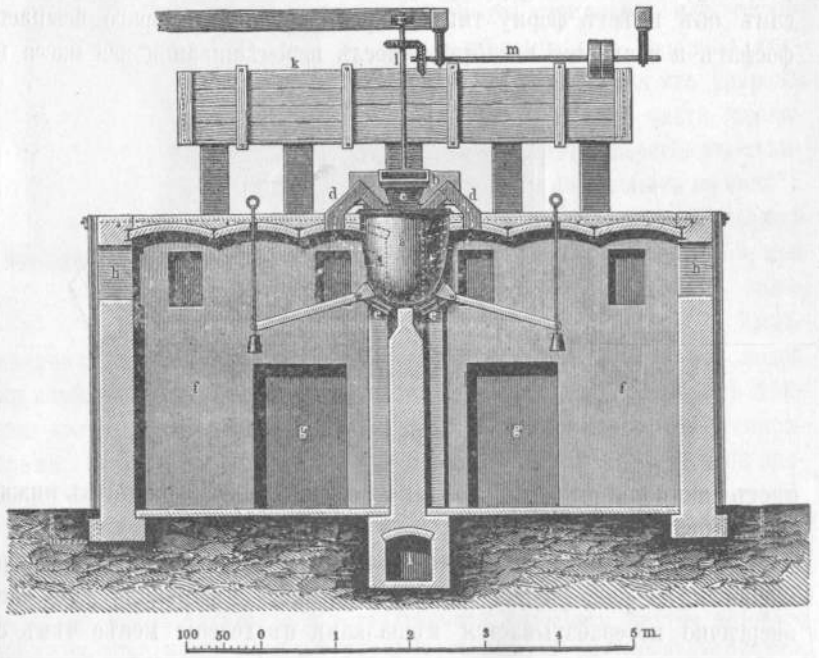


Рис. 34. *a*—резервуаръ для смѣшиванья, *c*—воронка для всыпанія фосфорита, *k*—резервуаръ съ сѣрной кислотой, *e*—клапаны съ противовѣсами, *f*—подвальное помѣщеніе, куда спускается горячая смѣсь для окончанія реакціи, *g*—отверстія для выгрузки готоваго суперфосфата.

Полученная масса послѣ ея затвердѣванія и остыванія выгружается изъ камеры далѣе подвергается (если нужно) сушкѣ въ особыхъ сушильняхъ; обыкновенно вагонетки, нагруженыя суперфосфатомъ, подвигаются въ нихъ постепенно навстрѣчу току теплаго воздуха, отдавая излишнюю воду (но кристаллизаціонная вода при обычныхъ условіяхъ сушки остается).

Важно для успѣха дѣла производить сушку не при высокой температурѣ, иначе кромѣ высушиванія и потерь кристаллизаціонной воды начнется разложеніе (съ выдѣленіемъ воды) кислой соли ортофосфорной кислоты, съ образованіемъ солей пиро-и метафосфорной кислоты. Температура сушки не должна быть выше 100°, при 120° образуется пирофосфатъ, при 200 — метафосфатъ [1]).

$$(2H_3PO_4 - H_2O = H_4P_2O_7;\ H_3PO_4 - H_2O = HPO_3).$$

Въ послѣднее время взамѣнъ 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 [2]).

Въ получаемой сложной смѣси, носящей названіе суперфосфата, фосфорная кислота находится главнымъ въ расворимой въ водѣ формѣ; не говоря о небольшихъ количествахъ свободной H_3PO_4 и преобладающей формѣ $Ca(H_2PO_4)_2 . H_2O$, она содержится отчасти въ видѣ кислыхъ солей Mg. Al, Fe. Fe $(H_2PO_4)_3$ есть также соль растворимая,

---

[1]) Образованіе этихъ продуктовъ связано съ пониженіемъ достоинства суперфосфата; такъ въ одномъ опытѣ при внесеніи въ качествѣ удобренія пиро—и метафосфата Gregoire получилъ слѣдующіе результаты:

	Безъ фосфора.	Пирофосфатъ.	Метафосфатъ.	$Ca(H_2PO_4)_2$.
Урожай:	13,9	15,1	17,3	40,4.

(См. рефератъ въ Bied. Centralblatt, 1905, 577).

[2]) Кромѣ того, въ послѣднее время употребляются различные аппараты для автоматической разгрузки камеръ, позволяющіе не дожидаться полнаго охлажденія суперфосфата; эти аппараты (крошильныя или скоблильныя машины) позволяютъ использовать теплоту суперфосфата съ одновременнымъ сильнымъ провѣтриваньемъ для его просушки, именно съ помощью скребковъ или ножей машины эти отрѣзаютъ отъ массы затвердѣвшаго суперфосфата тонкіе ломтики, при паденіи легко разсыпающіеся въ тонкій порошекъ, отдающій встрѣчному воздуху значительную часть влаги (подробности см. напр. у *Брицке.* Производство суперфосфата, Рига, 1910).

какъ и соотвѣтствующая соль Al, но не стойкая, являющаяся одной изъ причинъ вторичныхъ реакцій въ суперфосфатахъ [1]).

Нерастворимыми въ водѣ солями P_2O_5 въ суперфосфатѣ являются двукальціевый фосфатъ $CaHPO_4 . 2H_2O$, полуторнокислыя соли Fe и Al (напр., $FeH_3(PO_4)_2$, $FePO_4$ и соотвѣтствующія соли Al.

Далѣе, въ составъ суперфосфатовъ входятъ $CaSO_4 . 2H_2O$ (гипсъ), сѣрнокислые 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 сѣрной кислотой.

Разсмотримъ ближе свойства $Ca(H_2PO_4)_2$: соль эта можетъ быть получена въ кристаллическомъ видѣ $[Ca(H_2PO_4)_2 . H_2O]$, отличается нестойкостью, при высушиваніи теряетъ кристаллизаціонную 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:

$$Ca(H_2PO_4)_2 = Ca(HPO_4) + H_3PO_4.$$

При этомъ двухкальціевый фосфатъ получается въ осадкѣ.

При кипяченіи, даже въ томъ случаѣ, если на 1 ч. соли приходится 200 ч. H_2O, также происходитъ разложеніе монокальціевой соли съ выдѣленіемъ свободной P_2O_5.

Разсматриваемое обстоятельство 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).

Двойной суперфосфатъ и преципитатъ.

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 кристаллизаціонной 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 продукты. Кромѣ того приходится считаться съ привычками рынка; такъ обычно принято требовать, чтобы суперфосфатъ содержалъ не меньше 12% воднорастворимой фосфорной кислоты (хотя основаній для этого кромѣ дороговизны дальней перевозки, не имѣется); а такъ какъ 12% суперфосфатъ можно получать изъ фосфоритовъ, содержащихъ не менѣе 24% P_2O_5, то цѣлый рядъ фосфоритовъ не можетъ перерабатываться по типу простого суперфосфата; такъ у насъ не идутъ для этой переработки смоленскіе, рязанскіе, курскіе и др. фосфориты; годятся же лишь болѣе высокопроцентные, какъ подольскіе, костромскіе, вятскіе. Но есть способы, неизбѣжно болѣе сложные, связанные съ обогащеніемъ конечнаго продукта путемъ отдѣленія отъ примѣсей, позволяющіе перерабатывать и низкопроцентные фосфориты, если экономическія условія это позволяютъ. Сюда относится приготовленіе вмѣсто простого *двойного суперфосфата.* 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, въ этомъ случаѣ берутъ столько сѣрной кислоты, чтобы разложить не только до одно-кальціеваго фосфата, но до свободной H_3PO_4, слѣд., не 2, а 3 части H_2SO_4 на частицу $Ca_3(PO_4)_2$. Фосфорную кислоту извлекаютъ водой, при чемъ она отдѣляется отъ осѣвшихъ примѣсей (образовавшагося гипса, бывшихъ въ фосфоритѣ песчаныхъ и глинистыхъ частицъ), затѣмъ 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 бо̀льшимъ 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.

Съ той же цѣлью при обработкѣ фосфоритовъ (и костей) употребляютъ кромѣ сѣрной и соляную кислоту, причемъ переходитъ въ растворъ H_3PO_4, равно какъ и $CaCl_2$, въ осадкѣ находятся примѣси,

[1]) 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).

какъ глина и песокъ, отъ которыхъ здѣсь легко избавиться (въ простомъ суперфосфатѣ 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 $CaCl_2$) и сушатъ. Полученный продуктъ называется «*осажденнымъ фосфатомъ*» или «*преципитатомъ*».

Онъ содержитъ фосфорную кислоту въ состояніи растворимомъ въ лимоннокисломъ амміакѣ (про 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 [1]).

---

[1]) Въ настоящее время преципитатъ готовится почти исключительно изъ костей и является побочнымъ продуктомъ при приготовленіи изъ нихъ желатины; при этомъ готовятъ изъ обезжиренной кости такую же солянокислую вытяжку, какъ изъ фосфорита, но въ остаткѣ будетъ не песокъ, а клей—дающее вещество (оссеинъ), а солянокислая вытяжка даетъ осажденный фосфатъ, какъ и въ случаѣ фосфорита; всѣ главныя составныя части кости при этомъ наилучше оплачиваются рынкомъ. Что же касается фосфоритовъ, то остановимся на двухъ особыхъ случаяхъ, когда мыслимо приготовленіе преципитата изъ нихъ:

1) Если располагаютъ водяной силой, то возможно приготовленіе преципитата безъ постоянной затраты какой бы то ни было кислоты; при этомъ пользуются электролитическимъ способомъ Paimar'a, именно подвергаютъ электролизаціи растворъ хлорноватокислаго натра ($NaClO_3$) въ особомъ аппаратѣ, при чемъ въ анодномъ отдѣленіи получается кислота ($HClO_3$), а въ катодномъ растворъ дѣлается щелочнымъ (образованіе ($NaOH$); кислая жидкость изъ аноднаго отдѣленія проводится черезъ батарею деревянныхъ ящиковъ, наполненныхъ фосфоритомъ, подлежащимъ выщелачиванію (система противотока). Насыщенный фосфорной кислотой [содержащій кромѣ того $Ca(ClO_3)_2$] растворъ направляется навстрѣчу катодной (щелочной) жидкости, количество которой регулируется такъ, чтобы при смѣшеніи получилась лишь слабо щелочная реакція; тогда выпадаетъ въ осадокъ вся фосфорная кислота въ видѣ бѣлаго мелко кристаллическаго осадка двухкальціеваго фосфата (преципитата); осадокъ отдѣляется, промывается и сушится, растворъ же, содержащій $^1/_3$ кальція взятаго фосфата въ видѣ $Ca(ClO_3)_2$, смѣшивается съ остаткомъ катодной жидкости, при чемъ выпадаетъ большая часть извести въ видѣ $Ca(OH_2)$ (оставшаяся часть удаляется введеніемъ CO_2), а въ растворѣ регенерируется $NaClO_3$, и онъ возвращается опять въ аппаратъ. Такимъ образомъ въ этомъ изящномъ способѣ только электрическая энергія затрачивается на то, чтобы отнять одинъ атомъ Ca отъ $Ca_3(PO_4)_2$, замѣстить его водородомъ воды и превратить въ $Ca(HPO_4)_2$, а отнятый Ca оставить въ соединеніи съ двумя гидроксилами.

2) Другой случай, когда производство осажденнаго фосфата, по нашему мнѣнію, было бы умѣстно и осуществимо безъ особыхъ расходовъ на кислоту—это использованіе азота воздуха для приготовленія „норвежской“ селитры [$Ca(NO_3)_2$]. Извѣстно, что полученная при этомъ HNO_3 нейтрализуется $CaCO_3$ и растворъ сгущается до кристаллизаціи $Ca(NO_3)_2$; такимъ образомъ напрасно тратится энергія, которую можно было бы использовать слѣдующимъ образомъ: растворъ азотной кислоты идетъ на разложеніе фосфорита, вытяжка, содержащая фосфорную кислоту и $Ca(NO_3)$, по отдѣленіи отъ нерастворенныго остатка осаждается известковымъ молокомъ. Осажденный фосфатъ отдѣляется отъ раствора $Ca(NO_3)_2$, тогда послѣдній сгущается и даетъ поступающій въ продажу продуктъ—норвежскую селитру. Конечно, при этихъ условіяхъ селитра можетъ заключать нѣкоторую примѣсь азотно-кислаго желѣза и другихъ основаній, кромѣ кальція, но для цѣлей удобренія это несущественно. Замѣтимъ, что изложенный здѣсь способъ представляется намъ à priori раціональнымъ, но его еще предстоитъ испытать на дѣлѣ.

3) Мыслимо возникновеніе такого производства при использованіи кислотныхъ отбросовъ пороховыхъ заводовъ (см. VII-й отчетъ о вегетац. оп., М. 1912 г.).

Будучи въ преципитатѣ главной составной частью, въ суперфосфатѣ 2-хъ основный фосфатъ является примѣсью, какъ результатъ неполнаго разложенія или же какъ продуктъ вторичнаго процесса, *ретроградаціи*; при этомъ или однокальціева соль распадается на 2-хъ кальціевую и H_3PO_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 P_2O_5 уменьшается:

$$Ca(H_2PO_4)_2 + Ca_3(P_2O_4)_2 = 2Ca_2(HPO_4)_2.$$

Дѣйствительно, если въ растворъ однокальціевой соли ввести 3-хъ кальціевую, то не трудно обнаружить ретроградацію—количество растворимой въ водѣ P_2O_5 постепенно будетъ уменьшаться. Реакцію эту не трудно 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 растворъ слѣд. количества P_2O_5, въ зависимости отъ протекшаго времени:

0	5	14	30 дней	6 мѣс.	12 мѣс.
56%	55%	46%	37%	6%	0,53% (отъ исходнаго количества).

Этотъ искусственный примѣръ, конечно, очень рѣзокъ сравнительно съ тѣмъ, что имѣетъ мѣсто въ суперфосфатахъ, но все же онъ хорошо иллюстрируетъ вліяніе одного изъ фактовъ ретроградаціи.

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 ретроградаціи является въ суперфосфатахъ наличность соединеній Fe_2O_3 (и Al_2O_3). Если въ немъ находится, напр. $(Fe_2SO_4)_3$, то при реакціи 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 $FePO_4 . 2H_2O$; послѣдняя же соль далѣе можетъ отдавать кристаллизаціонную воду $CaSO_4$:

$$FePO_4 . 2H_2O + CaSO_4 = CaSO_4 . 2H_2O + FePO_4.$$

Получающееся при этомъ безводное фосфорнокислое желѣзо[1] является не только не растворимымъ въ водѣ, но плохо растворимымъ въ лимонной кислотѣ и малоусвояемымъ. При большомъ содержаніи въ суперфосфатѣ Fe такой переходъ является интенсивнымъ; само собой разумѣется, что если желѣзо будетъ находиться не въ формѣ сѣрнокислыхъ солей, но въ видѣ окиси (напр. въ почвѣ), то ретроградація пойдетъ еще энергичнѣе. Милло смѣшивалъ съ порошковатой 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%, нерастворимой . . 14,1%.
(2). » » . . . 4,5% » . . 17,%.

Joulie нашелъ, что при этомъ, кромѣ образованія фосфата желѣза, реакція можетъ доходить до образованія $Ca_3(PO_4)_2$; какъ правило же получается $CaHPO_4$.

По изложеннымъ соображеніямъ фосфаты, содержащіе много Fe [1]), рѣдко перерабатываются на суперфосфаты; считаются допустимыми

[1]) Желѣзо встрѣчается въ фосфоритахъ чаще всего въ видѣ фосфорнокислаго, или въ видѣ колчедана FeS_2; первая форма легко разлагается сѣрной кислотой, вторая противостоитъ ея дѣйствію, если только сѣрная кислота не содержитъ окисловъ азота. Рѣже въ фосфоритахъ встрѣчается свободная окись Fe_2O_3 и кремнекислое желѣзо.

2%, въ крайнемъ случаѣ 3—4% F_2O_3 (см. Schucht, Fabrikation des Superphosphats).

Соединенія глинозема отчасти также способствуютъ явленіямъ ретроградаціи, но въ гораздо меньшей мѣрѣ, чѣмъ желѣзо.

Мы разсмотрѣли отношеніе одно, двухъ и трехкальціева 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 P_2O_5; но Грандо и Петерманнъ показали, что и нерастворимый въ водѣ двухкальціевый фосфатъ усвояется растеніями, поэтому ретроградація въ суперфосфатѣ не представляетъ уже такой потери фосфорной кислоты, по скольку дѣло идетъ объ образованіи $CaHPO_4$ (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 P_2O_5); такой способъ оцѣнки принятъ во Франціи и Бельгіи, въ Германіи же цѣнятъ лишь воднорастворимую фосфорную к-ту въ суперфосфатахъ.

[1]) Кромѣ обработки кислотами существуютъ еще способы превращенія фосфоритовъ въ болѣе усвояемые фосфаты; такъ, путемъ сплавленія $Ca_3(PO_4)_2$ съ содой получается $Na_3PO_4 + CaCO_3$; съ апатитомъ реакція должна идти сложнѣе, напр.:
$[3\ Ca_3(PO_4)_2], CaF_2 + Na_2CO_3 = 2\ NaF + CO_2 + (2\ Na_2O;\ 10\ CaO).\ 3\ P_2O_5$.
Такой фосфатъ, названный по имени предложившаго этотъ способъ *Wiborgphosphat*, нерастворимъ въ водѣ, но хорошо растворимъ въ лимонной кислотѣ и лимоннокисломъ амміакѣ, даже лучше, чѣмъ фосфатъ томасова шлака (см. ниже), съ которымъ общей чертой является здѣсь избытокъ основанія (тетрафосфатъ). Съ другой стороны *Wolters* предложилъ сплавлять фосфориты съ бисульфатомъ (кислымъ сѣрнокислымъ натромъ): берется 100 частей фосфорита, 70 ч. $NaHSO_4$, 20 ч. $CaCO_3$, 22 ч. песку и 6 ч. угля (?); по опытамъ Вагнера усвояемость фосфата Волтерса 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, по дѣйствію также близкій къ томасову шлаку или даже его превосходящій (см. Bied. Centralblatt 1904, 01 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.

Томасовъ шлакъ.

Это фосфорнокислое удобреніе 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 бессемерованія до 80-хъ годовъ употреблялся чугунъ, содержащій не больше 0,1% P [1]) и 0,05% S; но въ 1879 году Томасъ и Гилькристъ сдѣлали возможной переработку чугуна, содержащаго большое количество P, введя въ употребленіе «основной процессъ» («томасированіе») въ отличіе отъ прежняго «кислаго» (въ смыслѣ избытка SiO_2) бессемерованья.

Попутно этотъ процессъ доставилъ сельскому хозяйству крупный и хорошо используемый источникъ P_2O_5.

Въ этомъ измѣненномъ процессѣ бессемерованія реторта («конвертеръ»), въ которой производится плавленіе чугуна, имѣетъ внутреннюю обкладку изъ доломитоваго известняка, сверхъ того прибавляется къ сплавляемому металлу известь (CaO), для связыванія образующейся при окисленіи фосфора P_2O_5.

Процессъ окисленія совершается при вдуваніи воздуха: Сперва окисляется Si, потомъ Mn, C, а при 1800°—2000° P сгораетъ въ P_2O_5, которая въ CaO образуетъ известковую соль, всплывающую наверхъ въ видѣ шлака вмѣстѣ съ кремнекислымъ Ca, и другими примѣсями; при наклоненіи конвертера шлакъ стекаетъ и охлаждаясь

Опыты произведенные въ нашей лабораторіи показали, что не только апатитъ, но и фосфориты могутъ перерабатываться путемъ сплавленія съ содой.

Вотъ примѣръ изъ опытовъ съ костромскимъ фосфоритомъ:

		I. Всей P_2O_5.	II. Лимонно-раствор. P_2O_5.	II въ % отъ 1.
Отношеніе фосфорита къ содѣ.	1 : 1/2	21,82	21,57	98,85
	1 : 1/4	25,75	19,10	74,17

Такимъ образомъ получасовое сплавленіе съ половиннымъ количествомъ соды превращаетъ фосфоритъ въ удобреніе, стоящее выше томасова шлака по растворимости въ лимонно-кисломъ амміакѣ, а сплавленіе съ 1/4 соды—въ удобреніе подобное томасову шлаку (см. VI отчетъ по лабораторіи, М. 1911 г.).

[1]) Желѣзныя руды обыкновенно содержатъ P_2O_5, которая при выплавкѣ чугуна возстановляется въ P; присутствіе послѣдняго въ большихъ количествахъ дѣлаетъ невозможнымъ полученіе стали и желѣза должнаго качества.

даетъ черную кристаллическую пористую массу. О результатахъ процесса можно судить по слѣдующимъ цифрамъ:

	C.	Si.	Mn.	P.	S.
Чугунъ содержалъ до плавленія.	3%	1,3%	1,5%	2,5%	0,2%
Сталь изъ того же чугуна содержала	0,4	Слѣды	0,76	0,02	0,03

Полученный въ данномъ случаѣ шлакъ содержалъ:

SiO_2.	12%
Окисловъ Fe и Mn.	11 »
P_2O_5.	16 »
CaO (и MgO)	54 »

Составъ шлака измѣняется въ зависимости отъ состава чугуна, отъ количества извести (и MgO) и нѣкоторыхъ другихъ обстоятельствъ. Колебанія возможны въ такихъ предѣлахъ (по Grandeau, Scories de dephosphoration, въ Annales de la science agronomique 1896 и 97):

P_2O_5	8—24%
CaO	34—55 »
MgO	—20 »
Fe (закись и окись)	12—22 »
SiO_2	7—15 »

Въ томасовомъ шлакѣ, сверхъ ожиданія, фосфорная кислота оказалась легко усвояемой; говоримъ «сверхъ ожиданія» потому, что удобреніе это получается при очень высокой температурѣ и при наличности избытка извести, слѣдовательно, можно было ожидать образованія трехкальціева фосфата, который въ прокаленномъ состояніи отличается плохой усвояемостью.

Аналитическія данныя показываютъ, что въ шлакѣ находится особое соединеніе — тетракальціево-фосфорнокислая соль 4 CaO. P_2O_5 ($=Ca_4P_2O_9$), соединеніе менѣе устойчивое, чѣмъ трехъосновный фосфатъ [1]); можно думать, что въ почвѣ оно распадается подъ вліяніемъ влаги, образуя ѣдкую известь и *свѣжеосажденный* трехкальціевый осфатъ. Растворимость P_2O_5 томасова шлака въ лимоннокисломъ амміакѣ, въ водѣ съ углекислотой и въ уксусной кислотѣ довольно

[1]) Это соединеніе разсматривается какъ известковая соль восьмиосновной дифосфорной кислоты, строеніе которой таково: $O\begin{cases} P(OH)_4 \\ P(OH_4). \end{cases}$

велика; такъ, слабая уксусная кислота за 72 часа растворила изъ 100 ч. P_2O_5:

Въ томасовомъ шлакѣ a)	58%
b)	51 »
c)	36 »
Въ ланскомъ фосфоритѣ	5,6 »
Въ копролитахъ	10,9 »[1])

Первые опыты примѣненіе томасова шлака принадлежатъ Флейшеру (въ 1884—85 г.) въ Германіи. Оказалось, что это удобреніе на торфянистыхъ почвахъ вполнѣ замѣняетъ суперфосфатъ и преципитатъ; на другихъ почвахъ для равнаго эффекта съ суперфосфатомъ шлака нужно было вносить раза въ $1^1/_2$—2 больше.

При опытахъ на бѣдной песчаной почвѣ подъ Парижемъ Грандо получилъ такіе результаты:

		Урожай: Картофеля.	Пшеницы.
Почва удобрен.	въ дост. колич. N и K, но безъ P_2O_5	8830 kilo	24 hectol.
»	» N, K и суперфосфатъ .	26,210 »	— »
»	» преципитатомъ	23,260 »	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 полурастворимую форму и вымывается, или же благодаря кислой реакціи неблагопріятно дѣйствуетъ на корни и тѣмъ понижаетъ эффектъ удобренія. 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 содержаніи P_2O_5). Слѣдовательно, примѣняя двойное количаство шлака, можно достигнуть при извѣстномъ соотношеніи цѣнъ болѣе дешевымъ путемъ того же эффекта, какъ при болѣе дорогомъ суперфосфатѣ.

При оцѣнкѣ томасова шлака обращаютъ вниманіе на 1) содержаніе P_2O_5, 2) степень размола (чѣмъ мельче, тѣмъ лучше); большая

часть частицъ шлака должна проходить черезъ сито № 100, діаметръ отверстій котораго приблизительно $=0{,}2^m/_m$.), 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% % отъ всей P_2O_5 и иногда даже далѣе.

Вообще, томасовъ шлакъ разнаго происхожденія не представляетъ однообразнаго по растворимости и эффекту дѣйствія удобренія.

Нѣкоторые изслѣдователи, напр., Вагнеръ, считаютъ степень растворимости шлака въ водномъ растворѣ лимонно-кислаго амміака хорошимъ показателемъ степени усвоемости P_2O_5 удобренія растеніями. Въ опытахъ Вагнера это подтверждается слѣдующей серіей цифръ.

Растворимость.	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 и Меркеръ.

На основаніи своихъ опытовъ Меркеръ и Вагнеръ считаютъ 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 соотвѣтственныя разницы и въ урожаяхъ, полнаго 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

[1]) См. Sachsse, Lehrbuch der Agriculturchemie, 528.

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 обнаружитъ 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 нашли 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 черный 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; слѣдующія кристаллическія вещества являются характерными.

1) Кристаллы напоминающіе апатитъ, гексагональной системы, содержащіе $36—37\%$ P_2O_5.

2) Минералъ синяго цвѣта, представляющій по составу двойную фосфорно-кремнекислокальціеву соль формулы $4Ca_3(PO_4)_2 . 3Ca_3SiO_5$, содержащій $31\% P_2O_5$ (моноклинической системы).

3) Минералъ ромбической системы, желтаго цвѣта, по химическо м составу представляющій тетракальціевую соль $Ca_4P_2O_9$.

Соотношеніемъ этихъ трехъ минераловъ обусловливаются повидимому свойства томасова шлака (кромѣ нихъ находятся, конечно, и другія соединенія Ca и Fe).

Вагнеръ (Northeim) [1]) 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 P_2O_5 около 85%

[1]) Landw. Vers. Stat Bd. 49.

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 являются наиболѣе цѣнными формами P_2O_5 въ шлакахъ. Связь между растворимостью P_2O_5 и содержаніемъ SiO_2 была еще раньше подмѣчена; поэтому предлагали прибавлять SiO_2 (кварцевый песокъ) въ расплавленный шлакъ съ цѣлью повысить растворимость P_2O_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 близь Маріуполя (ст. Сартаны); но пока эти заводы не находятъ достаточнаго сбыта своимъ шлакамъ въ Россіи и большая часть ихъ вывозится моремъ заграницу (такъ было по крайней мѣрѣ въ 1906 году).

Кромѣ томасова шлака есть еще нѣкоторые виды шлаковъ, могущіе служить фосфорнокислымъ удобреніемъ, хотя и не столь богатымъ фосфоромъ; таковы *мартеновскіе* шлаки (если они получены при введеніи извести, вообще избытка основаній). «Мартенованіе» отличается отъ «томасированія» (и бессемерованія) тѣмъ, что при немъ получаютъ сталь изъ чугуна (т. е. понижаютъ $\%$ углерода) не столько путемъ окисленія, сколько сплавленіемъ чугуна съ желѣзомъ. Шлакъ при этомъ получается вообще говоря, низкопроцентный, но можно нѣкоторыми пріемами 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 добиваясь полной дефосфораціи, а во 2-ой печи заканчивать дефосфорацію при избыткѣ извести; тогда въ 1-ой печи будетъ получаться шлакъ съ значительнымъ содержаніемъ фосфора». (*Любавинъ*, Техническая химія, т. III, стр. 778). Такіе пріемы 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 [1]).

[1]) См. наши отчеты о вегетаціонныхъ опытахъ за 1907—1910 годы. Подробнѣе о полученіи и составѣ шлаковъ томасовскихъ и мартеновскихъ см. въ статьѣ *Отрыганьева* въ Журналѣ Опытной Агрономіи 1910 г.

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 еще за нѣсколько столѣтій до этого пользовались костью, какъ удобреніемъ. Въ Европѣ въ 1775 году James Hunter (Линкольнширъ) рекомендовалъ удобрять костями; первыя фабрики для переработки кости на удобреніе возникли въ Шотландіи, затѣмъ въ Англіи, при чемъ Англія увеличивая спросъ на кости стали вывозить ихъ со всей Европы. Въ 30-хъ годахъ появилась первая мельница въ Силезіи; послѣ Либиха Германія постепенно перестала вывозить кость въ Англію, мало того, спросъ на кость превысилъ ея наличность и Германія начала ввозить кость изъ Россіи.

Кости состоятъ изъ органическихъ и минеральныхъ веществъ, преимущественно изъ $Ca_3(PO_4)_2$. Вотъ средній составъ костей:

$Ca_3(PO_4)_2$	58—62%
$Mg_3(PO_4)_2$	1— 2 »
$CaCO_3$	6— 7 »
$CaFl_2$	— 2 »
Органич. вещ.	26—30 »
N въ немъ	4— 5 »

Органическая часть состоитъ главнымъ образомъ изъ *жира* и *оссеина* (клей-дающее вещество, съ 18% *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 но 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 топятъ 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 удобренія: усвояемость P_2O_5 костяной золы значительно меньше чѣмъ у необожженной кости; въ лимоннокисломъ амміакѣ, напр., растворялось [1]):

	Въ костяной мукѣ.	Въ костяной золѣ (изъ той же муки).
1)	17,7% P_2O_5	7,2% P_2O_5
2)	18,1 »	8,0 »
3)	17,8 »	6,2 »

Изъ 100 частей P_2O_5 растворялось (при хорошемъ измельченіи) въ случаѣ костяной муки 74—93%, послѣ же озоленія 32—43% [2]). Конечно, въ костяномъ углѣ растворимость не столь низка, какъ въ костяной золѣ, но все же она ниже, чѣмъ необожженой кости.

При другихъ способахъ обработки кости стараются одновременно утилизировать содержащіяся въ ней азотистыя вещества и жиры, для чего кости обрабатываютъ кипящей водой, паромъ подъ давленіемъ, экстрагируютъ соотвѣтствующими 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 роставить понятіе о самыхъ продуктахъ.

Извлеченіе органическихъ веществъ изъ кости (для облегченія размола) достигается лишь отчасти варкой измельченной кости въ открытыхъ котлахъ. При этомъ жиръ всплываетъ наверхъ и можетъ быть использованъ, но нельзя того же сказать относительно клея, такъ какъ при этомъ лишь часть оссеина переходитъ въ растворъ и послѣдній является слишкомъ жидкимъ; это обстоятельство составляетъ существенный недостатокъ способа. Полученная изъ такого матерьяла костяная мука является удобреніемъ отчасти азотистымъ, такъ какъ содержитъ еще 3—4% *N*.

---

[1]) См данныя Gebek'a. Biederm. Centralblatt, 1895, стр, 10.

[2]) Въ одномъ изъ нашихъ опытовъ прокаливанье такъ вліяло на усвояемость фосфата кости:

	Безъ P_2O_5.	Костяная зола.	Костяная мука.
Урожай . . .	1,24	9,26	31,14 гр.

Лишь при обработкѣ паромъ подъ давленіемъ оссеинъ сполна переходитъ въ клей; но только часть этого клея извлекается конденсирующейся 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 *обезклеенная* мука, содержащая уже мало азота, потому часто ниже разцѣниваемая. (Помимо прямого значенія азотистыхъ веществъ 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 смачиванью частицъ водой; будучи же выдѣленъ, жиръ является продуктомъ болѣе цѣннымъ, 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, лишенныя предъидущими обработками части органическаго вещества, дѣйствуютъ сѣрной кислотой для полученія суперфосфата; или кости послѣ предварительной подготовки (извлеченія бензиномъ) обработываютъ 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 $Ca(OH)_2$ и 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_2O_5.
Сырая кость содержитъ. . .	4,5—4,75%	10—15%	15—20%
Кость вареная (не подъ давленіемъ).	3,3—4,3 »	6—8 »	18—22 »
Пареная мука	4 »	4 »	20—24 »
Обезклеенная мука. . . .	0,7—2 »	— »	22—27 »

Энгельгардтъ и Ильенковъ [1]) предложили хозяйственный способъ обработки костей щелочами. При обработкѣ костей (KHO) 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 непроницаемый 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 $Ca(OH)_2$ освобождаетъ KOH. Смѣсь по временамъ смачивается водой и недѣли черезъ 2—3 перекладывается такъ, чтобы лежащія вверху кости легли внизъ; еще черезъ 2—3 недѣли получается мягкая творогообразная масса. На 12 пуд. костей берутъ 2 пуда $Ca(OH)_2$ и 1 пудъ поташу растворенная въ 20 ведрахъ воды (Энгельгардтъ, l. c.).

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 гречишной 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 компостированьемъ, 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 [2]); главные выводы изъ этихъ опытовъ слѣдующіе: количество извести можетъ быть значительно уменьшено (приблизиться къ требуемому

[1]) Изъ химической лабораторіи Земледѣльческаго Института, 1867 г.
[2]) Вѣстникъ С. Х. 1906 г. №№ 28 и 29.

формулой $K_2CO_3 + Ca(OH)_2 = 2\,KOH + CaCO_3$); известь слѣдуетъ брать гашеную (около $^1/_{15}$ 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). Вмѣсто поташа можно брать болѣе дешевую соду, или брать продажный ѣдкій 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 выгоднѣе ли размельчить до конца (до муки) и обойтись безъ обработки щелочью? Вѣдь 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 удобренія. Для примѣра приведемъ нѣкоторыя данныя полученныя Вагнеромъ.

Въ одномъ изъ опытовъ усвоено растеніями:

	Въ 1-й годъ.	За 6 лѣтъ.
Изъ 100 ч. P_2O_5 въ формѣ суперфосфата .	64 ч. P_2O_5	72 P_2O_5
» 100 ч. костяной муки (грубаго размола).	2 » »	13 »
» 100 ч. тонко размолотой костяной муки.	3 » »	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 третій 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 чѣмъ на самомъ дѣлѣ она дѣйствуетъ не лучше, чѣмъ фосфорная кислота фосфорита».

Съ другой стороны указывалась, 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 Kelner обнаружилъ, что углекислая известь понижаетъ дѣйствіе костяной муки, представляющей повидимому въ этомъ отношеніи особенную чувствительность по сравненію съ суперфосфатомъ и томасовымъ шлакомъ.

Кюнъ и Гольдефлейссъ [1]) цѣнятъ фосфорную кислоту костяной муки гораздо выше фосфоритовъ, считая ее относительно хорошо усвояемой иногда приближающійся по дѣйствію къ томасову шлаку. Довольно давній опытъ удобренія этимъ матеріаломъ для нѣкоторыхъ условій какъ бы подтверждаетъ скорѣе послѣднее мнѣніе: въ Англіи костяную муку употребляли еще до появленія минеральной теоріи.

Въ пользу костяной муки говоритъ также хорошая растворимость ея въ растворѣ лимонноаммiачной 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 Agriculturchemie 1896).

	Урожай.	
Безъ удобренія	100 ч. зерна.	При достаточномъ внесеніи азотистыхъ удобреній.
100 kgr. P_2O_5 въ видѣ суперфосфата	145 »	
100 kgr. томасова шлака . .	161 »	
100 » костяной муки (обезклеенной)	164 »	
100 kgr. пареной к. муки. .	158 »	

Опытъ произведенъ былъ съ озимой рожью на песчаной почвѣ. Противъ этого опыта возможно прежде всего то возраженіе, что дозы P_2O_5 были слишкомъ высоки, что всегда ведетъ къ нивеллированью показаній для разныхъ фосфатовъ, кромѣ того, на песчаныхъ почвахъ суперфосфатъ часто не проявляетъ полнаго дѣйствія благодаря побочному отрицательному вліянію своей кислой реакціи, поэтому его

[1]) Holdefleiss: Das Knochenmehl, Berlin 1890.

дѣйствіе могло уступать дѣйствію шлака и кости (вопреки обычнымъ соотношеніямъ).

Эти обстоятельства можно было учесть и въ то время, когда Kühn ставилъ свой опытъ; но позднѣе обнаружилась и еще одна причина повышенныхъ результатовъ для кости въ этомъ опытѣ—это то обстоятельство, что въ качествѣ источника азота Kühn ввелъ сѣрнокислый аммоній, а эта соль, какъ физіологически-кислая, является въ песчаной почвѣ сильнымъ растворителемъ и повышаетъ дѣйствіе труднорастворимыхъ фосфатовъ (наоборотъ, при суперфосфатѣ долженъ получаться пониженный результатъ); въ опытахъ по сравненію фосфатовъ между собой не должны употребляться такіе источники азота, какъ соли аммонія [1]).

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 растеній.

У насъ въ *песчаныхъ культурахъ* со злаковыми оказалось, что костяная мука нерѣдко даетъ эффектъ равный 40—60% отъ дѣйствія суперфосфата, но въ зависимости отъ условій внесенія и даже условій метеорологическихъ наблюдаются иногда значительныя отступленія въ смыслѣ пониженія ея дѣйствія и приближенія къ выводамъ Меркера и Вагнера.

Такъ, въ опытахъ 1899—1902 гг. костяная мука въ случаѣ ржи, пшеницы, ячменя, гороха оказала значительное болѣе эффектное дѣйствіе, чѣмъ фосфоритъ, но меньшее—чѣмъ растворимыя и полурастворимыя соли P_2O_5. Въ случаѣ же гречихи урожай на костяной мукѣ (при двойной дозѣ P_2O_5 иногда приближается 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 [2])	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 двойной дозѣ P_2O_5 [2]). .	49,9 »	46,2	31,0	3,6

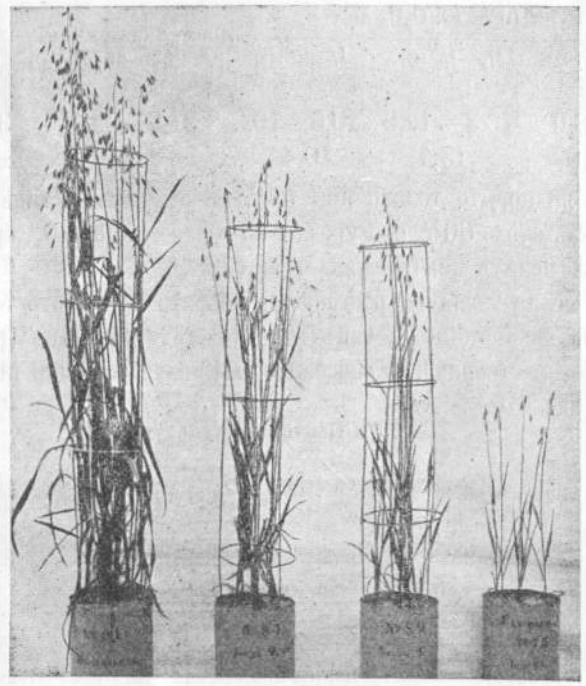
[1]) См. *Prianischnikow*, Zur Frage über den relativen Werth verschiedener Phosphate, Landw. Vers. Stat., Band LXV, стр. 50, (а также см. ниже главу о сравнительной оцѣнкѣ фосфатовъ).

[2]) Эти цифры относятся къ сырой массѣ, остальныя—къ воздушносухой.

Такимъ образомъ, приведенные результаты песчаныхъ культуръ 1899—1902 гг. являются гораздо болѣе благопріятными для костяной муки, нежели опыты съ почвами у Меркера и Вагнера; обычно урожай на костяной мукѣ былъ выше 50% отъ урожая нормальной культуры.

Но такіе результаты не были постоянными; въ нѣкоторые годы результаты для кости дѣйствительно мало отличались отъ полученныхъ для фосфорита; вотъ примѣры изъ опытовъ 1908 г.

Рис. 30. Песчаныя культуры.



	KH_2PO_4	Костяная мука.	Безъ P_2O_5.
	KH_2PO_4	Костяная мука.	Безъ P_2O_5
Просо	24,05	1,30—5,05	0,57
Ленъ	12,74	0,86—1,31	0,60
Клеверъ	13,52	0,33—1,82	—
Яровая рожь . .	11,62	0,85—2,42	0,22
Овесъ	11,0	3,68—4,19	1,77

При изслѣдованіи причинъ неустойчивости показаній для костяной муки въ песчаныхъ культурахъ удалось отмѣтить слѣдующія 1) вліяніе тонкости размола, 2) присутствіе $CaCO_3$, 3) характеръ азоти-

стаго питанія, 4) вліяніе способа поливки сосудовъ, 5) вліяніе объема сосуда, 6) вліяніе времени посѣва метеорологическихъ условій даннаго года.

То обстоятельство, что костяная мука столь легко поддается вліянію какъ факторовъ повышающихъ ея растворимость, такъ и дѣйствующихъ обратно, можетъ объяснять разнорѣчивые результаты, получаемые въ различныхъ мѣстностяхъ при полевыхъ опытахъ съ этимъ удобрительнымъ матерьяломъ [1]).

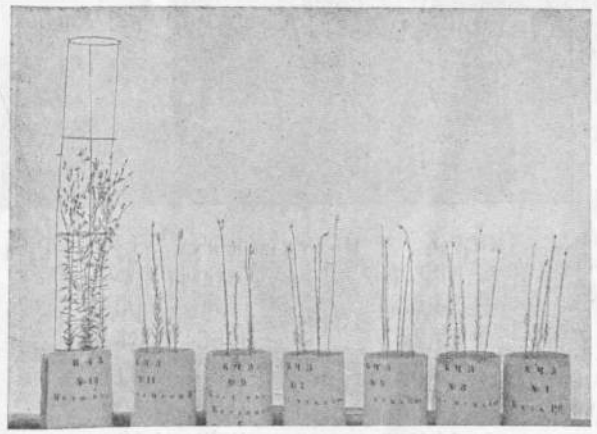
Степень измельченія кости можетъ играть существенную роль, если остальныя условія благопріятны; такъ, въ 1903 году у насъ для ячменя въ песчаныхъ культурахъ результаты были такіе:

Костяная мука (0,25 gr. O_2P_5 на сосудъ).				
Размолъ $^1/_4$ мм.	$^1/_4$—$^1/_2$ мм.	$^1/_2$—1 мм.	Нормальная культура (0,25 gr. P_2O_5).	Безъ фосф. к-ты.
Урожай:				
19,7—18,0	13,3—12,9	10,6—10,3	31,3—32,1	3,5—3,5 гр.
Средн. 18,9	13,1	10,4	31,7	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%).

Однако если условія для растворенія фосфата костей отсутствуютъ, то измельченіе не помогаетъ; такъ въ 1908 году для льна (растенія съ очень слабой растворяющей способностью) получены были такіе результаты см. рис. 31:

Рис. 31. Песчаныя культуры.

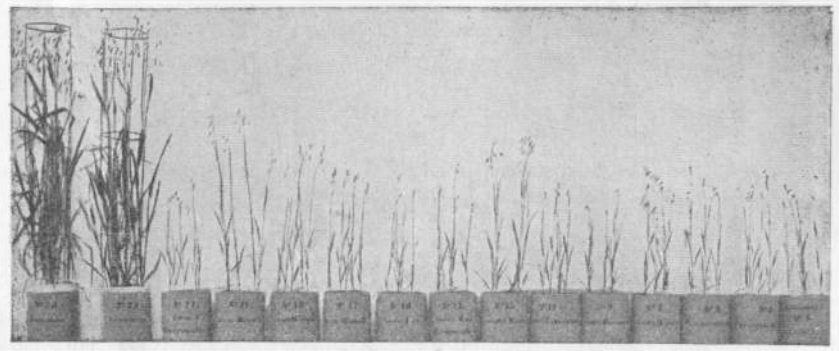


KH_2PO_4.	Костяная мука.					Безъ P_2O_5.
	A.	B.	$^1/_4$	$^1/_2$	1 mm.	
12,7	—	—	0,86	0,88	0,69	0,60 гр. урожая.

[1]) Подробнѣе см. въ VI отчетѣ о вегетаціонныхъ опытахъ.

Тоже наблюдалось для овса въ 1909 году (песчаныя культуры):

Рис. 32.



KH_2PO_4. Томас. шлакъ. Костяная мука разл. подготовки. Фосфориты разл. происхожд. Безъ P_2O_5.

Какъ было упомянуто, низкіе результаты опытовъ Вагнера Kellner объяснилъ тѣмъ, что въ его опытахъ прибавлялся углекислый кальцій или брались почвы съ высокимъ содержаніемъ $CaCO_3$; 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 наблюденій Kellner'a: такъ въ 1903 г. получилось для овса.

Нормальная к.	Костяная мука.				Безъ P_2O_5
	Безъ $CaCo_3$	0,1%	0,3%	1%$CaCO_3$	
19,2	8,3	3,7	3,9	1,7	0,9 gr.

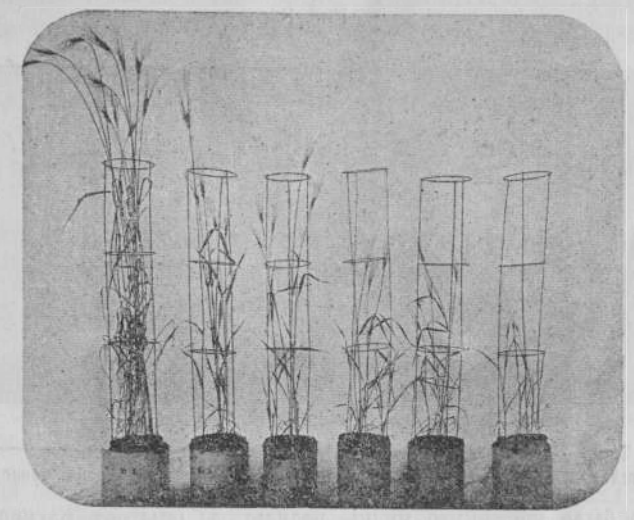
Подобнымъ же образомъ дѣйствуютъ очевидно вообще основанія, такъ при возростающихъ количествахъ $Fe(OH)_3$ получилось такое же понижающее дѣйствіе (см. рис. 33 и 34):

34,7	34,8 [1])	31,9	12,8	8,8	1,7 gr.

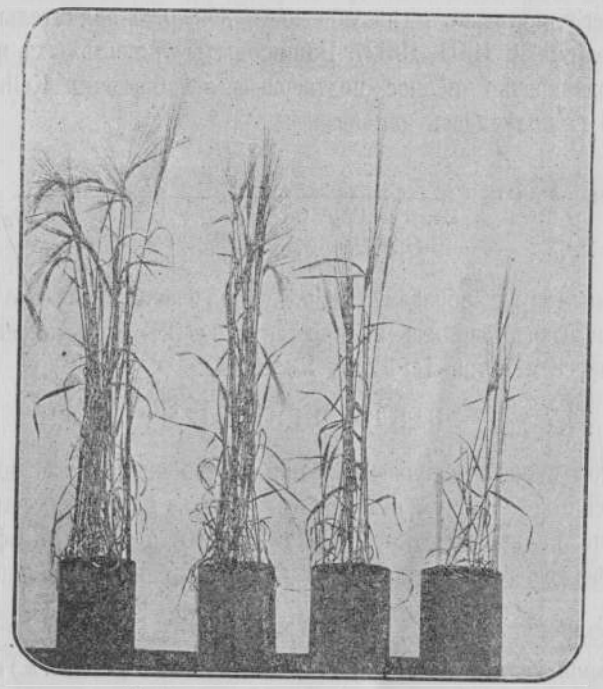
По этой чувствительности къ присутствію избытка основаній кость существенно отличается отъ томасова шлака и суперфосфата, которые выносятъ значительное внесеніе $CaCO_3$ безъ пониженія эффекта (см. подробнѣе объ этомъ ниже, въ главѣ о сравнительной оцѣнкѣ фосфатовъ).

[1]) Высокій урожай на костяной мукѣ (равный нормальн. к.) объясняется увеличенной дозой фосфорной кислоты въ этомъ рядѣ опытовъ (0,42 gr. P_2O_5 на сосудъ).

Рис. 33. Песчаныя культуры.



KH_2PO_4. Костяная мука. Безъ P_2O_5.
$CaCO_3$: 0 0 $^1/_4\%$ $^1/_2\%$ 1% 0



Костяная мука съ добавленіемъ:
Рис. 34. 0 $0{,}1\%$ $0{,}3\%$ $0{,}5\%$ $Fe_2(OH)_6$.

Различное отношеніе къ извести костяной муки съ одной стороны и одно-и двукальціеваго 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 хорошее использованіе кости на почвахъ бѣдныхъ известью [1]).

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 аммоніемъ сильно повышаетъ усвояемость фосфатовъ; наоборотъ селитра какъ соль физіологически щелочная не можетъ способствовать усвояемости фосфата кости (быть можетъ даже нѣсколько ее подавляетъ; см. Söderbaum, Vers. Stat. Bd. и наши замѣчанія на его работу въ томъ же журналѣ, Bd. 65). Примѣръ вліянія азотистаго питанія на дѣйствіе кости, заимствованный изъ нашихъ опытовъ, представленъ на рис. 35.

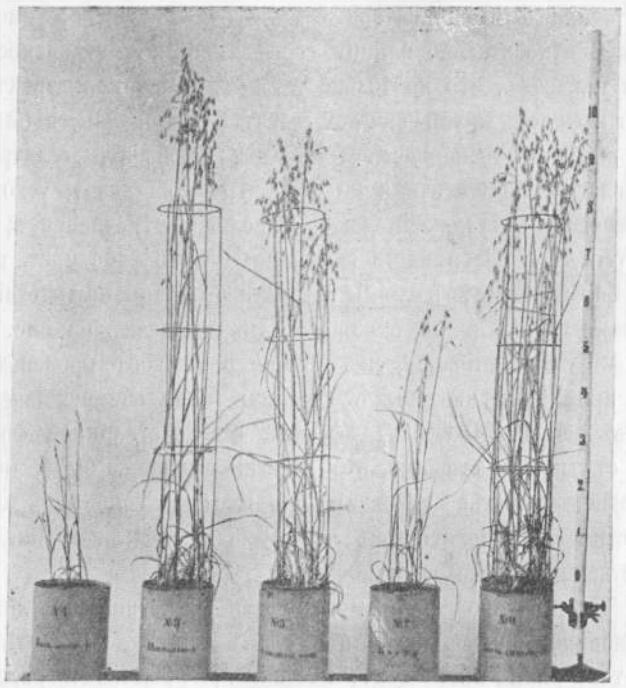
Итакъ, съ одной стороны, имѣется рядъ опытовъ, произведенныхъ разными лицами, въ которыхъ костяная мука обнаруживаетъ дѣйствіе, отвѣчающее $50—60\%$ эффекта отъ растворимой фосфорной кислоты; съ другой стороны, это дѣйствіе можетъ быть понижено присутствіемъ избытка основаній или же повышено подъ вліяніемъ кислотности «физіологической» (нѣкоторыя соли) или кислотности непосредственной (нѣкоторыя почвы).

Далѣе дѣйствіе костяной муки, если она внесена лишь при посѣвѣ, повидимому, зависитъ отъ общей быстроты развитія растеній въ тотъ или иной годъ, именно при быстромъ ростѣ получаются болѣе низкіе коэффиціенты, чѣмъ при ростѣ замедленномъ; такъ у насъ въ 1906 году послѣ того какъ втеченіе 7 лѣтъ въ песчаныхъ культурахъ костяная мука давала коэффиціенты въ $50—60\%$, вдругъ получились урожаи лишь около 25% отъ урожаевъ 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 быстромъ ростѣ костяная мука не могла съ соотвѣтственной быстротой удовлетворять потребность растеній въ фосфорѣ. Аналогичное наблюденіе сдѣлалъ и Söderbaum: у него вмѣсто 80% въ годъ съ ранней весной костяная мука дала лишь 50%; что эти величины выше нашихъ, объясняется тѣмъ,

[1]) Söderbaum кромѣ данныхъ своихъ опытовъ сообщаетъ еще фактъ, что въ округѣ Smaaland (въ Швеціи), съ почвами бѣдными известью, костяная мука находитъ хорошій сбытъ, а въ округѣ Schonen, съ почвами образовавшимися на известковыхъ породахъ, спросъ на нее малъ (Bied. Centr. 1903, 745).

что Söderbaum работалъ съ почвами, а не съ песчаными культурами; въ почвахъ же можно ожидать присутствіе растворителей, дѣйствіе которыхъ присоединяется къ растворяющему дѣйствію корней. Такъ

Рис. 35. Песчаныя культуры.



	Безъ P_2O_5.	KH_4PO_3		Костяная мука.	
Источн. N:	$Ca(NO_3)_2$	$Ca(NO_3)_2$	NH_4NO_3	$Ca(NO_3)_2$	NH_4NO_3
Урожай:	1,67	36,0	23,6	3,3	36,2 грамма.

у насъ въ томъ же 1906 году, столь мало благопріятномъ для кости въ песчаныхъ культурахъ, въ опытахъ почвами результаты были очень хорошіе; именно, песчаная почва изъ лѣсной дачи дала слѣдующіе урожаи въ зависимости отъ удобренія:

	Костяная мука.			
Безъ P_2O_5	0,25	0,50	1 gr. P_2O_5	Растворимая P_2O_5(0,25 gr.)
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 благопріятнымъ результатомъ; такъ въ 1905 г. при введеніи 3-хъ пудовъ P_2O_5 въ видѣ кости и шлака (безъ внесенія другихъ удобреній) на крестьянскихъ земляхъ получены были такіе урожаи:

	Безъ удобреній.	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 выпаханныхъ костяная мука давала урожай 122%, шлакъ въ 129% и суперфосфатъ въ 136% отъ урожая съ неудобренныхъ дѣлянокъ (100) [1].

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 калійнаго удобренія; относительныя цифры):

		Фосфоритъ.	Кость.	Шлакъ.	Растворимая P_2O_5.
Оз. рожь . . .	30	45—64	82	90	100
Оз. пшеница. .	34	43—62	86	89	100 [2]).

Изъ совокупности приведенныхъ данныхъ видно, что коэффиціентъ усвояемости P_2O_5 для костяной муки вообще говоря лежитъ между соотвѣтственными величинами для фосфорита и томасова шлака, но, смотря по условіямъ примѣненія, дѣйствіе кости то приближается къ верхнему предѣлу (томасовъ шлакъ), то къ нижнему (фосфоритъ); дать какую-либо обобщающую характеристику этого удобренія чрезвычайно трудно, но для мѣстныхъ условій (данной почвы, даннаго растенія, даннаго климата) соотвѣтствующій коэффиціентъ долженъ быть установленъ мѣстнымъ опытомъ.

О сравнительной цѣнности фосфатовъ.

Какъ намъ приходилось уже выше отмѣчать, при оцѣнкѣ фосфатовъ путемъ аналитическимъ имѣетъ значеніе кромѣ опредѣленія ра-

[1]) См. Отчеты Шатиловской станціи, вып. II, и статьи В. В. Винера въ Вѣстникѣ С. Х. за 1906 годъ.

[2]) Труды Лабораторіи. Вып. IV. (1905)

створимой въ водѣ P_2O_5 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 ($CaHPO_4$).

Вопросъ о сравнительномъ значеніи одно и двухъкальціеваго фосфата въ свое время (начало 80-хъ годовъ) возбудилъ острую полемику; сторонники равной оцѣнки того и другого фосфата указывали что растворимый фосфатъ въ почвѣ встрѣчая основанія ($CaCO_3$ и др.) все равно дастъ осажденный фосфатъ). Теперь считаютъ, что дѣйствіе *одно и 2-хъ кальціеваго фосфата очень близко,* причемъ нѣкоторыя разницы находятся въ зависимости отъ *свойствъ почвъ.* Въ опытахъ, гдѣ не принималось въ вниманіе вліяніе почвы, мы находимъ колебанія въ пользу то одного, то другого фосфата.

	Урожай.	
	1.	2.
При удобреніи суперфосфатомъ.	120	60
» » преципитатомъ	107	72

Обычно наблюдается, что на нормальныхъ почвахъ суперфосфатъ дѣйствуетъ лучше преципитата, но на кислыхъ болотистыхъ, также песчаныхъ почвахъ имѣетъ мѣсто обратное; почвы кислыя еще увеличиваютъ свою кислотность подъ вліяніемъ суперфосфата: въ нихъ нѣтъ основаній ($CaCO_3$) для нейтрализаціи; на песчаныхъ почвахъ можетъ имѣть мѣсто тоже явленіе (недостатокъ $CaCO_3$), а сверхъ того, обладая ничтожной поглотительной способностью такія почвы не въ состояніи удержать P_2O_5 отъ вымыванія ея дождями; вслѣдствіе этого на такихъ почвахъ суперфосфатъ часто оказывается хуже преципитата.

Приводимъ для иллюстраціи данныя одного опыта въ Германіи:

	Удобрено:	
	Суперфосфатомъ.	Преципитатомъ.
Суглинокъ . . . . . прирость	+ 230	+ 147
Песчаная почва. . . »	+ 36	+ 174

За растворимой фосфорной кислотой должно быть признано то преимущество передъ полурастворимой, что послѣдняя должна быть тщательно смѣшиваема съ почвой механически, ради равномѣрнаго распредѣленія, а первая можетъ циркулировать съ почвенной жидкостью и постепенно осаждаться, встрѣчая углекислую известь, желѣзо и

глиноземъ, слѣд., такъ равномѣрно распредѣляться, какъ того не достигнуть механически. Образованіе въ почвѣ двухъкальціеваго фосфата (и другихъ полурастворимыхъ соединеній) идетъ сравнительно быстро; вотъ примѣръ изъ опыта Шталь-Шредера: 2 грамма суперфосфата было смѣшано съ 8 gr. почвы. содержащей 0,84% $CaCO_3$; изъ 100 частей внесенной фосфорной кислоты осталось растворимой:

Черезъ 24 часа	10 дней	20 дней [1]
63,2%	40,7%	38,4%

Въ полѣ же на единицу вѣса суперфосфата приходится гораздо большее количество почвы, заключающей еще соединенія желѣза и глинозема, поэтому ретроградація должна пойти значительно быстрѣе, такъ что фосфорная кислота въ состояніи будетъ передвинуться въ почвѣ богатой известью лишь на незначительное разстояніе. Но осаждаясь при встрѣчѣ съ $CaCO_3$, фосфорная кислота даетъ преимущественно тотъ же двукальціевый фосфатъ, легко растворимый въ водѣ съ углекислотой [2]) и легко усвояемый. Допущеніе, что одно и двухъкальціевый фосфаты почти равноцѣнны какъ источники P_2O_5 для растеній и что наблюдаемыя различія зависятъ отъ почвенныхъ условій, находитъ себѣ подтвержденіе въ песчаныхъ культурахъ, гдѣ получаются напр. слѣдующіе результаты (наши опыты 1899 г., культуры И. С. Шулова, Н. М. Тулайкова и М. А. Лушникова; см. рис. 36):

Источники фосфорной к.	$Ca(H_2PO_4)_2 + H_2O$.	$CaHPO_4 + 2H_2O$	$Ca_3PO_4 + 2H_2O$.	Трехкальціев. фосфатъ кости.	Фосфоритъ.
Урожай ячменя . . .	30,3	28,5	25,9	—	—
» ржи. . . .	22,4	24,5	23,1	12,5	1,8

Какъ видимъ, двухкальціевый фосфатъ далъ весьма хорошіе результаты (нѣкоторое пониженіе въ опытѣ съ рожью для однокальціева фосфата видимо объясняется его кислой реакціей, которой въ пескѣ нечѣмъ было нейтрализоваться и къ которой смотря по условіямъ увлажненія, можетъ быть больше или меньше чувствительно растеніе.

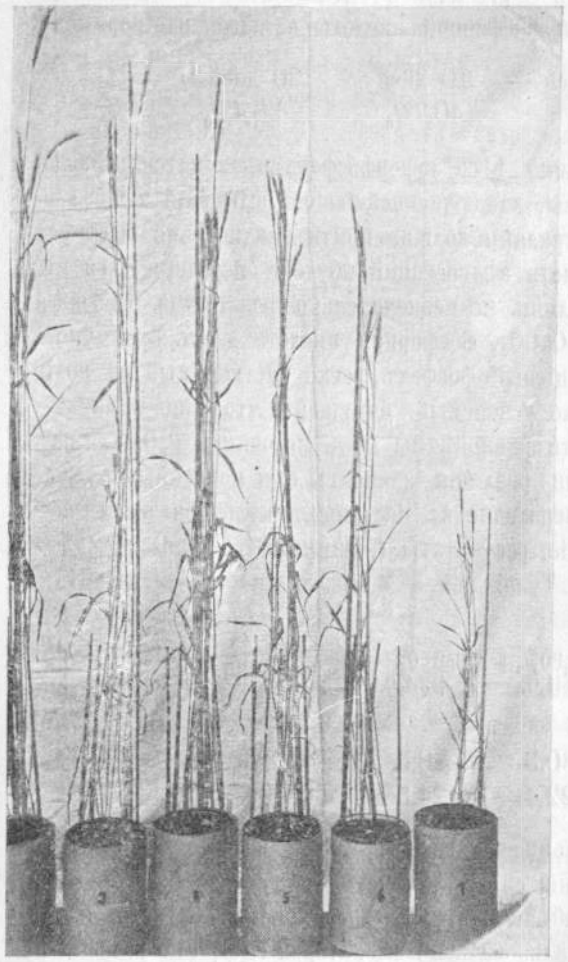
Высказывалось, что несмотря на многочисленность западно-европейскихъ опытовъ и указанные результаты песчаныхъ культуръ, все-таки слѣдуетъ съ извѣстной осторожностью пользоваться этими вы-

[1]) См. объ этихъ и подобныхъ опытахъ Biedermann'a Centralblatt **1893**, 295, **1895**, 803 и **1896**, 581.

[2]) См. Landw. Jahrb. 1880, 783, Albr. и Richard Wagner.

водами напр. для нашихъ черноземныхъ почвъ, такъ какъ нѣкоторые опыты (им. Харитоненко, Харьковской губ.) обнаружили болѣе слабое дѣйствіе на свеклу полурастворимыхъ фосфатовъ по сравненію съ растворимыми; вообще разнаго типа почвы могутъ оказывать то понижающее, то повышающее дѣйствіе на коэффиціентъ использованья фосфатовъ по сравненію съ песчаными культурами (о чемъ еще будемъ говорить ниже, примѣнительно къ вопросу о фосфоритахъ), и вопросъ объ осажденномъ фосфатѣ (и ему подобныхъ удобреніяхъ)требуетъ мѣстныхъ опытовъ для болѣе правильнаго рѣшенія, опять таки и здѣсь можно было бы высказать предположеніе, что нечерноземныя почвы, какъ менѣе богатыя углекислой известью (не говоря уже о почвахъ «кислыхъ») будутъ болѣе благопріятны для двукальціеваго фосфата нежели почвы черноземной полосы; но тотъ фактъ, что не только съ шлакомъ,но и съ костью получены были благопріятные результаты въ нѣсколькихъ пунктахъ черноземной полосы, заставляетъ воздержаться отъ подобныхъ преждевременныхъ обобщеній.

Рис. 36.

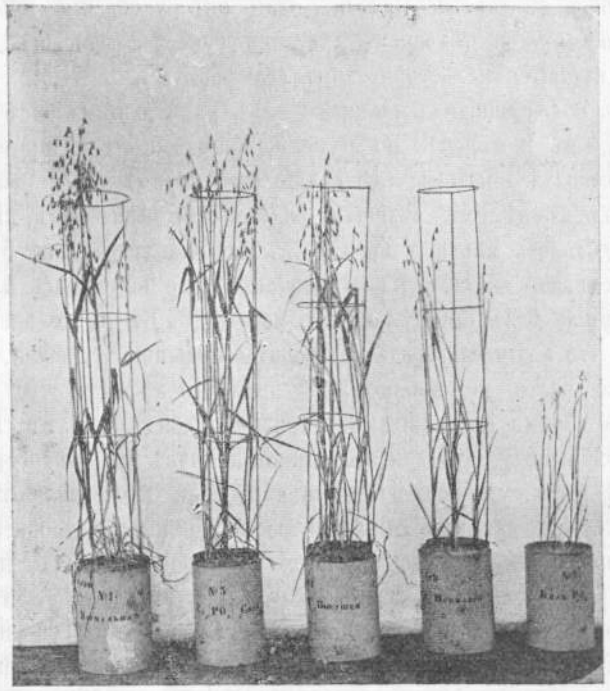


$CaHPO_4$. $Ca_3(PO_4)_2$. $Ca(H_2PO_4)$. Кость. Фосфоритъ.
$+2\ H_2O$. $+2\ H_2O$. $+\ H_2O$.

Что касается 3-хъ кальціеваго фосфата, то дѣйствіе его весьма зависитъ отъ той формы, въ какой онъ вносится для удобренія.

Свѣжеосажденная соль $Ca_3(PO_4)_2\ 2H_2O$ хорошо растворяется въ лимоннокисломъ амміакѣ и отлично усвояется растеніями, какъ видно изъ приведенныхъ выше данныхъ (см. также рис. 37-й); прокаленная же соль или взятая въ видѣ фосфорита въ лимоннокислой соли растворяется слабо, и до послѣдняго времени было спорнымъ вопросомъ, является ли такая форма P_2O_5 доступной непосредственно растеніямъ.

Рис. 37. Песчаныя культуры.



Трехкальціевый фосфатъ.
KH_2PO_4. Свѣжеосажд. Высуш. Прокален. Безъ P_2O_5.

Поэтому лучше не говорить о трехкальціевомъ фосфатѣ вообще, а о тѣхъ отдѣльныхъ матерьялахъ, въ которыхъ встрѣчается та или иная его модификація.

Самой трудно доступной формой является фосфорная кислота въ фосфоритахъ, гдѣ правильнѣе принимать наличность не трехкальціеваго фосфата, а апатита; въ костяхъ заключается трехкальціевый фосфатъ въ формѣ менѣе доступной, чѣмъ въ свѣжеосажденныхъ препаратахъ трехкальціеваго фосфата, но болѣе усвояемой и растворимой чѣмъ фосфоритахъ. Еще выше стоитъ томасовъ шлакъ, въ ко-

торомъ заключаются кромѣ трехъ-кальціеваго еще тетракальціевый фосфатъ (и двойныя соли съ кремнекислымъ кальціемъ). Если расположить фосфаты въ порядкѣ убывающей растворимости и усвояемости, то получимъ такой рядъ: *суперфосфатъ*, *преципитатъ*, *томасовъ шлакъ*, *фосфатъ костей*, *фосфоритъ*.

Однако нельзя установить разъ навсегда, для всѣхъ условій постоянные коэффиціенты дѣйствія разныхъ фосфатовъ, такъ какъ это дѣйствіе зависитъ кромѣ свойства самаго фосфата еще отъ цѣлаго ряда другихъ факторовъ. Правда, одни изъ удобренія проявляютъ больше постоянства въ своемъ дѣйствіи (суперфосфатъ, шлакъ), другіе же отличаются непостоянствомъ (фосфориты).

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 вегетаціонный методъ въ цѣляхъ лучшаго разчлененія факторовъ. Полевыхъ опытовъ дѣлалось много и прежде, въ 1895 году сдѣлана была еще попытка сдѣлать сводъ ихъ результатовъ [1]), 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 ландъ), 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 оподзоленныя почвы способны разлагать фосфоритъ, а черноземъ не способенъ, или недостачное увлажненіе само по себѣ могло понизить дѣйствіе трудно растворимыхъ фосфатовъ на черноземѣ? На эти вопросы удобнѣе и быстрѣе всего могъ отвѣтить вегетаціонный методъ, позволяющій провести опытъ съ разными почвами при одинаковыхъ условіяхъ температуры и влажности, позволяющій далѣе замѣнить почву инертной средой – чистымъ кварцевымъ пескомъ, ради учета роли почвы путемъ ея исключенія.

Для того, чтобы лучше разобраться въ этомъ вопросѣ, слѣдовало

[1]) Труды комиссіи по отдѣлу искусственныхъ удобреній И. М. О. С. Х. 1895 г., редакція Яновскаго.

разчленить 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.

Физіологическія данныя по вопросу объ отношеніи корней растенія къ малорастворимымъ источникамъ минеральной пищи вообще (и P_2O_5 въ частности) довольно скудны. Не касаясь опытовъ Сакса [1]) 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, Dyer нашелъ, что бобовыя имѣютъ болѣе кислый „сокъ“, чѣмъ злаки [2]).

Но все-таки опредѣленія Дайера относятся къ водной вытяжкѣ изъ всей массы корня, а не къ корневымъ выдѣленіямъ собственно вопросъ о наличности органическихъ кислотъ въ послѣднихъ является до сихъ поръ спорнымъ.

Въ 1896 г. появилась работа Чапека, который склоняется къ выводу, что коррозіонныя явленія зависятъ отъ углекислоты, выдѣляемой корнями при дыханіи, органическихъ же кислотъ корни не выдѣляютъ [3]). Къ этому Чапекъ приходитъ главнымъ образомъ на основаніи слѣдующаго опыта: если изъ смѣси гипса и фосфорнокислаго глинозема сформировать пластинку съ гладкой поверхностью и помѣстить ее на пути распространенія корней, то коррозіонныхъ слѣ-

[1]) Опыты эти обнаружили, что если на пути распространенія корней положить полированную мраморную пластинку, то въ мѣстахъ соприкосновенія корни разъѣдаютъ поверхность мрамора и она становится матовой по линіямъ прикосновенія, давая отпечатокъ корневой сѣти (чтобы сдѣлать замѣтной эту сѣть издали въ цѣляхъ демонстративныхъ, достаточно слегка натереть мраморную пластинку порошкомъ графита). Это разъѣданіе (коррозіонныя явленія) обыкновенно приводятся какъ доказательство существованія корневыхъ выдѣленій.

[2]) Biedermann's Centralblatt. 1894. 799.

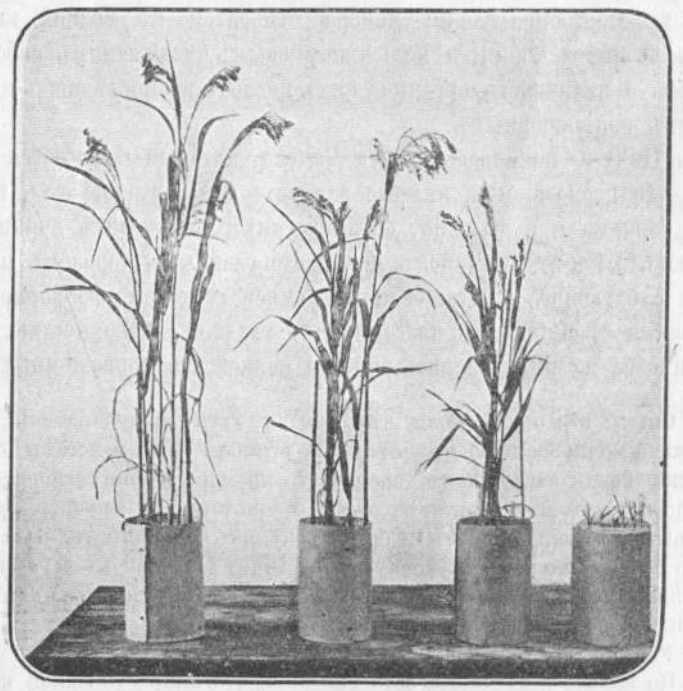
[3]) Но все же и у Чапека есть указанія, что напр., у люпина корневыя выдѣленія имѣютъ болѣе кислую реакцію, чѣмъ у злаковъ.

довъ 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 кислотъ. Но опытъ этотъ не точенъ, потому что гипсъ нѣсколько растворимъ въ водѣ (около 2 : 1000), поэтому гипсовыя пластинки подвергались размывающему дѣйствію 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 водныхъ культурахъ); вотъ полученные нами результаты (песчаныя культуры):

		Высуш. при 100°		При 150°.		Прокаленные.	
Источникъ фосфорной кислоты.	$CaHPO_4$	$AlPO_4$	$FePO_4$	$AlPO_4$	$FePO_4$	$AlPO_4$	$FePO_4$
Урожай овса.	30,2	24,0	23,0	21,3	19,5	17,5	3,0 гр.

Тоже видно на прилагаемыхъ снимкахъ песчаныхъ культуръ съ просомъ (рис. 38 и 39).

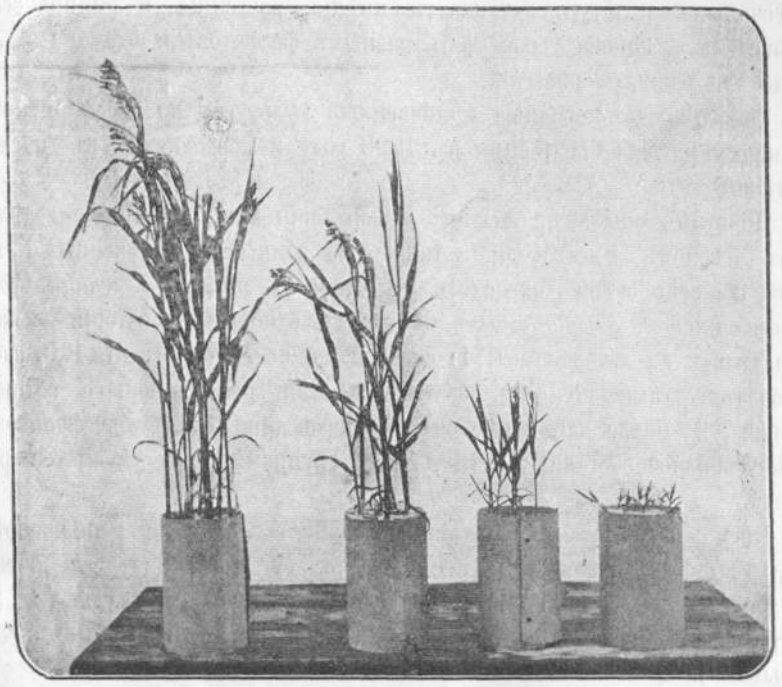
Рис. 38.



$AlPO_4$: Свѣжеосажден. Высушеный. Прокаленный. Безъ P_2O_5.

Такимъ образомъ даже прокаливанье не дѣлаетъ фосфорно-кислаго глинозема недоступнымъ корнямъ, какъ это имѣетъ мѣсто для желѣза, а Чапекъ бралъ непрокаленные фосфаты [1]).

Рис. 39. Песчаныя культуры.



$FePO_4$: Свѣжеосажден. Высушеный. Прокаленный. Безъ P_2O_5.

[1]) См. Jahrbücher für wissensch. Botanik 1896. Кромѣ того оказывается, что фосфаты желѣза и гличозема вовсе не такъ стойки, какъ это полагалъ Чапекъ, они поддаются дѣйствію 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 1 Менделѣевскомъ съѣздѣ, а также V и VI отчетъ о вегетаціонныхъ опытахъ). Въ 1906 году появилась еще одна работа о корневыхъ выдѣленіяхъ, именно Kunze (Jahrbücher für wissenshaftliche 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 „физіологической кислотности“ и даже отъ кислотности вызываемой нитрификаціей, такъ какъ культуры не были стерильны. Въ 1909 году появилась работа Stoclasa (тотъ же журналъ), который пришелъ къ выводу, что при достаточномъ доступѣ воздуха корни выдѣляютъ только CO_2, если же кислорода не хватаетъ, то какъ продукты неполнаго окисленія (или распада углеводовъ) появляются органическія кислоты.

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 мнѣніе растеній» и эмпирически опредѣлять, какова усвояемость разныхъ фосфатовъ и одинакова ли она для разныхъ растеній.

Такого рода песчаныя 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 *разныя 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 хлѣбные 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 [1]):

Источникъ P_2O_5	KH_2PO_4	Смоленскій	Костромской	Рязанскій	Подольскій фосфоритъ.
Урожай ячменя . . .	38,12 gr.	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 подавленныя въ ростѣ, „предѣльныя“; это проявилось настолько рѣзко и было настолько неожиданно для участниковъ опытовъ, что была наклонность не довѣрять полученнымъ результатомъ [2]) 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 цѣлаго

[1]) „Доступна ли культурнымъ растеніямъ фосфорная кислота фосфоритовъ?“ Д. Н. Прянишникова. 1899-й. См. также „Хозяинъ“ 1897 г.

[2]) См. „Результаты студенческихъ работъ за 1896 годъ“ въ Извѣстіяхъ Института 1897.

ряда растеній; вотъ нѣкоторые примѣры изъ данныхъ второго года опытовъ:

	Удобр. раств. P_2O_5.	Уд. фосфоритомъ.	Урожай на фосфоритѣ въ % отъ урожая на растворимой P_2O_5.
Урожай овса	15,60	1,75—3,35	11—20%
» проса	29,07	0,57	2%
» пшеницы . .	12,20	1,15	9,4%

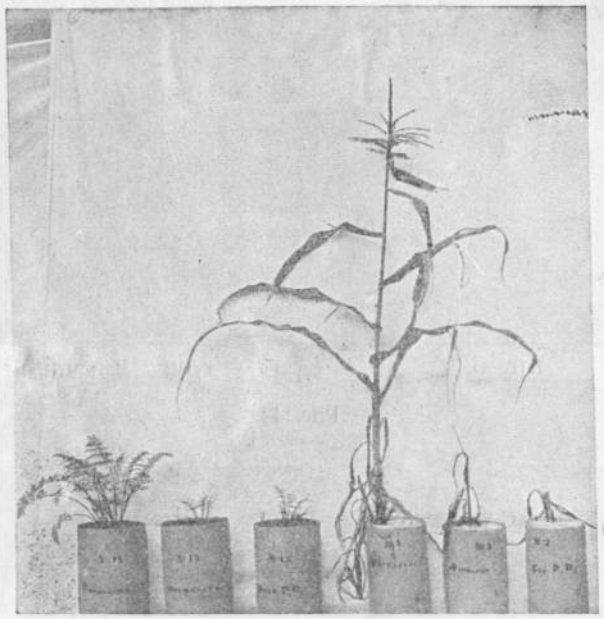
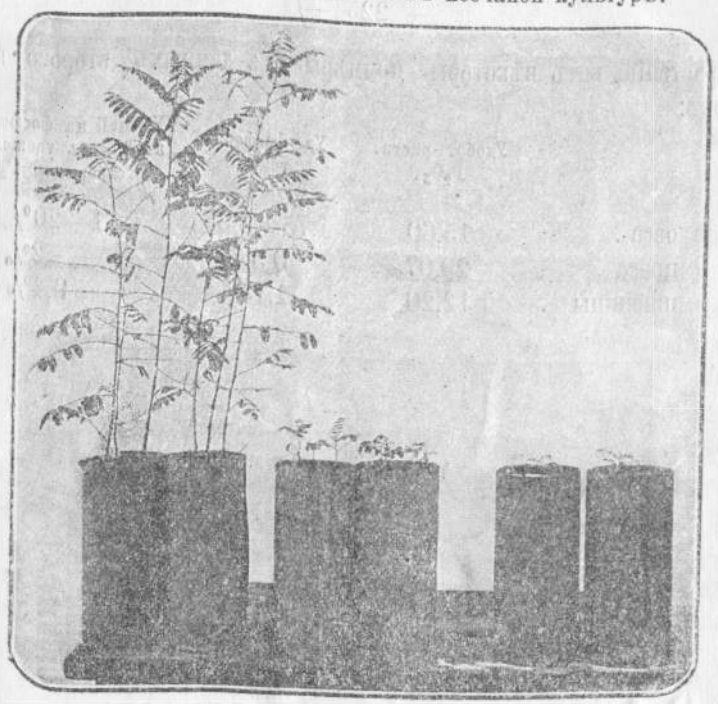


Рис. 40. Морковь. KH_2PO_4. Фосфоритъ. Безъ P_2O_5. Кукуруза. KH_2PO_4. Фосфоритъ. Безъ P_2O_5.

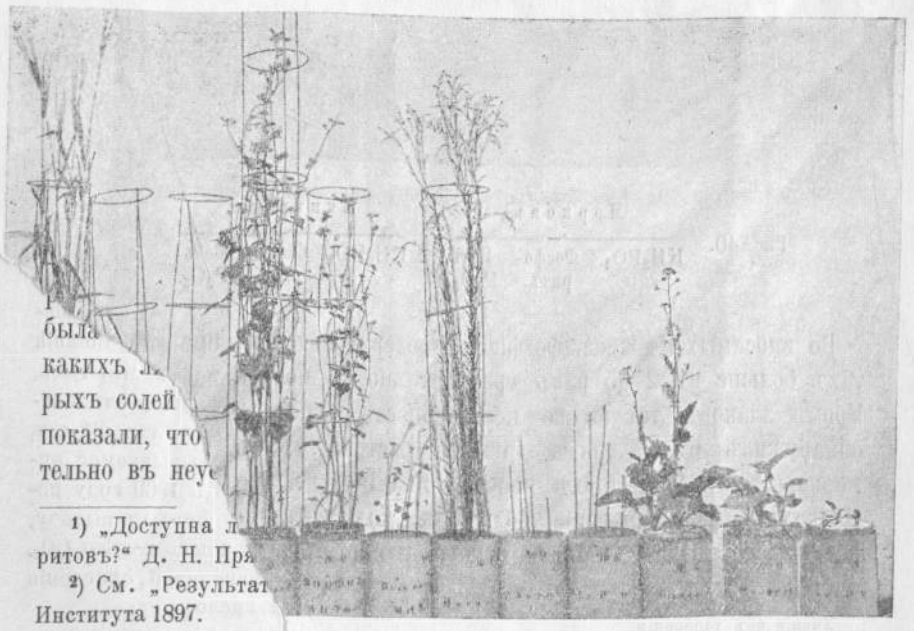
Во вносимыхъ дозахъ фосфорита содержалось P_2O_5 при этихъ [illegible]ремя [illegible]см. ниже тахъ больше въ 2—5 разъ сравнительно съ нормальной [illegible]. Кромѣ злаковъ такую же неспособность использовать [illegible]нныхъ показ- обнаружилъ цѣлый рядъ другихъ растеній, какъ [illegible]зываются не морковь, изъ древесныхъ породъ—акація (см. рис., [illegible]орной кислоты Насколько мало значеніе бо́льшихъ количествъ [illegible]сфориты замѣтно изъ такого позднѣе произведеннаго у насъ опыт[illegible]кого вещ[illegible]моленскому, туры):

Рис. 41. Robinia pseudoacacia въ песчаной культурѣ.



KH_2PO_4. Фосфоритъ. Безъ P_2O_5.

Рис. 42.



Фосфо- ритъ. Безъ P_2O_5. KH_2PO_4. Речиха. Фосфо- ритъ. Безъ P_2O_5. KH_2PO_4. Ленъ. Фосфо- ритъ. Безъ P_2O_5. Рапсъ.

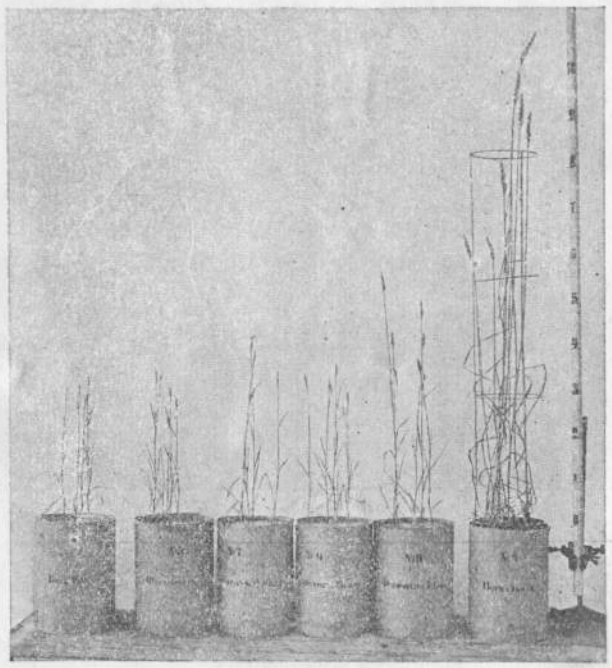
была
какихъ
рыхъ солей
показали, что
тельно въ неу

1) „Доступна л
ритовъ?“ Д. Н. Пря

2) См. „Результат
Института 1897.

Урожай:	Безъ фосфорной кислоты.	(Фосфоритъ (смоленскій). Въ двойн. количествѣ.	Четверномъ.	Шестерн.	Восьмерн.	Десятерн. колич.	$CaHPO_4$
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

Рис. 43. Пшеница въ песчаной культурѣ.



Безъ P_2O_5. Фосфоритъ. Нормальная k.

Отношеніе количествъ P_2O_5: 0 2 4 8 10 1

время

Количествомъ фосфорита такимъ образомъ нельзя возмѣ см. ниже малой растворимости; даже десятерная доза (по сравнени не помогаетъ, разъ нѣтъ на лицо достаточно активн нныхъ показателя (см. рис. 43-й).

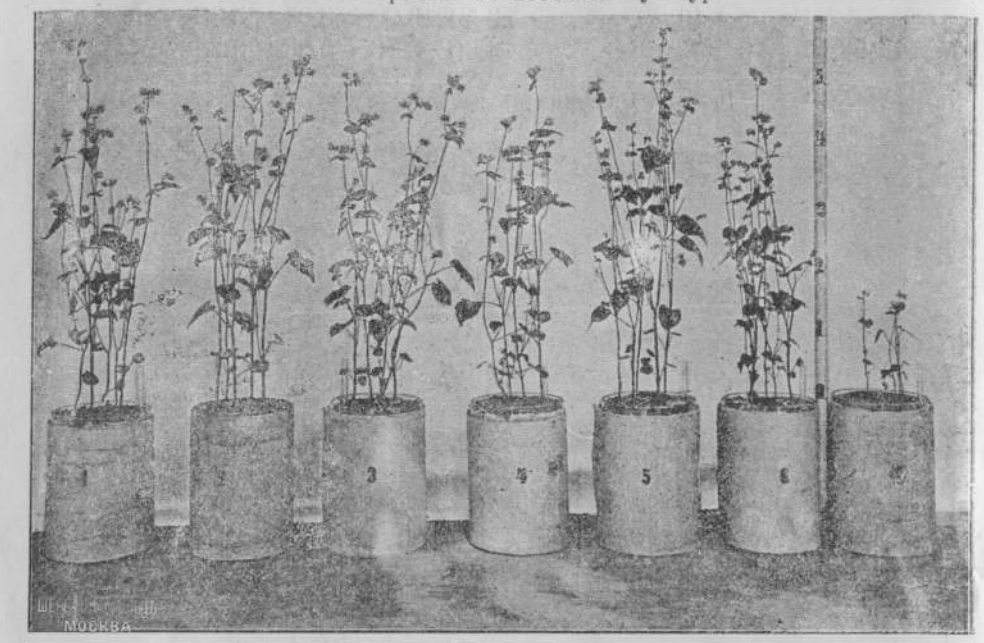
азываются не

Другое отношеніе къ фосфориту люпина, гречихи, от рной кислоты Въ нашихъ опытахъ 1897 г. при культурѣ на фосфориты замѣтно

просо образовало . . . . . 0, 58 gr. сухого вещ моленскому,
горчица же около. . . . . 6 » »
люпинъ. . . . . 9 » » кн. IV.
горохъ . . . . . 12 » » »

Въ слѣдующихъ опытахъ люпинъ давалъ 16—25 гр. и гречиха (см. рис. 44-й) 9—18 гр., пшеница же, овесъ и ячмень разъ въ 5 меньше.

Рис. 44. Гречиха въ песчаной культурѣ.



Фосфоритъ. Безъ P_2O_5.

Отношеніе количествъ P_2O_5:

10 8 6 4 2 1 0

Въ 1897 г. данныя относительно малой доступности фосфоритовъ для злаковъ были получены также въ лабораторіи проф. Коссовича (Лѣсной Институтъ), а въ концѣ того же года [1]) появилось сообщ... Schreiber'a (Бельгія), который, дѣлая втеченіе нѣсколькихъ лѣтъ была ... почвѣ (очевидно лишенной кислыхъ свойствъ), пришелъ какихъ л... въ основныхъ чертахъ близкихъ къ вышеприведенрыхъ солей... о, не обнаруживали прироста урожая отъ фосфорита показали, ... лаковыхъ: также ленъ, табакъ, замѣтный же приростъ дательно въ ... горохъ, горчица, конопля; въ отдѣльныхъ случаяхъ

[1]) „Дос... ыя несовпаденія въ распредѣленіи растеній по группамъ, ритовъ?“ ...я во вниманіе различіе въ постановкѣ опытовъ и слож-

[2]) См. ...

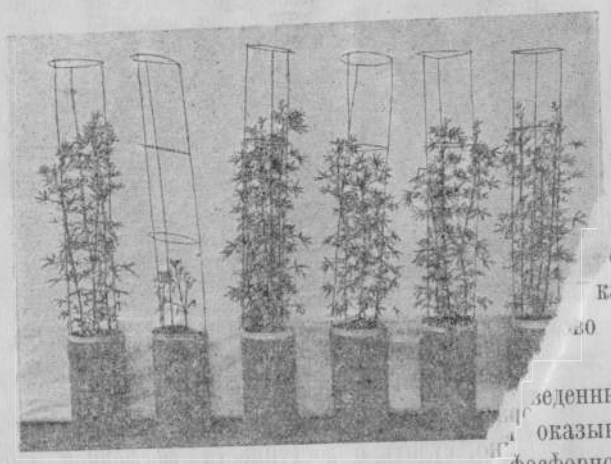
Институ... rmanns'Centraiblatt 1897, Heft 12.

Рис. 45. Люпинъ въ песчаной культурѣ.

Фосфориты:

KH_2PO_4. Безъ P_2O_5. Казанскій. Смоленск. Рязанскій. Подольск.

Рис. 46. Люпинъ въ песчаной культурѣ.



Фосфори... фосфорит-

... какъ время

...во (см. ниже

...веденныхъ пока-

... оказываются не

... фосфорной кислоты

фосфориты замѣтно

Костро...нскому, смоленскому,

(различны...

KH_2PO_4. Безъ P_2O_5. Казанскій.

...итута“. 1899, кн. IV.

ную зависимость урожаевъ отъ цѣлаго ряда факторовъ, иного трудно было бы и ожидать.

Въ упомянутыхъ опытахъ проф. Коссовича (въ лабораторіи М. З. и Г. И.) надъ овсомъ и горохомъ получены такія данныя [1]) (песчаныя культуры):

	Удобр. раств. P_2O_5.	Удобр. фосфорит.	Урожай на фосфоритѣ въ % урожая на раств. P_2O_5.
Урожай овса . . .	42,0 gr.	4,0—10,1 gr.	9,5—24,0%
» гороха . .	57,0 »	29,7—30,0 »	52,1—52,0 »

Рис. 47. Горчица (бѣлая) въ песчаной культурѣ.

Зола (выщелоч.) | Томасовъ шлакъ. | Костяная мука. | Фосфоритъ. | Безъ P_2O_5.

Въ 18
для злак
Лѣсной И
Schrei
была по
какихъ л
рыхъ солей
показали, о, гораздо лучше овса развивался на фосфоритѣ.
тельно въ лаковно, судить о доступности фосфорной кислоты не
горох а по дѣйствительному опредѣленію усвоенной

[1]) „Досрыя несо
ритовъ?“ я во вним
[2]) См. № 50, II-й Отчетъ СПБ. Лабораторіи М. З. и Жур-
Институ rmanns'Centr міи 1900, 1901 и 1902 гг.

растеніемъ P_2O_5; въ статьѣ П. С. Коссовича находимъ такія 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 »

При нашихъ опытахъ 1899 г. обнаружилось, что гречиха на фосфоритѣ 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 усвоять P_2O_5 фосфоритовъ по одной принадлежности его къ извѣстному семейству, напр., бобовыхъ или злаковыхъ. Такъ, изъ бобовыхъ клеверъ плохо развивался на пескѣ при удобреніи фосфоритомъ (данныя Петерб. лабораторіи), а изъ злаковыхъ—могаръ—*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. 48) [1]):

Безъ P_2O_5.	Фосфоритъ.	KH_2PO_4.
3,5	5,9	97 гр.

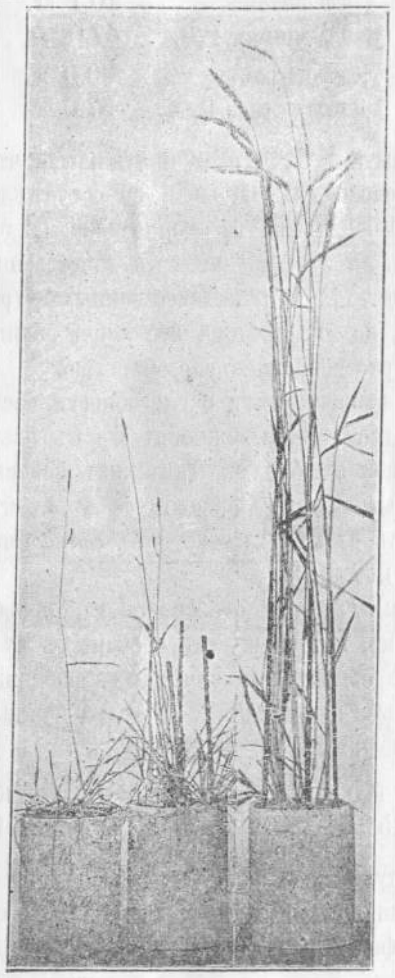
Отсюда не слѣдуетъ заключать, что шансы на успѣхъ фосфоритнаго удобренія одинаковы для озимыхъ и яровыхъ, такъ какъ время соприкосновенія фосфорита съ почвой здѣсь неодинаково (см. ниже о вліяніи *почвы*).

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,

[1]) См. „Извѣстія Моск. Сельско-Хозяйств. Института“. 1899, кн. IV.

курскому и костромскому; это видно изъ слѣд. цифръ, полученныхъ методомъ песчаныхъ культуръ.

Рис. 48. Озимая рожь въ песчаныхъ культурахъ.



Безъ P_2O_5. Фосфоритъ. KH_2PO_4.

		Относительная высота урожаевъ:				
	Растворимая P_2O_5.	Рязан.	Смол.	Костр.	Вятск.	Подольск.
Овесъ (наши культуры).	100	21,5	17,1	13,0	—	12,2%
Овесъ (лабор. мин. зем).	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 »

Но 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 дѣйствію 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. Н. Энгельгардта въ Россіи, Rieffel'я и др. во Франціи и другихъ странахъ.

Вегетаціонные опыты (при которыхъ полнѣе исключается дѣйствіе перемѣнныхъ 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).

Почвы:	Урожай зерна. Безъ удобренія.	Съ фосфоритомъ.	Общій вѣсъ надземн. орган. Безъ удобренія.	Съ фосфоритомъ.	Повышеніе урожая въ %
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	+272 »

Такимъ образомъ фосфоритъ далъ сильное повышеніе на подзолистыхъ, не культурныхъ почвахъ; черноземъ же совершенно не реагировалъ на это удобреніе. Такъ какъ яровая рожь не могла сама по себѣ пользоваться фосфорной кислотой фосфорита (на основаніи ранѣе изложеннаго), то очевидно подзолистыя *почвы* подготовляли 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 не вслѣдствіе климатическихъ причинъ, а вслѣдствіе иныхъ свойствъ почвы. Выводъ этотъ подтверждается и послѣдующими опытами (1897 и 1898 гг.).

Въ 1897 году провѣрено было дѣйствіе фосфоритнаго удобренія на подзолѣ № 1-й; результаты были таковы (для яровой ржи):

Удобреніе	Безъ P_2O_5 1 gr. KNO_3.	1 gr. KNO_3 и 0,54 gr. P_2O_5 въ видѣ фосфорита. Рязанск.	Куломзинск.	Рославльск.	Подольск.
Урожай надземныхъ частей въ %	100%	300%	235%	234%	163%

Въ другомъ опытѣ съ той же почвой сравнивались различные фосфаты:

Удобреніе.	Безъ P_2O_5	1 gr. KNO_3+0,27 gr. P_2O_5 въ видѣ:			
	1 gr. KNO_3.	Суперфосф.	Фосфорита.	Кост. муки.	NaH_2PO_4
Урожаи 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, полученныхъ отъ болѣе цѣнныхъ фосфатовъ. Отмѣтимъ, что даже подольскій фосфоритъ поддался 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 удобренія, но и въ томъ, что онъ испытывался на южныхъ, а не сѣверныхъ, подзолистыхъ почвахъ).

Результаты, подобные дѣйствію подзола на фосфоритъ, получены и для болотно-суглинистой почвы XII поля фермы М. С. И.

	Безъ удобр.	Фосфоритъ.	Фосфоритъ и селитра.	Суперфосфатъ и селитра.
Урожай надземныхъ органовъ (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 улучшенія подъ вліяніемъ обработки и навознаго удобренія 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 и подобныхъ растеній фосфоритное удобреніе будетъ полезно и на такихъ почвахъ; но

при условіи, что мы имѣемъ дѣло не только съ малымъ «плодородіемъ», но и съ малымъ «богатствомъ» почвы по фосфорной кислотѣ [1]),

[1]) Здѣсь является вопросомъ, будетъ ли гречиха благодаря усвояющей способности чаще реагировать на фосфоритъ чѣмъ хлѣба при полевой культурѣ или именно большая усвояющая способность корней позволитъ ей черпать P_2O_5 изъ такихъ соединеній почвы, которыя хлѣбомъ недоступны и сдѣлаетъ ее нечувствительной къ внесеніи фосфорной кислоты въ любой формѣ? Очевидно это зависитъ отъ того какъ фосфорная кислота той или иной почвы распредѣлится по разнымъ категоріямъ соединеній: эти соединенія могутъ быть или 1) одинаково недоступны ни гречихѣ, ни хлѣбамъ (органическій P?) 2) доступны гречихѣ, но недоступны хлѣбамъ (апатитъ и подобные ему фосфаты), 3) доступны всѣмъ растеніямъ (растворимые и „полурастворимые“ фосфаты). Если почва (лишенная кислыхъ свойствъ) содержитъ соединенія 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 соединеніяхъ 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 нуждаться во внесеніи фосфорнокислыхъ удобреній 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. к.
$9_{,9}$ гр.	$18_{,9}$ гр.	$45_{,0}$ гр.

Слѣдовательно, на одной и той же почвѣ разныя растенія показываютъ различное отношеніе къ фосфатамъ (азотистой пищей были обезпечены въ этомъ опытѣ всѣ растенія).

Нужно еще замѣтить, что способность растеній пользоваться съ одной стороны фосфорной кислотой фосфоритовъ, а съ другой стороны трудно-доступными соединеніями почвы не всегда совпадаетъ; такъ, горчица, хорошо справляющаяся съ фосфоритомъ, по отношенію къ почвѣ является мало-энергичной (см. *И. С. Коссовичъ*, Растеніе, почва и фосфориты, Журн. Оп. Агрономіи, 1910).

иначе эти растенія будутъ черпать изъ трудно растворимаго запаас («богатства» почвы) и не будутъ реагировать на фосфаты, такъ въ опытахъ П. С. Коссовича и К. К. Гедройца замѣчены 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 коэффиціенты для использованья фосфорной кислоты того или иного фосфата: изъ вышеизложеннаго ясно, что такіе коэффиціенты 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. использованья равенъ 25%); можно устанавливать эти нормы лишь оговоривши наперед, какія почвы и какія группы растеній имѣются въ виду. Можно, напр., выдѣлить растенія съ слабой усвояющей способностью корней и почвы, лишенныя кислыхъ свойствъ, или наоборотъ; въ болѣе тѣсныхъ предѣлахъ возможно получить уже довольно постоянные коэфиціенты.

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 коэффиціентомъ, въ виду того, что использованье 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 урожаевъ, 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 ординатъ въ разныхъ случаяхъ нужны еще дальнѣйшіе опыты; примѣрными могутъ служить слѣдующія величины для относительныхъ урожаевъ:

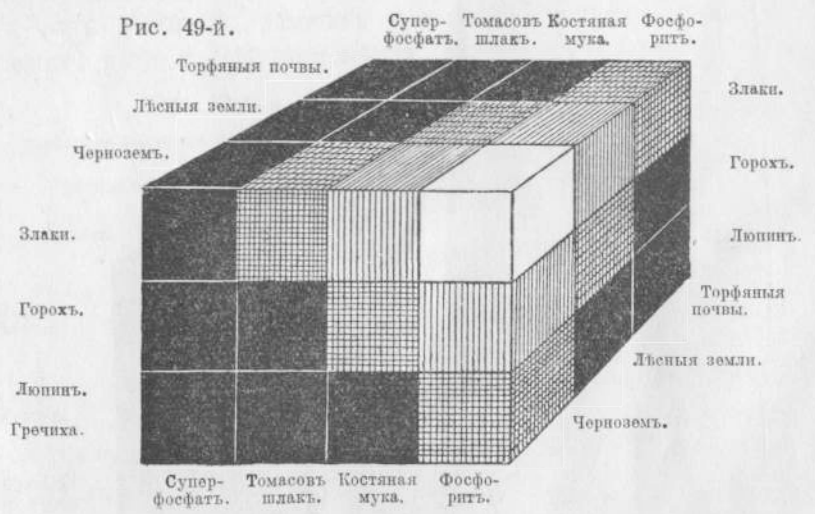
		Безъ P_2O_5.	Фосфоритъ. Подольск.	Фосфоритъ. Смоленскій.	Костяная мука.	Томасовъ шлакъ.	Суперфосфатъ.
			Въ процентахъ.				
Хлѣба . .	5%		5—10	5—20	40	60—70	100
Горохъ . .	5%		—	40	60	80	100
Гречиха .	5%		30	60	90	100	100

Эта схема будетъ вѣрна для песчаныхъ культуръ и для тѣхъ почвъ, которыя являются 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 выравниванью 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 го-

Поправка къ стр. 237.

На рис. 49 подписи съ правой и лѣвой стороны размѣщены неправильно (въ обратномъ порядкѣ); слѣдуетъ исправить согласно слѣдующему:

Рис. 49-й.



иначе эти растенія будутъ черпать изъ трудно растворимаго запаас («богатства» почвы) и не будутъ реагировать на фосфаты, такъ въ опытахъ П. С. Коссовича и К. К. Гедройца замѣчены 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 »

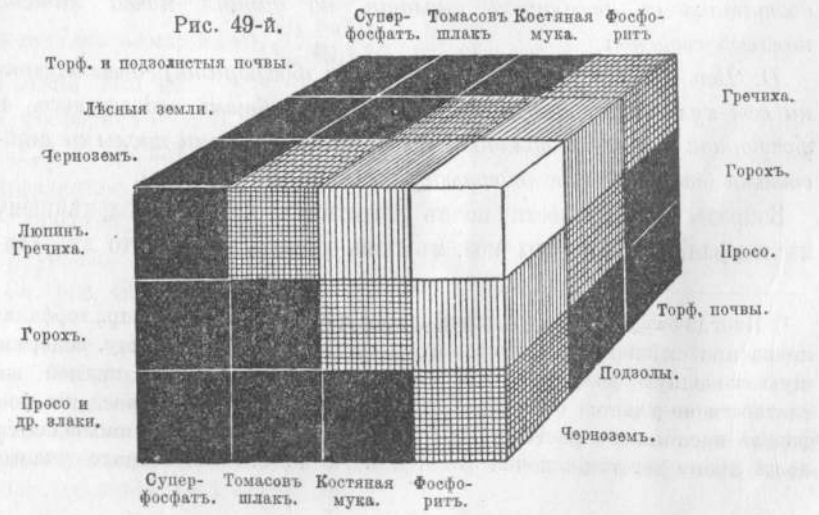
(См. IV выпускъ «Трудовъ с. х. лабораторіи», СПБ. 1905).

Въ сельскохозяйственной литературѣ неоднократно встрѣчаются попытки установить коэффиціенты для использованья фосфорной кислоты того или иного фосфата: изъ вышеизложеннаго ясно, что такіе коэффиціенты не могутъ быть постоянными, они мѣняются въ зависимости отъ рода почвы и рода растенія; нельзя, напр., вообще утверждать, что фосфорная кислота такого-то фосфорита въ 4 раза хуже, чѣмъ P_2O_5

	Безъ P_2O_5.	Фосфоритъ. Подольск.	Фосфоритъ. Смоленскій.	Костяная мука.	Томасовъ шлакъ.	Супер-фосфатъ.
		Въ процентахъ.				
Хлѣба . .	5%	5—10	5—20	40	60—70	100
Горохъ . .	5%	—	40	60	80	100
Гречиха .	5%	30	60	90	100	100

Эта схема будетъ вѣрна для песчаныхъ культуръ и для тѣхъ почвъ, которыя являются 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 выравниванью 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 — растенія, въ порядкѣ по энергіи усвоенія ими P_2O_5 изъ малорастворимыхъ источниковъ, на третьей, перпендикулярной къ плоскости двухъ первыхъ — почвы, тоже въ извѣстной послѣдовательности, по способности растворяющимъ образомъ дѣйствовать на фосфаты; если такимъ образомъ построить модель, сложенную изъ кубиковъ и придать имъ окраску по интенсивности отвѣчающую дѣйствію 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. 49-й.)

Рис. 49-й.



Но и такая схема не охватываетъ еще затрагиваемыхъ явленій сполна; 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 соединеній, 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 растеніе мы возьмемъ для опыта; основными, на нашъ взглядъ, являются слѣдующіе четыре случая:

A. Никакія фосфорнокислыя удобренія не дѣйствуютъ ни на какія культуры; очевидно, это имѣетъ мѣсто въ томъ случаѣ, когда почва богата фосфорной кислотой въ удобоусвояемой формѣ.

B. Растворимая фосфорная кислота удобреній дѣйствуетъ на хлѣба, но не дѣйствуетъ на гречиху и люпинъ; это значитъ, что въ почвѣ 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 почвѣ находятъ готовый запасъ аналогичныхъ малорастворимыхъ соединеній, и не нуждаются въ удобреніи).

C. Растворимая фосфорная кислота удобреній дѣйствуетъ на всѣ растенія, а фосфоритъ только на гречиху, люпинъ и подобныя культуры; это указываетъ, что въ почвѣ есть общій недостатокъ въ фосфорной кислотѣ, но данная почва лишена кислыхъ свойствъ.

D. Всѣ фосфаты (въ томъ числѣ и фосфоритъ) дѣйствуютъ на всѣ культуры; очевидно, почва, при общемъ недостаткѣ въ фосфорной кислотѣ, обладаетъ ясно выраженными кислыми свойствами (вѣрнѣе—способностью разлагать фосфоритъ).

Вопросъ о кислотности почвъ надлежитъ конечно дальнѣйшему изслѣдованію [1]); пока мы можемъ лишь указать на то, что эта «кислотность» видимо можетъ быть иногда повышена внесеніемъ другихъ (сопутствующимъ фосфатамъ) удобреній въ формѣ физіологически-кислыхъ солей; по крайней мѣрѣ наши опыты 1900 года для песчаныхъ культуръ съ ясностью показали, что введеніе солей амміака въ качествѣ источника азота существенно измѣняетъ условія использованія 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 использованья растеніемъ, будетъ или это использованье 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 наличностью другихъ соединеній, нейтрализующихъ кислоты (чаще всего $CaCO_3$).

Насколько рѣзко дѣйствіе солей аммонія въ качествѣ растворителя, видно изъ слѣдующаго опыта; если, взявши въ качествѣ источника P_2O_5 фосфоритъ постепенно во взятомъ рядѣ сосудовъ измѣнять источникъ азота, переходя отъ селитры (или $CaNO_3$) и смѣси селитры и амміака и къ числу сѣрнокислому амміаку, то вмѣстѣ съ введеніемъ солей аммонія (по мѣрѣ развитія растеній) повышается кислотность среды отъ причинъ физіологическихъ (накопленіе избыточной сѣрной кислоты) и фосфоритъ подвергается растворенію, какъ бы на мѣстѣ потребленія превращаясь въ суперфосфатъ; вотъ относящіеся къ этому опыту цифры (культуры Н. М. Тулайкова и М. А. Лушникова).

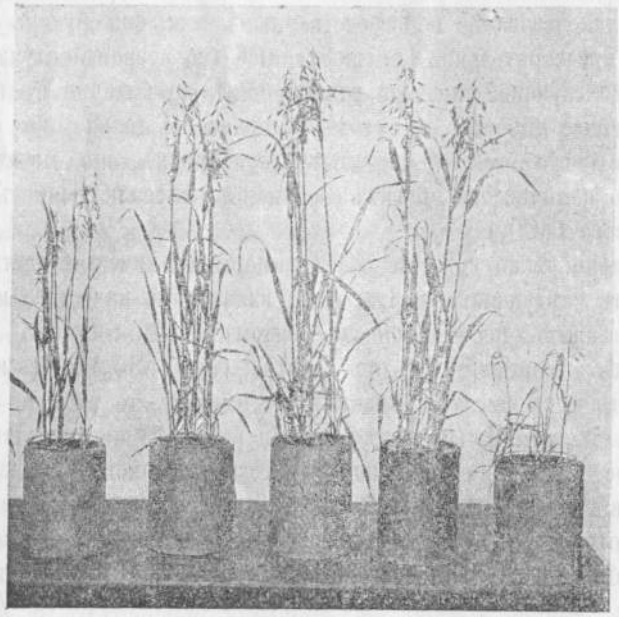
Источникъ азота:	$NaNO_3$	$^3/_4$ $NaNO_3$ $^1/_4(NH_4)_2SO_4$	$^1/_2$ $NaNO_3$ $^1/_2$ $(NH_4)_2SO_4$	$^1/_4$ $NaNO_3$ $^3/_4(NH_4)_2SO_4$	$(NH_4)_2SO_4$
Урожай овса на фосфоритѣ . .	6,2	22,0	20,5	19,9	1,6 грам.
$\%P_2O_5$ въ урожаѣ.	0,09%	0,30%	0,57%	0,92%	1,46%
Абсолютное количество P_2O_5 въ урожаѣ . .	6,5 mgr.	66,0	116,8	176,6	24,1 mgr.

(См. рис. 50-й).

1) Иногда эта кислотность сказывается непосредственно, напр., торфяная почва при смѣшеніи съ фосфоритомъ даетъ водную вытяжку, содержащую свободную фосфорную кислоту; въ другихъ случаяхъ прямой кислотности не удается обнаружить и непосредственнаго переведенія фосфорной кислоты въ растворъ при лабораторномъ опытѣ не наблюдается, но за время вегетаціи почва (быть можетъ не безъ косвеннаго участія растенія) способна развить растворяющее дѣйствіе на фосфоритъ (подзолы). Въ послѣднее время предлагается терминъ „ненасыщенныя основаніями почвы"—для тѣхъ случаевъ, когда на лакмусъ кислотности не обнаруживается, но способность отнимать основанія изъ солей проявляется (см. *Гедройцъ*. На какихъ почвахъ дѣйствуетъ фосфоритъ. Журналъ Опытной Агрономіи, 1911 г., стр. 529).

Какъ видимъ, растенія голодавшія отъ недостатка фосфорной кислоты при селитрѣ, по мѣрѣ введенія аммонія обильно ее воспринимали; что касается послѣдняго случая, когда введенъ былъ одинъ $(NH_4)_2SO_4$, 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 вегетаціонныхъ опытахъ за 1900 годъ).

Рис. 50-й.



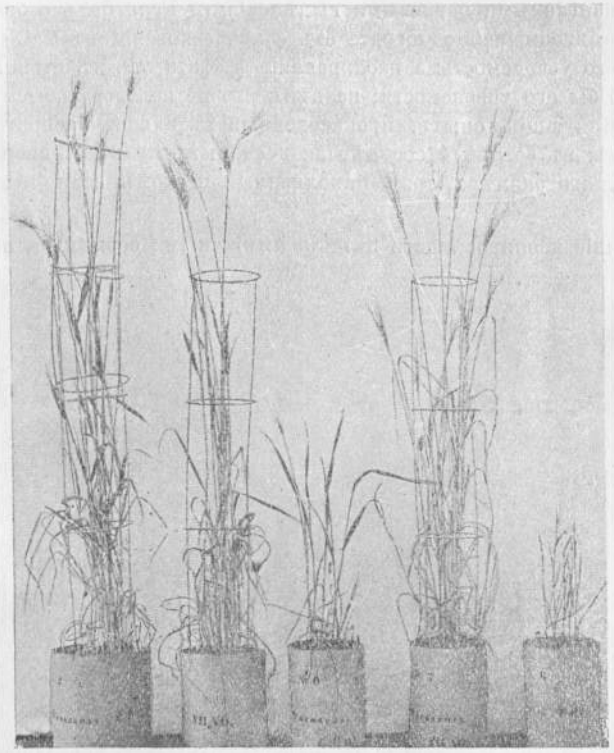
Источникъ P_2O_5:	Ф	О С Ф О Р И Т				Ъ:
Источникъ N:	$NaNO_3$	$^3/_4NaNO_3$ $^1/_4(NH_4)_2SO_4$	$^1/_2NaNO_3$ $^1/_2(NH_4)_2SO_4$	$^1/_4NaNO_3$ $^3/_4(NH_4)_2SO_4$	$(NH_4)_2SO_4$	

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 замѣну селитры сѣрнокислымъ амміакомъ—безразличной. Замѣтимъ, что и азотнокислый аммоній также обладаетъ растворяющей способностью, хотя и смягченной по сравненіи съ сѣрнокислымъ; причина этого отчасти лежитъ въ возможности нитрификаціи, а отчасти, повидимому, и внѣ этого обстоятельства [1]).

[1]) Относительно причинъ растворяющаго дѣйствія NH_4NO_3 на фосфаты нами были высказаны и разобраны слѣдующія возможныя объясне-

Такимъ образомъ, кромѣ свойствъ самаго фосфата, свойствъ почвы

Рис 51. Вліяніе NH_4NO_3 на доступность фосфорита.



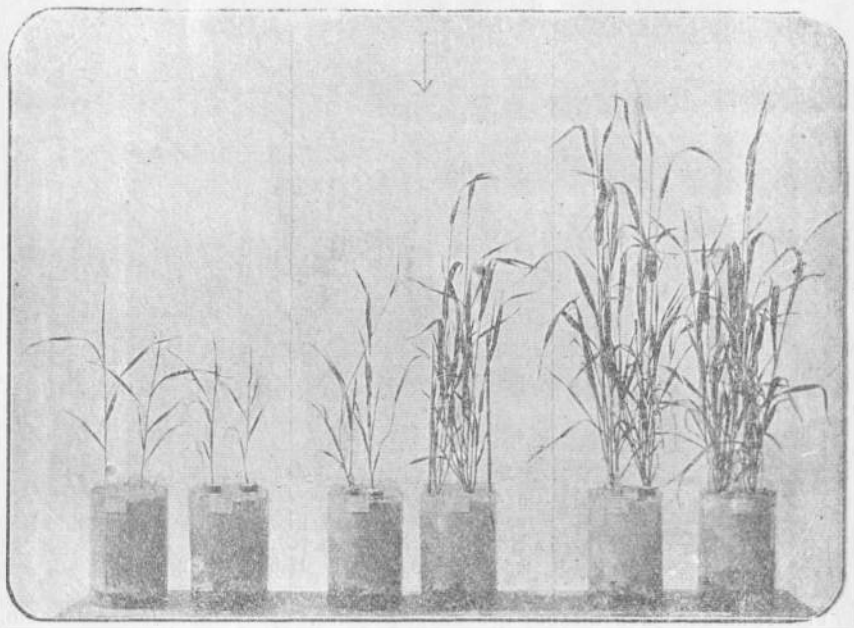
	Нормальная съ $Ca(NO_3)_2$	Нормальная съ NH_4NO_3	Фосфоритъ съ $Ca(NO_3)_2$	Фосфоритъ съ NH_4NO_3	Безъ P_2O_5
Урожай:	22,3	2,55	3,8	18,5	2,3

нія: 1) не зависитъ ли это отъ нитрификаціи, превращающей основаніе этой соли (аммоній) въ кислоту (азотную)? но такое предположеніе опровергается повтореніемъ опытовъ въ условіяхъ стерильныхъ, гдѣ растворяющее дѣйствіе также наблюдается (П. С. Коссовичъ, Mazé, И. С. Шуловъ); 2) не дѣйствуетъ ли NH_4NO_3 на фосфатъ чисто химически, переводя въ растворъ часть фосфорной кислоты безъ участія растенія? Но однако соотвѣтственный опытъ произведенный съ нашей лабораторіи И. С. Шуловымъ показалъ, что при взбалтываніи раствора NH_4NO_3 съ фосфоритомъ переходятъ въ растворъ лишь небольшія количества P_2O_5, совершенно несравнимыя съ тѣми, какія усвояетъ растеніе при содѣйствіи NH_4NO_3; 3) не состоитъ ли различіе NH_4NO_3 отъ $Ca(NO_3)_2$ въ томъ, что послѣдній, будучи физіологически-основной солью, нейтрализуетъ кислыя выдѣленія корней и мѣшаетъ имъ дѣйствовать на фосфоритъ, а NH_4NO_3 какъ

и растенія, мы имѣемъ еще одинъ факторъ, способный значительно

физіологически-нейтральная соль не препятствуетъ растворенію фосфорита предполагаемыми корневыми выдѣленіями? Если бы это было вѣрно, то простое изолированіе фосфата отъ соприкосновенія съ $Ca(NO_3)_2$ повысило бы его усвояемость; а изолированіе фосфата отъ дѣйствія NH_4NO_3 не понижало бы его усвояемости; на дѣлѣ это не подтверждается какъ показалъ слѣдующій опытъ, произведенный въ нашей лабораторіи И. С. Шуловымъ: въ обычный сосудъ для песчаныхъ культуръ вводится другой, меньшаго размѣра, тоже наполняемый пескомъ; если мы введемъ

Рис. 52. Вліяніе изолированнаго питанія амміачными солями на использованіе фосфорита.



Фосфоритъ и азотнокисл. кальцій *отдѣльно въ смѣси* | фосфоритъ и азотнокисл. аммоній *отдѣльно въ смѣси* | двукальц. фосфоритъ и азотнокисл. кальцій *отдѣльно въ смѣси*

во внутренній (малый) сосудъ только фосфоритъ, а въ наружный — всѣ остальныя питательныя вещества и заставимъ растеніе развиваться такъ, что часть его корней будетъ во внутреннемъ сосудовъ, а другая—во внѣшнемъ, то непосредственное вліяніе на фосфоритъ другихъ солей (и остатковъ отъ усвоенія тѣхъ или иныхъ составныхъ частей смѣси растеніемъ) будетъ исключено. Оказалось, что NH_4NO_3 только тогда содѣйствуетъ усвоенію P_2O_5 фосфорита, когда оба вещества находятся въ одномъ и томъ же сосудѣ; устраненіе $Ca(NO_3)_2$ отъ соприкосновенія съ фосфоритомъ не повышало доступности послѣдняго (см. рис. 52). Этимъ опытомъ опровер-

вліять на усвоеніе фосфорной кислоты, именно *сопутствующія удобренія*; если одни изъ нихъ (соли аммонія) повышаютъ эффектъ фосфорнокислыхъ удобреній, 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 $CaCO_3$ для костяной муки, не наблюдалось пониженія для растворимаго фосфата (KH_2PO_4):

	Безъ $CaCO_3$	0.1%	0,3%	0,5%	1%$CaCO_3$
Урожай овса . . .	44,1	43,9	42,8	43,0	40,4 gr

Только очень высокая доза $CaCO_3$ (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 фосфатъ были къ ней гораздо менѣе чувствительны, чѣмъ трехкальціевый фосфатъ и кость. Опыты на эту тему были продолжены у насъ въ 1904—7 гг. и привели къ слѣдующему результату: *малоотзывчивыми къ внесенію извести фосфатами являются одно и двукальціевый фосфатъ (слѣдовательно, суперфосфатъ и преципитатъ). а также томасовъ шлакъ;* наоборотъ, *весьма чув-*

гается третье предположительное объясненіе растворяющаго дѣйствія NH_4NO_3 на фосфоритъ, 4) послѣднее изъ высказанныхъ нами предположеній заключалось въ слѣдующемъ: не является ли NH_4NO_3 въ физіологическомъ отношеніи солью амфотерной, и не можетъ ли растеніе смотря по условіямъ брать то больше основанія, чѣмъ кислоты, то обратно? что при извѣстныхъ условіяхъ растеніе можетъ взять больше азота амміачнаго, чѣмъ нитратнаго, на это имѣются указанія въ опытахъ И. С. Коссовича и Mazé, именно этого возможно ожидать при избыткѣ основаній въ окружающей средѣ. Наличность фосфорита отчасти создаетъ такой избытокъ основанія, въ видѣ извести, которая образуетъ трехкальціевый фосфатъ (точнѣе—ядро, подобное апатиту). Наоборотъ, при условіяхъ избыточной кислотности можно ожидать большого потребленія азотной кислоты, чѣмъ амміака. Если бы эти предположенія оправдались, то оказалось бы что NH_4NO_3 является солью, съ помощью которой растеніе можетъ регулировать реакцію среды, поддерживая ее возможно близко къ нейтральной.

См. Извѣстія Института за 1905 г., а также статью автора „о растворяющемъ воздѣйствіи корневой системы на минеральный субстратъ“ (въ сборникѣ изд. къ 50-ти лѣтнему юбилею И. А. Стебута, 1904 г.), статьи въ Ber. d. d. Botan. Ges. 1905 и Landw. Vers. St. 1906.

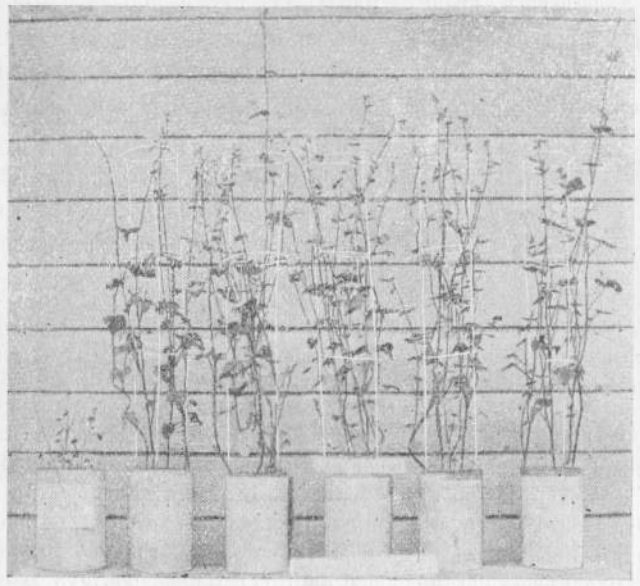
Предположеніе, подобное послѣднему изъ сдѣланныхъ нами, независимо отъ этого (но значительно позднѣе) было высказано Mazé (1911).

ствительны къ присутствію избытка извести трехъ-кальціевый фосфатъ, кость и фосфориты.

		0	1/4 %	1/2 %	3/4 %	1 %	$CaCO_3$	
$Ca(H_2PO_4)_2$	(1905 г.)	20,7	19,5	25,7	25,7	23,2	гр.	(гречиха)
$CaHPO_4$	1904 »	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)
Фосфоритъ	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. также рисунки 53-й, 54-й и 55-й).

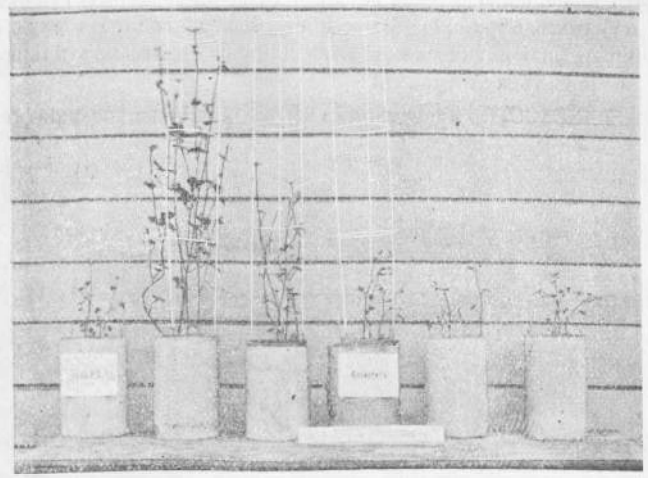
Рис. 53. Гречиха въ песчаныхъ культурахъ.



Безъ P_2O_5 Растворимый (кислый) фосфатъ:
$CaCO_3$: 0 0 0,1% 0,3% 0,5% 1%.

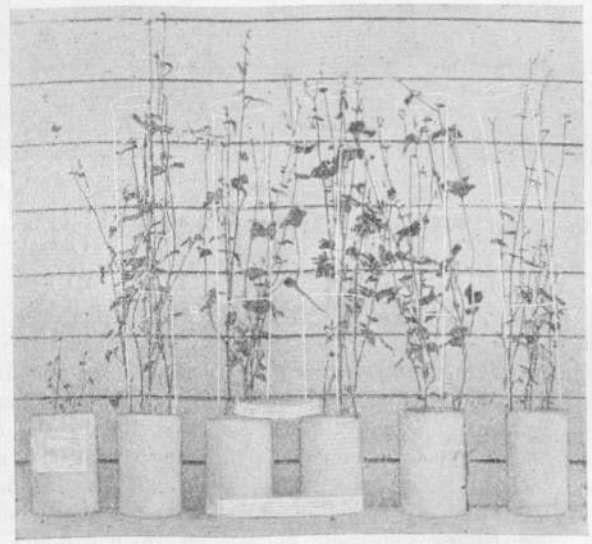
На основаніи этихъ опытовъ нужно бы ожидать, что для почвъ богатыхъ известью, болѣе пригодными удобреніями будутъ суперфосфатъ, преципитатъ и томасовъ шлакъ; это предположеніе конечно требуетъ ближайшей провѣрки напр. для томасова шлака, такъ какъ наши опыты велись лишь въ предѣлахъ до 1% $CaCO_3$; возможно, что предѣлъ вреднаго дѣйствія извести на эти фосфаты хотя и лежитъ гораздо выше, чѣмъ для кости и фосфорита, но все же можетъ быть перейденъ, если не при внесеніи извести какъ удобренія, то въ случаѣ присутствія избытка извести въ самой почвѣ (мѣловыя, известковыя почвы).

Рис. 54. Дѣйствіе $CaCO_3$ на отношеніе гречихи къ фосфориту (опыты И. С. Шулова).



Безъ P_2O_5 Фосфоритъ
$CaCO_3$: 0 0 0,1% 0,3% 0,5% 1%.

Рис. 55. Отношеніе томасова шлака къ $CaCO_3$ (опыты И. С. Шулова).

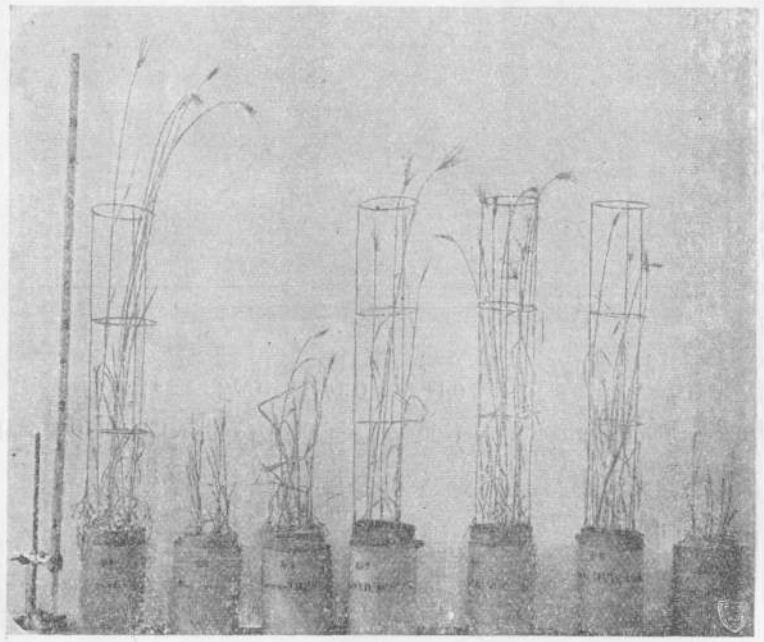


Безъ P_2O_5 Томасовъ шлакъ.
$CaCO_3$: 0 0 0,1% 0,3% 0,5% 1%.

Само собой разумѣется, что подобные опыты производятся не съ такими растеніями, которыя сами по себѣ чувствительны къ избытку извести, независимо отъ рода фосфата (люпинъ, ленъ) [1]).

[1]) Отмѣтимъ какъ особый случай, что углекислый кальцій можетъ способствовать повышенію урожая растенія даже на фосфоритѣ, если имѣется на лицо избытокъ сѣрнокислаго аммонія, вызывающаго кислую реакцію по причинамъ физіологическимъ; вотъ данныя одного изъ нашихъ опытовъ въ песчаныхъ культурахъ:

Рис. 56. Вліяніе $CaCO_3$ въ присутствіи $(NH_4)_2SO_4$ на использованіе фосфорита.



P_2O_5:	KH_2PO_4	Ф о с ф о р и т ъ.					Безъ P_2O_5
N:	$Ca(NO_3)_2$	$Ca(NO_3)_2$	С ѣ р н о к и с л ы й		а м м о н і й		$Ca(NO_3)_2$
$CaCO_3$:	0	0	0	$^1/_4$	$^1/_2$	1 экв.	0
Урожай	21,4	2,4	5,7	13,5	20,0	6,8	1,3
$^0/_0 P_2O_5$ въ урожаѣ . .	0,35%	—	1,04%	—	0,25%	0,12%	—
Всего P_2O_5.	76,9 mgr.	—	59,9 mgr.	—	49,6 mgr.	8,1 mgr.	—

Какъ видимъ растенія получившія $(NH_4)_2SO_4$ безъ прибавки $CaCO_3$ пересыщены фосфорной кислотой, но несмотря на это, урожай малъ (кислотность велика); введеніе $CaCO_3$ въ размѣрѣ $^1/_4$—$^1/_2$ отъ эквив. $(NH_4)_2SO_4$ повышаетъ урожай, очевидно благодаря устраненію избыточной кислотности; но если доза $CaCO_3$ повышается до полнаго эквивалента $(NH_4)_2SO_4$, то она уже настолько совершенно устраняетъ возможность накопленія кислоты и разложенія фосфорита, что послѣдній перестаетъ быть доступнымъ, что сказывается пониженіемъ какъ урожая, такъ и $^0/_0$ P_2O_5 въ немъ (подробнѣе см. V отчетъ по вегетаціоннымъ опытамъ).

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 ступенями этой скалы могутъ иногда сглаживаться, именно подъ вліяніемъ свойствъ нѣкоторыхъ почвъ (торфъ, подзолъ), особенностей корневой системы нѣкоторыхъ растеній (гречиха, люпинъ и проч.), а отчасти и подъ вліяніемъ нѣкоторыхъ сопутствующихъ удобреній (физіологически-кислыя соли), иногда же, наоборотъ, различія эти для нѣкоторыхъ фосфатовъ будутъ подчеркиваться подъ вліяніемъ другихъ сопутствующихъ удобреній, прежде всего—углекислой извести.

Дѣйствіе фосфатовъ на растенія. Условія ихъ примѣненія.

Фосфорнокислыя удобренія являются для насъ наиболѣе важчыми 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'а.

Если тѣмъ или инымъ путемъ обезпечено азотистое питаніе, то можно ожидать благопріятнаго 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, P_2O_5 *часто повышаетъ въ урожаѣ отношеніе вѣса зерна къ соломѣ.*

Вагнеръ настаиваетъ, что этотъ результатъ обусловливается не специфическимъ дѣйствіемъ фосфорно-кислаго удобренія, а соотношеніемъ питательныхъ веществъ въ почвѣ, 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 соломѣ.

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 опытъ обнаруживаетъ, что и наши почвы нуж-

даются въ P_2O_5, при томъ не только сѣверныя, но и черноземныя; таковы, напримѣръ, данныя полученныя Я. М. Жуковымъ для многихъ почвъ Харьковской губерніи при многочисленныхъ полевыхъ опытахъ, данныя С. Л. Франкфурта и Б. П. Рожественскаго для югозападныхъ 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 урожаѣ безъ удобренiи въ 100 п. (Вѣстникъ С. Х. 1904 г.). Такіе эффекты конечно возможны лишь при благопріятныхъ условіяхъ погоды, когда питаніе азотомъ на черноземѣ обезпечено съ избыткомъ. Тоже наблюдается большей частью при опытахъ вегетаціонныхъ; такъ, у насъ черноземъ Полтавской губернiи (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 сосудъ.
Безъ удобренія.	11,8 gr.
Удобрено N	9,5 »
» K+N.	9,9 »
» K	10,1 »
» P_2O_5	28,5 »
» N+P_2O_5	39,5 »

Зерновыя бобовыя также сильно реагируютъ на фосфорно-кислыя удобренія въ подобныхъ условіяхъ; они содержатъ въ урожаѣ болѣе P_2O_5 чѣмъ злаки. Впрочемъ, не нужно забывать, что отзывчивость къ удобренію стоитъ въ связи не только съ содержаніемъ P_2O_5 въ урожаѣ, но еще и съ усвояющей способностью корневой системы; поэтому, быть можетъ мыслимо, что напр., люпинъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ можетъ не реагировать на внесеніе фосфата, когда хлѣба на него реагируютъ, потому что люпинъ способенъ взять P_2O_5 изъ такихъ соединеній въ почвѣ, которыя хлѣбамъ недоступны; по той же, вѣроятно, причинѣ при нашихъ опытахъ съ почвой изъ Карловки (см. выше) гречиха не реагировала на P_2O_5 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 наклонны понижать качество продукта (въ отличіе отъ азотистыхъ

удобреній); чаще наблюдается обратное: %-ное 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 растеній противъ нормы, то уменьшаютъ *рискъ запозданія въ созрѣваніи*, вызываемый преобладаніемъ азотистаго питанія; часто можно видѣть, проходя осенью мимо участковъ свекловицы, получившихъ разное удобреніе, чередованіе желтѣющихъ участковъ съ зелеными: желтѣютъ раньше другихъ (указывая этимъ на окончаніе вегетаціоннаго періода и передвиженіе сахара въ ткани корня) именно участки, получившіе фосфорнокислое удобреніе.

Поэтому фосфаты охотно вносятъ совѣстно съ азотистыми удобреніями, чтобы парализовать понижающее вліяніе послѣднихъ на качество свеклы; вотъ примѣръ изъ одного опыта сдѣланнаго во Франціи:

	Сахаристость	Доброкачествен.
Безъ удобренія	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 удобренія	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 удобренiй, 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 удобренія, задніе — для высѣва сѣмянъ въ тѣже рядки, на нѣсколько меньшую глубину; это позволяетъ значительно удеше-

вить примѣненіе суперфосфата, такъ какъ здѣсь требуются для достиженія того же эффекта меньшія количества удобренія, чѣмъ при сплошномъ внесеніи; такъ, 10 пудовъ суперфосфата позволяетъ обычно достигнуть полнаго эффекта, тогда какъ при разбросномъ внесеніи удобренія 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).

Что касается причинъ этого преимущества рядового внесенія суперфосфата, то наиболѣе вѣроятнымъ является слѣдующее объясненіе: при рядовомъ способѣ суперфосфатъ не смѣшивается со всей массой почвы, слѣдовательно не соприкасается съ большими количествами соединеній извести, желѣза и глинозема, вызывающихъ ретроградацію 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 растеній, т. е. имѣетъ значеніе нахожденіе запаса растворимой P_2O_5 на пути распространенія корешковъ въ самую первую стадію развитія растенія [1]).

Дѣйствіе фосфатовъ на картофель подобно дѣйствію на свеклу т. е.

[1]) 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 благопріятнаго дѣйствія при сплошномъ внесеніи (см. IV отчетъ С.П.Б. лабораторіи, стр, 162). Быть можетъ въ связи съ вышеизложеннымъ соображеніемъ относительно ретроградаціи стоитъ прежнее наблюденіе Вагнера, что для суперфосфата выгодна лишь извѣстная степень измельченія, полное же измельченіе и смѣшаніе 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.

повышеніе урожая достигается безъ пониженія качества, часто съ его повышеніемъ; также рядовой способъ внесенія заслуживаетъ широкаго испытанія при культурѣ картофеля и другихъ пропашныхъ растеній (см. примѣчаніе на стр. 104),

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.	Фосфорн.-кисл.	Азотъ.	Кали.
Содержаніе бобовыхъ:	2,8%	45,2%	1,8%	9,2%

Ботаническій анализъ смѣси въ этомъ опытѣ произведенъ былъ черезъ годъ послѣ внесенія удобреній.

Характеръ и размѣры дѣйствія на ботаническій 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 калійное удобреніе).

Говоря о фосфорнокислыхъ удобреніяхъ, слѣдуетъ отмѣтить, что они въ разной степени способны проявлять «послѣдѣйствіе», т. е., давать извѣстный эффектъ не только въ годъ внесенія въ почву, но и въ послѣдующіе года.

Послѣдствіе 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. Дѣйствіе томасова шлака, и костяной муки можетъ быть менѣе эффектно на первый годъ, за то болѣе длительно, въ виду большихъ количествъ (обычно) вносимой P_2O_5 и постепеннаго ея использованія. Извѣстенъ рядъ случаевъ, когда дѣйствіе фосфатовъ было за-

мѣтно на трехъ послѣдующихъ растеніяхъ; иногда оно растягивается на еще большій срокъ (при внесеніи значительныхъ количествъ).

Такъ намъ пришлось наблюдать на черноземѣ Воронежской губ. (Боринская экономія) дѣйствіе удобренія костянымъ углемъ внесеннымъ въ 1889 году, на сахарную свеклу (третье растеніе по тому же удобренію) въ 1891 году; вотъ нѣкоторые примѣры:

	Безъ удобр.	Съ удобр.	Безъ удобр.	Съ удобр.	Безъ удобр.	Съ удобр.
Урожай .	734 п.	996 п.	616	701	650	852 п.
Сахаристость .	15,0%	16,04%	15,86%	16,47%	15,38%	16,21%

Здѣсь ясное вліяніе не только на урожай, но и на сахаристость въ цѣломъ рядѣ случаевъ; правда, въ этомъ случаѣ костяного угля дано было въ 1889 г. много: 50 пудовъ на десятину [1]).

Вагнеръ приводитъ случай многолѣтняго дѣйствія на луговую растительность томасова шлака, внесеннаго одинъ разъ (осенью 1889 г.) въ количествѣ 48 пудовъ (при повторномъ внесеніи каинита на всѣхъ участкахъ); укосы 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	**207,7**
Томасовъ шлакъ:									
25,0	40,4	42,8	28,4	64,4	41,9	36,1	35,9	31,6	**346,5** [2])

Чтобы закончить разсмотрѣніе фосфорнокислыхъ удобреній, нѣсколько остановимся на условіяхъ примѣненія ихъ. Выборъ матеріала обусловливается не только техническими, но и экономическими условіями. Можетъ оказаться, напримѣръ, для однихъ условій, 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 удобренія и свойства почвы, и особенности растеній, на которыя было указано выше.

Такъ какъ количество P_2O_5 въ разныхъ фосфорнокислыхъ тукахъ (даже одного названія) значительно колеблется, то удобнѣе ради

[1]) См. „Опыты по физіологіи и культурѣ сах. свекловицы“ въ Извѣстіяхъ Петровской Академіи 1892 г.

[2]) Bied. Centr. 1904 г., стр. 437.

сравненія приводить стоимость ихъ къ одному проценту P_2O_5 въ пудѣ, указывая напр. что 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 удобренія на единицу площади лучше выражать 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 удобреніями 9 п. P_2O_5.

Что касается суперфосфата, то такое количество его (на десятину), которое содержитъ 6 п. P_2O_5, является maximal'нымъ при разбросномъ высѣвѣ даже на западѣ, 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 $1^1/_2$ болѣе (т. е. 3 пуда P_2O_5 на десятину и выше), 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 понижены.

Обыкновенно малорастворимые фосфаты вносятся заблаговременно, напр., подъ яровые—осенью, причемъ разсчитываютъ на то, что часть фосфорной кислоты перейдетъ въ растворъ къ началу роста растеній; по этой же причинѣ часто фосфорнокислыя удобренія (нерастворимыя и полурастворимыя) 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 вліяніемъ почвы. Суперфосфатъ можетъ быть вносимъ и непосредственно передъ посѣвомъ, если мы имѣемъ дѣло съ нормальной почвой, но при этомъ избѣгаютъ его прямого соприкосновенія съ сѣменами, такъ какъ кислая реакція $Ca(H_2PO_4)_2$ можетъ вредно отразиться на прорастаніи сѣмянъ и клубней.

Во всѣхъ случаяхъ фосфорнокислое удобреніе должно быть хорошо запахано и забороновано, вообще, тщательно перемѣшано съ почвой для возможно равномѣрнаго распредѣленія легко поглощаемой фосфорной кислоты или, въ случаѣ мало растворимыхъ фосфатовъ, ради болѣе полнаго воздѣйствія на нихъ почвы. Съ этой цѣлью рекомендуютъ напр. фосфориты разсыпать по первой пахотѣ; по невспаханной землѣ разсыпать ихъ менѣе удобно, такъ какъ тогда ихъ труднѣе хорошо смѣшать съ почвой (Костычевъ).

Рис. 57. Вліяніе возрастающихъ количествъ калія (отъ 0 до нормы) на развитіе ячменя.

С. Калійныя удобренія.

Калій является элементомъ столь же необходимымъ для растеній какъ фосфоръ [1]); въ природѣ онъ встрѣчается въ большихъ коли-

[1]) По наблюденіямъ Вильфарта (песчаныя культуры) калійное голоданіе сказывается иначе, нежели недостатокъ азота и фосфора, 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 грибками, но въ данномъ случаѣ дѣло не въ нихъ (хотя какъ вторичное явленіе и грибныя заболѣванія возможны чаще на истощенныхъ растеніяхъ, чѣмъ при нормальномъ питаніи). При недостаткѣ азота если и замѣчается желтизна листьевъ, то общая, а не пятнами, и растенія остаются хотя и задержанными въ ростѣ, но неповрежденными; при недостаткѣ фосфора растенія 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 наблюдалъ Feilitzen при калійномъ голоданіи на торфяной почвѣ.

Въ нашихъ культурахъ зерновыя растенія безъ калія обнаруживали какъ бы малое развитіе механическихъ элементовъ: ихъ листья и стебли наклонны были сгибаться и при преждевременномъ отмираніи растеній давать слегающійся клубокъ изъ ненормально мягкихъ надземныхъ органовъ (см. рис. 57. крайніе сосуды слѣва).

чествахъ, 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 содержится 4—6% K_2O, въ базальтахъ 1—3%). При вывѣтриваніи горнокаменныхъ породъ онъ отчасти вымывается въ видѣ углекислыхъ и кремнекислыхъ солей, отчасти поглощается почвой, вступая въ составъ цеолитовъ (известковыя почвы и песчаныя поглощаютъ K_2O хуже другихъ).

Нѣкоторые французскіе авторы считаютъ, что содержаніе въ почвѣ 0,1% K_2O указываетъ на то, что почва можетъ обойтись безъ внесенія K извнѣ при навозномъ удобреніи. Но подобныя нормы, конечно, слишкомъ относительны,—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_2O цеолитовъ, т.-е. находящееся въ поглощенномъ состояніи, а именно эта форма K_2O и считается усвояемой. Тѣмъ не менѣе, кали безводныхъ силикатовъ не является совершенно недоступнымъ для растеній; 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 калія—0,5 гр., съ полевымъ шпатомъ—0,8 гр., со слюдой—3,2 гр.; съ растворимыми солями—до 23 граммовъ [1]).

Понятно, что показанія солянокислой вытяжки часто не идутъ параллельно съ общимъ содержаніемъ K_2O въ почвѣ, но тѣмъ болѣе расходятся съ нимъ чѣмъ больше содержится въ почвѣ остатковъ невывѣтрившихся минераловъ. Мюнцъ напр. даетъ такія цифры:

Общее содержаніе K_2O въ почвѣ.	Количество K_2O въ солянокислой вытяжкѣ.
1,5%	0,24%
1,0 »	0,25 »
3,3 »	0,25 »

[1]) Въ нѣкоторыхъ (исключительныхъ) случаяхъ калійные силикаты настолько легко разрушаются, что являются легко доступнымъ источникомъ пищи растеній, и быть можетъ способны въ извѣстныхъ случаяхъ играть роль калійныхъ удобреній; такова напр. нефелиновая порода съ береговъ Бѣлаго моря (подробнѣе о ней см. ниже).

То-есть, солянокислая вытяжка содержала одинаковыя количества калія при весьма различномъ общемъ содержаніи его въ почвахъ.

У Меркера при анализѣ цѣлаго ряда германскихъ почвъ содержаніе K_2O въ солянокислой вытяжкѣ колебалось отъ 0,36—0,46%.

Наши черноземы содержатъ часто около 21% всей K_2O и 0,2—0,5% въ солянокислой вытяжкѣ; подзолистыя почвы—0,1—2% K_2O въ вытяжкѣ.

Если оставить въ сторонѣ часть нерастворимую въ соляной кислотѣ и пытаться сопоставить отзывчивость почвъ къ калійному удобренію съ показаніями солянокислой вытяжки, то окажется, что здѣсь зависимость не столь проста, какъ могло бы казаться съ перваго взгляда. Нѣкоторый интересъ представляетъ попытка Вейбулля (Швеція) разобраться въ этомъ вопросѣ; по его опытамъ и анализамъ 117 почвъ намѣчается, при общеизвѣстной прямой зависимости между количествомъ глины и содержаніемъ калія въ почвѣ, обратная связь съ усвояемостью этого калія; поэтому онъ предлагаетъ установить подвижныя нормы для показаній солянокислой вытяжки, пріурочивши ихъ къ извѣстнымъ типамъ почвъ; вотъ среднія величины по Вейбуллю:

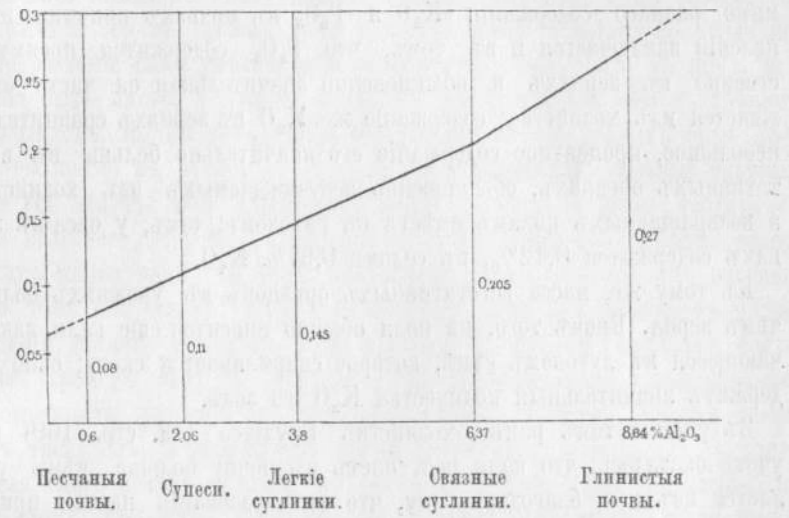
	Пески.	Супески.	Легкіе суглинки.	Тяжел. суглинки.	Глины.
K_2O (по HCl . . .	0,08%	0,11	0,14	0,20	0,26%
Al_2O_3 (по H_2SO_4). .	0,60 »	2,06	3,80	6,37	8,64 »
Каолинъ [1]). . . .	0,3 »	1,7	4,3	6,8	11,2 »

Если расположить почвы по возрастающей связности на горизонтальной линіи, а на вертикаляхъ отложить характерное для каждаго случая содержанія калія, то получится нѣкоторая кривая (см. рис. 58-й), позволяющая при анализѣ каждой почвы найти ея характеристику, именно, если при данномъ содержаніи глинозема (опредѣляющаго положеніе на абсциссѣ), соотвѣтственная величина для калія будетъ ниже нормы, то по Weibull'ю, данная почва будетъ отзывчива къ калійному удобренію; если же соотвѣтственная точка ляжетъ выше нормальной линіи, то реакціи на калійное удобреніе ожидать не слѣдуетъ. Большинство опытовъ съ удобреніемъ дали у Вейбулля согласный съ этимъ результатъ. Изъ данныхъ Weibull'я выте-

[1]) 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).

каетъ заключеніе, что въ почвахъ глинистыхъ калій (или значительная часть его) находится въ болѣе прочныхъ соединеніяхъ, чѣмъ въ почвахъ легкихъ; отъ этого можетъ зависѣть несовпаденіе съ общепринятымъ правиломъ, гласящимъ что легкія почвы реагируютъ на калійное удобреніе, а тяжелыя—нѣтъ.

Рис. 58. Зависимость между содержаніемъ глинозема и калія въ почвахъ.



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.

Изъ вытяжекъ болѣе слабыхъ чѣмъ соляная кислота, для опредѣленія усвояемаго кали предлагались растворы NH_4Cl (Kellner) и $Ca(OH)_2$ (Rümpler), въ предположеніи, что этими веществами будетъ вытѣснено поглощенное кали, а также—водная вытяжка (С. М. Богдановъ) [1]).

Изъ приведенныхъ выше данныхъ Müntz'a, Weibull'я и Меркера видно, что, почвы содержатъ больше кали, чѣмъ фосфорной кислоты, даже если судить по солянокиелой вытяжкѣ [2]); но и растенія берутъ въ урожаяхъ кали въ большихъ количествахъ; такъ:

[1]) См. его книгу „Плодородіе почвы". 1906 г. Въ нашихъ опытахъ съ калійными силикатами обнаружился извѣстный параллелизмъ между способностью калія вытѣсняться растворомъ NH_4Cl и его усвояемостью въ различныхъ силикатахъ (см. VI отчетъ по вегетац. опытамъ).

[2]) Примѣры для русскихъ почвъ см. у *Коссовича*, Курсъ почвовѣдѣнія (частное описаніе почвъ).

	содержитъ K_2O	P_2O_5
урожай пшеницы	38	28
» сах. свеклы . . .	184	34
» клевера	83	25

Тѣмъ не менѣе опытъ показываетъ, что потребность почвы во внесеніи K_2O извнѣ наступаетъ позже, чѣмъ потребность въ P_2O_5. Помимо разнаго содержанія K_2O и P_2O_5 въ почвахъ причина этого явленія заключается и въ томъ, что P_2O_5 содержится преимущественно въ зернахъ и обыкновенно значительная ея часть отчуждается изъ хозяйства; содержаніе же K_2O 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_2O.

Къ тому же, масса вегетативныхъ органовъ въ урожаяхъ больше чѣмъ зерна. Кромѣ того, на поля обычно вносится еще кали, заключающееся въ луговомъ сѣнѣ, которое скармливается скоту; сѣно содержитъ значительныя количества K_2O въ золѣ.

Въ упомянутомъ ранѣе хозяйствѣ Крузіуса (см. стр. 169) 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 «калійныхъ» растеній, казалось бы, должна быть иная картина. Такъ напр., урожай табака беретъ около 100 klgr. K_2O, картофеля около 110 klgr. съ десятины, свекла еще больше, —168 klgr. (сахарная) и даже выше (кормовая).

Отсюда естественно было предположить, что именно упомянутыя растенія должны хорошо реагировать на калійное удобреніе; обѣднѣніе почвы каліемъ по мнѣнію Либиха было вѣроятной причиной явленія, извѣстнаго подъ именемъ «свеклоутомленія почвы».

Но когда были открыты стассфуртскія залежи калійныхъ солей и явилась возможность практическаго примѣненія калійныхъ удобреній, то оказалось, что свекла и клубнеплоды реагируютъ на вносимыя въ этой формѣ калійныя удобренія небольше (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 удобренія.

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 обезпечить тѣмъ, чего въ немъ должно быть много; а нужно снадбить 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 калійное 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 потребленія даннаго вещества, такъ и отъ той легкости, съ какой растеніе усвояетъ его; въ формулѣ (предположительной), выражающей потребность растенія въ удобреніи первая величина должна стоять въ числителѣ, а вторая—въ знаменателѣ; если знаменатель (усвояющая способность) великъ, то растеніе будетъ мало отзывчиво къ данному удобренію, хотя бы потребленіе (числитель) и достигало значительныхъ размѣровъ. Дѣйствительно, имѣются данныя говорящія за то, что нѣкоторыя изъ «калійныхъ» 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 [1]).

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 усвоять, гдѣ значительная часть калія находится въ элементахъ «богатства» почвы; на почвѣ же вообще бѣдной будетъ наблюдаться большій параллелизмъ между размѣрами

[1]) См Bied Centralblatt, 1905, 439; подобныя же наблюденія Schreiber'a, Bied. Centr. 1895, 807.

потребленія кали тѣмъ или инымъ растеніемъ и отрывчивостью его къ удобренію.

Матеріаломъ для калійнаго удобренія служатъ 1) различнаго рода отбросы, преимущественно зола, 2) залежи калійныхъ солей въ Стассфуртѣ (Германія) и нѣкоторыхъ другихъ мѣстностяхъ.

Зола, получаемая при сжиганіи веществъ растительнаго происхожденія, должна замѣнять болѣе или менѣе калійныя удобренія, такъ какъ всѣ растенія потребляютъ и содержатъ въ себѣ кали. Обыкновенно, зола древесныхъ породъ получается въ качествѣ отброса при топкѣ; кали содержится въ ней въ видѣ поташа (K_2CO_3), но въ ней содержится не только кали, но и фосфорная кислота (также известь, кремнекислвта и др. минеральныя вещества, обычно встрѣчающіяся въ растеніяхъ), такъ что зола является отчасти и фосфорнокислымъ удобреніемъ, какъ это видно изъ нижеслѣдующихъ цифръ.

	K_2O	P_2O_5
Зола березы содержитъ.	9—13% [1]	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_2O. 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_2O, 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 спеціальныхъ калійныхъ удобреній содержатъ не болѣе 12—13% K_2O.

Содержаніе K_2O въ стебляхъ нѣкоторыхъ растеній полевой культуры еще выше.

---

[1]) Ради сравнимости съ другими калійными удобреніями даются % не K_2CO_3, а K_2O.

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 удобренія пользуются золой морскихъ растеній, водорослей, содержащей около 18% K_2O (Fucus'ы).

Такой составъ имѣетъ зола въ томъ случаѣ, если она не подверглась выщелачиванью дождевыми водами или выщелачиванію намѣренному въ цѣляхъ полученія K_2CO_3).

Зола, подвергнутая выщелачиванію, теряетъ уже свою цѣнность, какъ источникъ калія, хотя сохраняетъ нѣкоторое удобрительное значеніе благодаря P_2O_5, остающейся въ видѣ известковаго фосфата.

Такой «отзолъ» является конечно низко-процентнымъ фосфорнокислымъ удобреніемъ (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. 165):

P_2O_5 въ видѣ:	Выщелоченной золы.	Томасова шлака	Костяной муки.	Фосфорита.	Безъ P_2O_5.
Урожай . . .	45,0 гр.	30,3	25,9	5,1	0,7 гр.

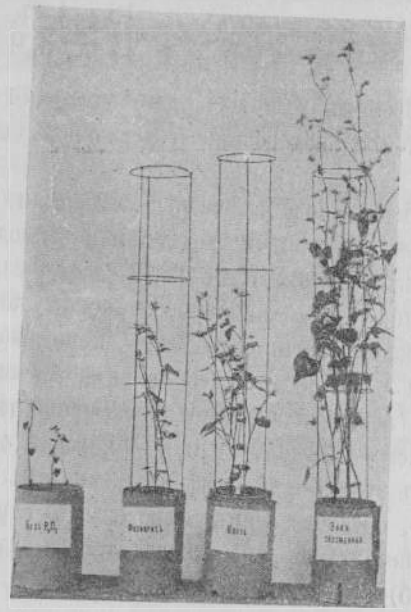
Повидимому, разные виды золы обнаруживаютъ различія въ этомъ отношеніи; такъ въ 1902 году получились такіе результаты:

			Зола		
		Безъ 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, содержитъ фосфорную кислоту въ весьма доступной формѣ. Но пока зола невыщелочена, она является неизбѣжно по преимуществу калійнымъ удобреніемъ, ибо если бы мы употребили ее по разсчету 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 каменнаго угля.

Рис. 59. Выщелоченная зола какъ источникъ P_2O_5 (песчаная культура гречихи).



Безъ P_2O_5. Фосфоритъ. Костъ. Зола соломы.

Рис. 60. Овесъ (песчаная культура).

Безъ P_2O_5. Томасовъ шлакъ. Зола соломы. Зола березы. Зола соломы.

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 (по 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 каменнаго угля. Если и получается иногда хорошій результатъ отъ внесенія большихъ количествъ золы такого состава, то его скорѣе приходится отнести на счетъ соединеній Са.

Относительно количествъ золы, которыя слѣдуетъ вносить, пока не выработано прочныхъ нормъ. Часто пишутъ, что на десятину вносится 70—100, иногда 200 пудовъ золы, въ зависимости отъ количества содержащагося въ ней калія (золы выщелоченной вносятъ большія количества, хорошо сохранившейся—меньшія).

Нельзя однако не признать обычныя нормы преувеличенными, можно даже думать, что неблагопріятное 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 каинитъ), то почему этой золы нужно класть 50—70 п., когда каинита кладется 20 пудовъ?

Конечно, каинитъ можетъ стоить разъ въ 10 больше, чѣмъ зола и въ его цѣнѣ можно видѣть регуляторъ, предостерегающій 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 таковая вообще заслуживаетъ употребленія).

Надо имѣть въ виду одну отрицательную сторону примѣненія большихъ количествъ золы: углекислыя щелочи очень способствуютъ

заплыванію 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 калійныхъ 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 каліевыхъ препаратовъ для потребностей фабрично-заводскаго и сельско-хозяйственнаго промысла [1]).

Отложеніе солей въ Стассфуртскомъ бассейнѣ совершалось продолжительное время между образованіемъ верхняго цехштейна, принадлежащаго пермской системѣ, и пестраго песчаника, относящагося къ нижнему тріасу. Процессъ отложенія солей происходилъ такъ, какъ въ современную эпоху онъ совершается, наприм., въ Кара-Бугазѣ: достаточно глубокій заливъ былъ отдѣленъ отъ моря пересыпью, 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 значитъ— новыхъ количествъ соли, пока, наконецъ, концентрація достигла той степени, при которой стали осаждаться соли сперва менѣе растворимыя—ангидритъ ($CaSO_4$), а затѣмъ каменная соль съ прослойками («годовыя кольца») ангидрита.

---

1) См. Maercker, Kalidüngung и М. Неймайръ. „Исторія земли", т. II, стр. 648.

Точно такъ теперь идетъ отложеніе на днѣ Мертваго моря солей, приносимыхъ р. Іорданомъ. Только при новомъ и новомъ притокѣ воды, содержащей соли, возможно было образованіе такихъ мощныхъ отложеній, какія находятся въ Стассфуртѣ; если бы мы отдѣлили часть океана и дали водѣ испариться (безъ возобновленія ея), то получился бы гораздо меньшій слой соли.

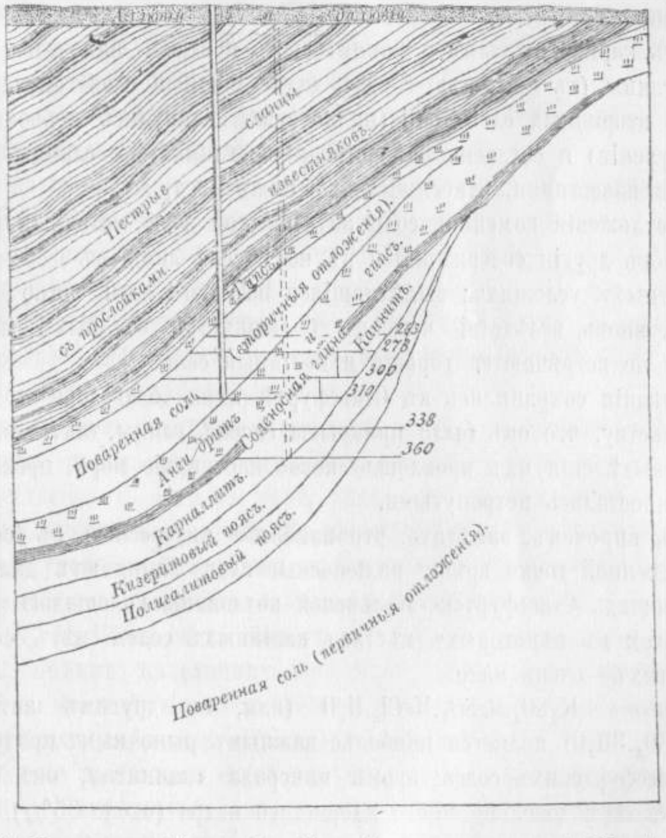


Рис. 61. Схематическій разрѣзъ Стассфуртскихъ залежей (Neustassfurt).

Въ верхнихъ слояхъ каменной соли къ ней подмѣшивается *полигалитъ*, состоящій изъ 45,2% $CaSO_4$, 19,9% $MgSO_4$, 28,9% K_2SO_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% NaCl, 17% $MgSO_4 . H_2O$ (кизерита и 13% KCl. $MgCl_2 . 6H_2O$ (карналлита). Надъ

кизеритовымъ находится *карналлитовый поясъ*, а мѣстами—*каинитовый*. Карналлитовый поясъ приблизительно состоитъ изъ 25% NaCl, 16% кизерита и 55% карналлита съ каинитомъ (KCl, $MgSO_4$. $3H_2O$).

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 тріасу.

По отложеніи каменной соли изъ морской воды маточный разсолъ осаждаетъ другія содержащіяся въ немъ соли лишь въ особенно благопріятныхъ условіяхъ; выдѣлившіяся изъ него соли легко растворяются вновь, вслѣдствіе чего въ большинствѣ соляныхъ мѣсторожденій не встрѣчаются горькія и калійныя соли.

Послѣднія сохранились въ Стассфуртѣ лишь благодаря тому обстоятельству, что онѣ были прикрыты слоемъ глины, такъ что, когда послѣ выдѣленія ихъ произошло новое наступаніе моря, прежнія отложенія остались нетронутыми.

Надо, впрочемъ, замѣтить, что наиболѣе интересные съ сельскохозяйственной точки зрѣнія каліеносные слои занимаютъ далеко не всю площадь Стассфуртско-эгельнской котловины (площадью въ 25 кв. миль): въ нѣкоторыхъ мѣстахъ калійныхъ солей нѣтъ совсѣмъ въ другихъ—очень мало.

Каинитъ $K_2SO_4.MgSO_4.MgCl_2.H_2O$ (или, по другимъ авторамъ, $KCl.MgSO_4.3H_2O$) 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% калія 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 сплывающуюся вновь въ сплошныя массы, почему въ молотый продуктъ для предохраненія отъ сплыванія иногда прибавляютъ 2%—2,5% торфянаго порошка, если желаютъ хранить его въ молотомъ состояніи.

Карналлитъ $KCl.MgCl_2.6H_2O$ не пользуется такимъ распространеніемъ въ качествѣ удобренія какъ каинитъ, вслѣдствіе большого содержанія хлора, поэтому прежде употреблялся лишь для дальнѣйшей химической переработки [1]); но когда сдѣлалось извѣстнымъ, что не всѣ растенія чувствительны къ хлору, то стали употреблять и его на удобреніе. Фирмы гарантируютъ обыкновенно содержаніе 9% K_2O [2]). 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 удобренія употребляются еще продукты искусственной переработки; таковы «30% и 40% калійныя соли», получаемыя при кристаллизаціи изъ маточныхъ растворовъ, остающихся послѣ выдѣленія KCl; конечно, такіе продукты даютъ сначала не столь опредѣленный составъ, но прибавкой болѣе чистой соли легко довести % K_2O до гарантируемой нормы.

Какъ продажныя калійныя удобренія, наибольшаго вниманія заслуживаютъ карналлитъ и каинитъ; они поступаютъ въ продажу преимущественно въ сыромъ видѣ, такъ какъ всякая очистка значительно удорожаетъ продуктъ. Но по мѣрѣ удаленія отъ Стассфурта могутъ наступать условія (какъ въ большей части Россіи), при которыхъ *выгоднѣе покупать болѣе концентрированныя удобренія*, такъ «40% калійная соль» можетъ тогда конкуррировать 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 неблагопріятныя вліянія.

Потребленіе калійныхъ солей на удобреніе въ разныхъ странахъ въ 1899 году выражалось слѣдующими цифрами: (килограммы на 1 километръ пахотной земли).

---

[1]) Изъ карналлита добываютъ хлористый калій, обрабатывая его при нагрѣваніи 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 калій.

[2]) Нужно не забывать, что хотя разсчетъ 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 повышеніе 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 неудобренныхъ, не имѣетъ никакого основанія, такъ какъ гигроскопическая 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 физіологически-кислымъ, солямъ, т.-е. такимъ, изъ которыхъ растенія могутъ усвоять только основанія или потребленіе основанія превышаетъ потребленіе кислоты, а кислота остается въ почвѣ и постепенно накопляется. 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.

Но повидимому еще болѣе существенной является другая причина, именно при удобреніи этими солями почва обѣдняется известью независимо отъ потребленія ея растеніями. При внесеніи KCl въ почву калій поглощается ею и вмѣсто него выдѣляется эквивалентное количество кальція ($CaCl_2$), который постепенно вымывается дождевыми водами въ нижніе слои; потребность почвы въ извести поэтому повышается.

Наконецъ, при частомъ 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 калій 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 распредѣлиться, циркулируя съ почвенной влагой, въ большемъ слоѣ почвы. Особенно заблаговременно вносятъ эти соли при культурахъ растеній, не выносящихъ избытка Cl; тогда этотъ послѣдній долженъ быть вышелоченъ въ подпочву, что съ успѣхомъ достигается осенними и весенними водами при внесеніи этого удобренія съ осени.

Травы высѣваемыя 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 калійныя удобренія и заграницей 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 (близъ Стассфурта) во влажномъ климатѣ даже такія высокія дозы могутъ окупаться при интенсивномъ хозяйствѣ; но и здѣсь лучше всего примѣнять калійныя 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 заболачиванію (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, осокъ и другихъ кислыхъ травъ; начинаютъ пре-

обладать 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.	634 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%
Каинитъ	22 »	65 »	13 »
Шлакъ + каинитъ .	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. 105).

Измѣненія въ составѣ флоры часто слѣдуютъ за однократнымъ внесеніемъ удобренія, но сильнѣе сказываются при повтореніи его.

Подобно сказанному о постоянныхъ лугахъ, примѣненіе калійныхъ 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 (каинитъ, 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 тощихъ старопахотныхъ земляхъ, плохо удобрявшихся навозомъ, при удобреніи клеверовъ 2 и 3 года, при удобреніи новопахотныхъ 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 калійныя удобренія, причемъ вліяніе это на бѣдныхъ почвахъ сильнѣе и повышеніе урожая на такихъ почвахъ для хлѣбовъ является общимъ правиломъ.

При прочихъ равныхъ условіяхъ овесъ легче усвояетъ кали изъ почвъ, чѣмъ ячмень и пшеница. Если же при сводкѣ 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 калійными солями.

Зерновыя бобовыя реагируютъ на калійныя удобренія благопріятно 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 калійныя удобренія содержащія NaCl, $MgCl_2$ въ смыслѣ увеличенія массы урожая, но часто получаются нежелательные результаты отъ примѣненія этихъ удобреній въ смыслѣ ухудшенія состава продукта причемъ вызывается пониженіе % крахмала и сахара подъ вліяніемъ хлора.

Напримѣръ:

безъ удобр. получено . . .	89 центн.	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 разсчитать 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 пополнять 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 вліяетъ не K, а именно Cl, подтверждается внесеніемъ K_2CO_3, употребленіе котораго не сопровождается вредными послѣдствіями; точно также K_2SO_4 можетъ быть переносимъ въ бо́льшихъ количествахъ безъ вреда для качества продукта чѣмъ препараты богатые хлоромъ. По этимъ же причинамъ 30% и 40% калійная 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 [1]).

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 кристаллизаціи сахара. Поэтому примѣненіе калійныхъ удобреній подъ сахарную свеклу должно сопровождаться тѣми же предосторожностями, какъ и подъ картофель. Къ кормовой свеклѣ 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 удобренія всего 0,6% хлора.
» » » съ удобреніемъ KCl 20,1 » »

Сгораемость табака понижается и онъ становится менѣе ароматнымъ. Поэтому приходится избѣгать подъ табакъ удобреній, содержащихъ много хлора (если только культивируются болѣе цѣнные сорта).

Прядильныя растенія—ленъ и конопля [2]) съ успѣхомъ используютъ калійныя удобренія, несмотря на примѣсь хлористыхъ солей. Вообще замѣчено, что на растенія, культивируемыя изъ за стеблей, калійныя соли дѣйствуютъ всегда болѣе благопріятно (съ этимъ можно поста-

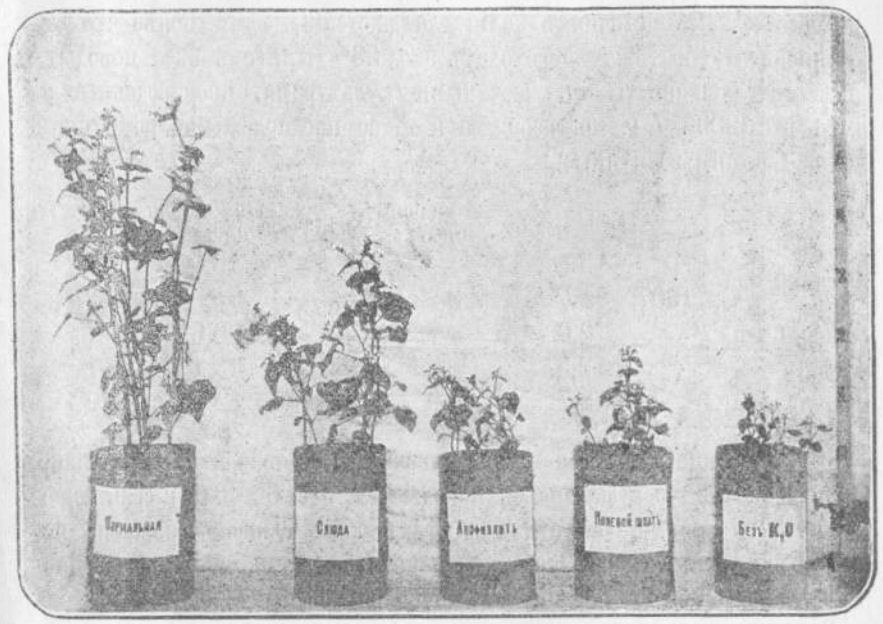
[1]) См. *Шнейдевиндъ*. Калійныя удобренія (Библіотека Хозяина, май 1905).

[2]) У насъ конопля получаетъ обычно сильное навозное удобреніе, поэтому на дѣлѣ имѣются мало шансовъ примѣненія подъ нее калійныхъ солей; другое дѣло ленъ, который не сѣется послѣ навознаго удобренія, а занимаетъ другія мѣста въ сѣвооборотѣ.

вить въ связь дѣйствіе калійныхъ удобреній на кормовыя травы, въ урожаѣ которыхъ стебли играютъ по массѣ важную роль).

Согласно вышеизложенному, у насъ каинитъ распространяется 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).

Рис. 62.



KCl Слюда. Апофиллитъ. Полевой шпатъ. Безъ K_2O.

Калійные силикаты, какъ калійное удобреніе. Какъ выше было упомянуто кали въ полевомъ 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 «калійнаго удобренія», въ которомъ гарантируется содержаніе K_2O въ 10% [1]). Слюда, по опытамъ нашимъ (см. рис. 62) и проф.

[1]) Не только ортоклазъ, но микроклинъ и санидинъ отличались при нашихъ опытахъ почти полной недоступностью; изъ другихъ испытанныхъ у насъ минераловъ являлись плохими источниками калія: лейцитъ, элеолитъ, апофиллитъ, (см. V, VI и VII отчеты по вегетаціоннымъ опытамъ).

Вотчала, нѣсколько легче отдаетъ свое кали растеніямъ, при условіи конечно тонкаго размельченія [1]). Но особенно высоко стоитъ въ этомъ отношеніи нефелиновая порода, на которую 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, калійной слюды и апатита; въ виду легкой разлагаемости породы проф. Е. С. Федоровъ высказалъ [2]) предположеніе, что оно можетъ представить интересъ, какъ источникъ калія 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):

		Безъ K_2O.	Полевой шпатъ.	Слюда.	Нефелиновая порода.	KCl.	
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	—	
Овесъ . . .		2,5	—	—	13,1	16,1	
Горчица		2,7	5,8	11.2	12,7	13,9	

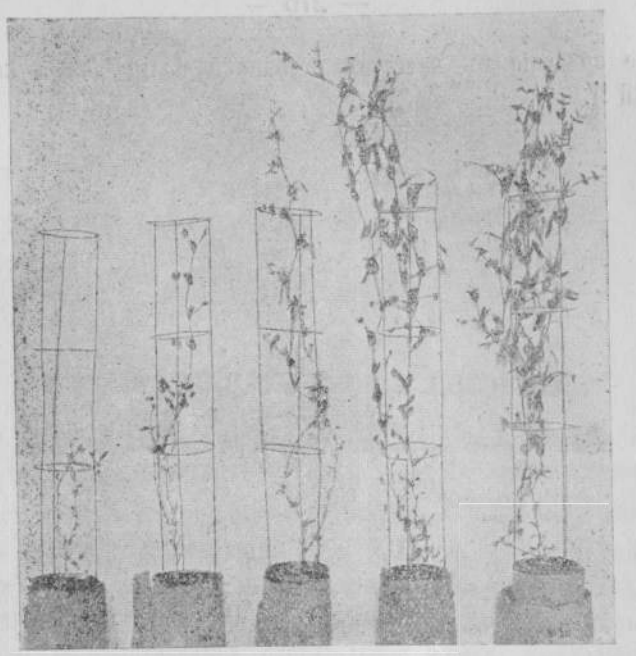
Отсюда видно, что дѣйствительно растенія справляются съ кали, даннымъ въ видѣ нефелиновой породы (см. рис. 63 и 64); если даже принять во вниманіе въ этихъ опытахъ общій уровень урожаевъ не былъ достаточно высокъ, то все же ясно выступаетъ преимущественно этой породы передъ слюдой и тѣмъ болѣе полевымъ шпатомъ.

Въ виду сказаннаго желательно, чтобы при изслѣдованіи горныхъ породъ обращалось вниманіе на нахожденіе въ нихъ подобныхъ источниковъ калія, особенно это можетъ имѣть значеніе для отдаленныхъ отъ нашей западной границы мѣстностей, какъ Сибирь и Туркестанъ, куда доставка стассфуртскихъ солей обходится дорого; возможно, что породы подобныя нефелиновой могутъ пріобрѣсти извѣстное

[1]) Нѣкоторые виды слюдяного сланца оказались по нашимъ опытамъ еще лучшимъ источникомъ калія, чѣмъ измѣльченный мусковитъ (вѣроятно играетъ роль степень вывѣтрѣлости слюды). Біотитъ въ нѣкоторыхъ образцахъ значительно превосходитъ мусковитъ, въ другихъ же различіе было не столь рѣдкимъ.

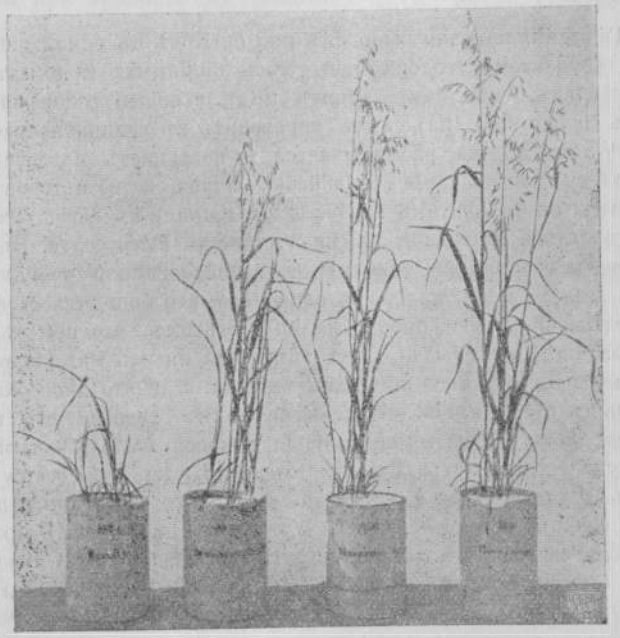
[2]) Извѣстія М.С.Х.И. 1908, кн. 1-я. На основаніи анализовъ А. Э. Купфера, обнаружившихъ въ поверхностныхъ слояхъ 3,4% K_2O и 4,5% P_2O_5, Е. С. Федоровъ высчитываетъ для болѣе глубокихъ (невывѣтрившихся) слоевъ 4,8% K_2O и 10,0% P_2O_5.

Рис. 63.



Безъ K_2O. Полевой шпатъ. Слюда. Нефелиновая порода. KCl.

Рис. 64.



Безъ K_2C. Нефелиновая порода одиночн. двойная доза. KCl.

мѣстное значеніе въ качествѣ источника калія для культурныхъ растеній [1]).

---

[1]) Въ Германіи не мало было сдѣлано опытовъ съ одной изверженной породой (фонолитомъ), содержащей смѣсь калійныхъ (и иныхъ) минераловъ (нефелинъ, санидинъ, лейцитъ и др.); общее содержаніе K_2O въ фоналитѣ около 9%, изъ нихъ переходитъ въ солянокислую вытяжку около 40%. Эта порода размалывается и поступаетъ на рынокъ подъ неопредѣленнымъ названіе „Kalisilicat“. Большинство авторовъ, ставившихъ опыты съ фонолитомъ въ Германіи пришли къ выводу, что онъ не можетъ являться выгодной замѣной стасфуртскихъ солей. Въ опытахъ 1911 года мы сравнивали фенолитъ съ вышеназванной нефелиновой породой съ Бѣлаго моря, при чемъ оказались, что фонолитъ стоитъ много ниже послѣдней по доступности калія. Отмѣтимъ, что при рѣшеніи вопроса о замѣнѣ калійныхъ солей тѣмъ или инымъ матеріяломъ, большое значеніе имѣетъ экономическая сторона; если что либо оказывается невыгоднымъ въ Германіи, обладающей своимъ Стассфуртомъ, то отсюда еще не слѣдуетъ, чтобы то же рѣшеніе вопроса было вѣрнымъ и для странъ удаленныхъ отъ Стассфурта; если уже въ Москвѣ каинитъ стоитъ въ $3^1/_2$ раза дороже, чѣмъ на мѣстѣ (что заставляетъ предпочитать 30% соль), то возможно, что на Уралѣ или за Ураломъ можетъ оказаться болѣе выгоднымъ даже фонолитъ (не говоря уже о породахъ подобныхъ бѣломорской, если бы только на мѣстѣ нашлись бы соотвѣтственныя залежи).

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 оргѣнизмъ 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 поступая въ кровь и въ безазотистой своей части окисляется сполна до CO_2 и H_2O; 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 взрослаго животнаго можно принять, что весь азотъ переваренной части, выдѣляется почками въ видѣ мочи, которая и примѣшивается къ твердымъ изверженіямъ. Итакъ, составъ сухого вещества жидкихъ выдѣленій отличается меньшимъ содержаніемъ H 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). Твердыя изверженія процентно богаче кормоваго вещества клѣтчаткой, бѣднѣе другими углеводами и бѣлкомъ. Въ суммѣ, азотъ твердыхъ и жид-

кихъ 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 фунт.; 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 мочевой 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 $^1/_{10}$ части (или 1% отъ сырой массы) приходится на долю азота и 30—40% на зольныя вещества. Характернымъ для жидкихъ изверженій травоядныхъ служитъ отсутствіе въ нихъ (или крайне малое содержаніе) фосфорной кислоты и значительное количество кали въ формѣ $KHCO_3$; весь почти фосфоръ пищи выдѣляется черезъ кишечникъ. Поэтому жидкія выдѣленія сами по себѣ будутъ удобреніемъ азотисто-калійнымъ; лишь смѣсь экскрементовъ является полнымъ удобреніемъ.

Вотъ данныя Буссенго: въ 1000 частяхъ жидкихъ и 1000 частяхъ твердыхъ изверженій:

содержится азота	9,7	4,2
фосфорной кислоты.	слѣды	1,0
окиси калія	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
Гиппуровокислаго кали.	16,5
Молочнокислыхъ солей	17,0
Двууглекислаго 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:

		азота:	кали:	фосфорной кислоты:
		въ килограммахъ:		
жидкихъ изверженій	1200 клгр., въ нихъ	17,7	9,6	—
твердыхъ »	6000 » » »	39	—	18

По Вольфу, если принять за 100 количество органическихъ веществъ, азота и золы въ кормѣ, то на твердыя и жидкія выдѣленія придется въ процентахъ:

	кормъ	твердыя	жидкія выдѣленія:
Органич. вещества	100	42,5	3,4%
Азотъ.	100	40,1	47,2 »
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. .	78%	азота	0,4%
» лошадей.	78 »	»	0,7 »
» овецъ.	68 »	»	0,9 »

Другая составная часть навоза — *подстилка* играетъ двоякую 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 удобренія; вмѣстѣ съ тѣмъ для насъ не безразлично содержаніе въ ней питательныхъ веществъ, такъ какъ впослѣдствіи онѣ цѣликомъ переходятъ въ навозъ. На ходъ разложенія навоза подстилка также не остается безъ вліянія, обусловливая напримѣръ, большую рыхлость, его, слѣд., большій доступъ воздуха, или наоборотъ.

Матеріалъ для подстилки употребляется крайне различный; въ преобладающемъ числѣ случаевъ употребляется для подстилки солома злаковыхъ; кромѣ того, употребляется солома другихъ растеній, 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 » »
Вересковъ	100 » »
Хвоя	150—250 » »
Еловая лапка	70 » »
Опилки	420 » »
Стружки [1])	300 » »
Торфъ (см. по возр. торфяника)	500—700 (и даже 1000) » »
Мохъ	300 » »

Мѣстами при недостаткѣ соломы прибѣгаютъ, какъ напримѣръ, въ Швейцаріи, къ разведенію осокъ, грубостебельныхъ злаковъ (Molinia) и другихъ растеній на такихъ лугахъ, которые не могутъ быть использованы подъ культуру какихъ-либо болѣе цѣнныхъ растеній (вслѣдствіе избытка влаги). Въ крайности примѣняютъ въ качествѣ

[1]) Стружки и опилки, какъ матеріалъ, содержащій мало азота (около 0,2 должны уступать соломѣ съ точки зрѣнія внесенія въ навозъ элементовъ пищи растеній; напротивъ того торфъ существенно повышаетъ содержаніе азота въ навозѣ.

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 растеній почти одинаковы, со стороны вліянія на составъ навоза эти два рода подстилки далеко не одинаковы. Солома бобовыхъ содержитъ до 2% азота, который цѣликомъ переходитъ въ навозъ и улучшаетъ его со стороны его химическаго состава; но эта солома, благодаря сравнительно высокому ея питательному достоинству, гораздо чаще скармливаться скоту, чѣмъ употребляется какъ подстилочный матеріалъ (послѣднее случается при излишней грубости матеріала или порчѣ его плѣсневыми грибками и пр.).

Вотъ составъ нѣкоторыхъ видовъ подстилки по анализамъ Ад. Майера:

	Солома хлѣбовъ.	Солома бобовыхъ.	Лиственная подстилка.
Воды	12—21	12—22	13—15%
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 внѣшнихъ 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 $1:\frac{1}{5}$ 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 растеній (Sphagnum); но и торфъ болѣе разложившійся идетъ въ подстилку въ различныхъ формахъ; такъ иногда устилаютъ полъ конюшни кирпичами формованнаго торфа, сверху покрывая ихъ соломой; или дробятъ торфъ на торфяныхъ мельницахъ (или корнерѣзкахъ, жмыходробилкахъ); коли-

чества торфа мѣняются въ зависимости отъ его свойствъ; такъ для войлочнаго торфа разные авторы даютъ нормы отъ 4 до 8 фунтовъ въ сутки на лошадь [1]).

Навозъ въ зависимости отъ своего происхожденія и условій сохраненія имѣетъ различный составъ.

Въ среднемъ (по Вольфу) приходится:

1000 ч. навоза:	воды	азота	P_2O_5	K_2O
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 растеній) веществъ ограничивается долями процента; эти питательныя вещества сопровождаются въ значительной мѣрѣ балластомъ органическаго вещества и воды; на этомъ основаніи (а также въ цѣляхъ улучщенія физическихъ свойствъ почвы) навозъ приходится вносить въ очень большихъ количествахъ по сравненію съ удобреніями ранѣе разсмотрѣнными.

Въ практикѣ употребляется чаще навозъ полуперепрѣвшій; среднія цифры состава такого навоза, которыми можно пользоваться для приблизительныхъ разсчетовъ, для смѣшаннаго навоза таковы:

воды 75%, азота 0,5%, P_2O_5 — 0,2% и K_2O—0,6%.

Составъ навоза, кромѣ того, что зависитъ отъ рода животныхъ, также зависитъ и отъ пищи ихъ; чѣмъ больше бѣлковъ содержится въ пищѣ животнаго, чѣмъ богаче навозъ азотомъ. Мюнцъ и Жираръ

[1]) См. „Энциклопедія Сельскаго Хозяйства", изд. Девріена т. IX, статья „Торфъ и его примѣненія". При опытахъ Feilitzen'a (Швеція) сравнивалось три рода подстилки при одинаковомъ кормленіи, именно: торфъ, солома и опилки, при чемъ велся учетъ состава корма, съ одной стороны, молока и навоза—съ другой; за 10 дней опыта недоставало въ продуктахъ изъ введеннаго съ кормомъ азота:

Торфъ.	Солома.	Опилки.
7,1%	19,8%	11,1%

Затѣмъ полученный навозъ выдерживался въ кучахъ $3^1/_2$ мѣсяца; за это время потери достигали (сверхъ ранѣе наблюденныхъ):

Для всего N	7,4%	20,0%	7,5%
Для азота амміака. . . .	4,7%	51,3%	26,6%

Такимъ образомъ съ точки зрѣнія сохраненія азота торфъ оказался лучшимъ подстилочнымъ матеріаломъ (Bied. Centr. 1910, 694).

подтверждаютъ это положеніе слѣдующимъ опытомъ: при кормленіи рогатаго скота сѣномъ (люцерной), и корнеплодами, съ добавкой ржаной муки, азота въ навозѣ было 0,65%; а при кормленіи соломой, съ добавкой ржаной муки и капустныхъ листьевъ, азота было въ навозѣ до 0,41%; фосфорной кислоты въ первомъ случаѣ было 0,3%, а во второмъ 0,15%.

Количество всего получаемаго въ хозяйствѣ навоза можно для предварительныхъ соображеній разсчитывать или по количеству скота, или по количеству кормовъ.

Жираренъ 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 $^1/_2$ сухого вещества корма, а другая переходитъ 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 $^1/_3$ (предполагая, что весь азотъ переваримыхъ бѣлковъ выдѣленъ черезъ почки). Безазотистыя соединенія—углеводы переваримой части идутъ на дыханіе, а потому въ навозъ не переходятъ. Поэтому, если взять золу, $^1/_3$ 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 пудовъ; рогатый скотъ 600 пуд.; (откармливаемые волы 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; Буссенго нашелъ, что

кубич. метръ свѣж. навоза	вѣситъ	300 – 4000	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.

$$CO\begin{matrix}NH_2\\NH_2\end{matrix} + 2H_2O = CO\begin{matrix}ONH_4\\ONH_4\end{matrix} = (NH_4)_2CO_3.$$

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 пользовакись 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% азота отъ того количества его, которое дано было въ кормѣ.

Такой же опытъ производился надъ рогатымъ скотомъ и здѣсь

получались потери азота въ 27% 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.
» въ подстилкѣ.	3,075	»
Всего	*97,942*	gr.
Потреблено на образов. мяса	8,185	
» шерсти	2,720	
Найдено въ навозѣ	35,425	
Всего.	*46,330*	

Недостаетъ 51,612 gr. или 52,7% N. Нужно замѣтить, что эти опыты происводились 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° C потерялось азота	237	mgr.
» 11	» »	469	»
» 20	» »	704	»
» 30	» »	920	»

Меркеръ даетъ цифры потерь азота нѣсколько ниже, нежели въ въ приведенныхъ опытахъ Мюнца, но все-таки онѣ достигаютъ 13—24% при храненіи навоза въ стойлахъ и еще большихъ размѣровъ, (30—37%) когда навозъ хранился отдѣльно въ гноищахъ (вліяніе избыточной вентиляціи при перемѣщеніи) [1]. Въ опытахъ Ehrenberg'a потери за два мѣсяца не превышали 10% отъ всего азота, если опытъ велся въ холодное время года (при этомъ преобладали потери не въ видѣ амміака).

Для борьбы съ потерями амміака предлагали употреблять различ-

[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.

ныя средства; прежде всего вниманіе останавливается на кислотахъ для связыванія амміака, и дѣйствительно было время когда рекомендовали употреблять съ этой цѣлью разведенную кислоту, поливая подстилку до кислой реакціи, или же ставить 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. Вмѣсто сѣрной кислоты поэтому употребляютъ нерѣдко сѣрнокислыя, соли—гипсъ и желѣзный купоросъ, чаще первый. Основаніе этой соли при обмѣнномъ разложеніи съ углекислымъ аммоніемъ связывается углекислотой, давая осадокъ ($CaCO_3$), а сѣрная кислота связываетъ амміакъ, образуя нелетучую сѣрноамміачную 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 потреблять гипсъ, именно углекислыя щелочи (K и Na), точно также образующія $CaCO_3$ и соотвѣтствующую соль H_2SO_4, поэтому всегда приходится прибавлять излишнее количество гипса для удержанія амміака, чтобы присутствіе нелетучихъ щелочей непарализовало его дѣйствія (кромѣ того часть гипса при процессахъ возстановительныхъ превращается въ CaS). 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 $MgSO_4$, и дѣйствующія такимъ же образомъ. Однако, имѣются наблюденія, что каинитъ способенъ вызывать воспаленіе кожи на ногахъ и на вымени на животныхъ, а попадая внутрь организма каинитъ можетъ вредить [1]) здоровью животныхъ. Поэтому слѣдуетъ избѣгать его примѣненія въ стойлахъ (о примѣненіи при храненіи на гноищѣ см. ниже).

[1]) Наблюдались даже случаи смерти мелкихъ животныхъ (овцы, куры) отъ каинита (куры имѣютъ наклонность проглатывать какъ разъ болѣе крупныя зерна каинита, а 2 gr. уже могутъ быть для нихъ смертельны если не дать послѣ этого пить вволю).

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 извести потребуется большее количество для сохраненія щелочной реакціи нужно ее вносить повторно; хорошее и быстрое смѣшеніе съ твердыми экспроментами является трудно осуществимымъ, а выдѣляющаяся при разложеніи CO_2 превращаетъ известь въ углекислую, которая уже не мѣшаетъ дальнѣйшему образованію и потерямъ амміака (болѣе примѣнима известь для сохраненія жидкихъ выдѣленій, если они собираются отдѣльно отъ твердыхъ въ резервуарахъ, допускающихъ хорошее перемѣшиваніе жидкости).

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, причемъ мѣняютъ чаще только солому, не трогая торфа; рѣже—и то и другое или же пересланваютъ 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	миллигр. N въ 1 куб. метрѣ возд.
» 2	»	0	3	»
» 3	»	0	4	»
» 6	»	1 mlgr.	16	»

По Дегерену, улетучиванье амміака можно предупредить просто созданіемъ среды богатой углекислотой, такъ какъ въ такой средѣ углекислый аммоній не диссоціируетъ и амміакъ не теряется; 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 колоколъ, 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% CO_2). Отсюда значеніе поливки, и извѣстной степени уплотненія (кромѣ того Дегеренъ совѣтуетъ оставлять извѣстную примѣсь стараго навоза къ свѣжему, чтобы послѣдній быстрѣе пришелъ въ разложеніе).

Подобно мочевинѣ, 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_2.	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 Déhérain'омъ для мочевой кислоты [1]).

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 на-

[1]) О разложеніи мочевой кислоты см. работу *Лебедянцева*, въ Извѣстіяхъ М. С. Х. И. 1906, стр. 401. Разложеніемъ гиппуровой кислоты объясняется содержаніе бензойной к. и фенола въ навозной жижѣ (см. *Liechti*, Landw. Jahrb. d. Schweiz, 1906).

ходится 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 распредѣляются въ кучѣ въ зависимости отъ доступа воздуха: при сухой погодѣ, большемъ 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 навозной кучи; показателемъ анаэробнаго броженія можетъ служить въ данномъ случаѣ присутствіе метана [1]).

На поверхности кучи.	Въ срединѣ кучи.	Въ глуб. слояхъ.
CO_2—21,6%	CO_2—31 %	22,7 %
O_2— 0 »	0 »	0 »
N_2—78,4 »	35,5 »	0 »
CH_4— 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; при высыханіи наоборотъ, воздухъ проникаетъ глубже. Разложеніе при доступѣ воздуха идетъ гораздо энергичнѣе, чѣмъ въ условіяхъ анаэробныхъ. Въ зависимости отъ доступа воздуха также и температура внутри кучи можетъ значительно повышаться, какъ это показано въ опытахъ Гэйона (см. стр. 59).

По наблюденіямъ Deherain'а температура внутри разлагающейся массы навоза, чаще всего колеблется около 60° С, но въ нѣкоторыхъ случаяхъ оно доходитъ до 70 и даже 75° въ верхнихъ частяхъ кучи, слѣд., при доступѣ воздуха (въ глубокихъ же слояхъ, куда воздухъ не проникаетъ, температура обычно не превышаетъ 30—35°); при

[1]) См. Dehérain, Chimie agricole, 771 (1902).

50—55° наибольшую дѣятельность проявляетъ организмъ Mesentericus Ruber, а при болѣе высокихъ температурахъ—Thermophilus Grignoni (Chimie agricole 1902). Повидимому Thermophilus Grignoni предпочитаетъ субстратъ болѣе богатый азотистыми веществами; этимъ обстоятельствомъ Dupont 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	**75**	55	25	24	22	20	18	17	15°
Овечій	5	35	50	**65**	40	20	18	18	17	16	15°
Рог. ск.	5	15	25	35	**42**	40	30	20	10	10	9°

Конскій навозъ раньше разогрѣвается и даетъ болѣе высокую температуру, которая по минованіи періода энергичнаго разложенія затѣмъ довольно быстро опускается; если желаютъ получить болѣе равномѣрное и продолжительное разогрѣваніе, то можно примѣшивать навозъ другого происхожденія или разлагающуюся листву (см. Dybowski. Emploi du fumier dans la culture maraichère, Annales agronomiques 1897). При опытахъ Шлезинга въ искусственной обстановкѣ анаэробное броженіе навоза шло еще при 72,5°, лишь при 80° 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 повышать 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° С. Собранные газы и навозъ послѣ опыта были анализированы; получено CO_2 — 4.217 к. с., метана 4.557 к. с., слѣдовательно почти равные объемы, какъ и слѣдуетъ по принятому уравненію ($(C_6H_{10}O_5 + H_2O = 3CH_4 + 3CO_2$). Углерода содержалось въ навозѣ 12,6 gr., а въ продуктахъ собрано 4.7, т.-е. больше $^1/_3$; при этомъ вѣсъ выделенныхъ 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, извлекши достаточный объемъ газа изъ внутреннихъ частей съ помощью аспиратора и удаливши углекислоту, пропустить газъ въ горѣлку и зажечь (Deherain).

Принято думать, что матерьяломъ для метановаго броженія служитъ клѣтчатка но и могутъ служить для этой цѣли другія вещества (крахмалъ, пентозаны, жирныя кислоты, даже бѣлки). 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, сѣроводорода и азота. По опытамъ Deherain'a, недостатокъ щелочи обусловливаетъ выдѣленіе водорода вмѣсто метана; тогда же по его наблюденіямъ, увеличиваются и шансы на выдѣленіе свободнаго азота. Сѣроводородъ можетъ происходить или отъ возстановленія 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; по окончаніи 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 свободнаго азота [1]).

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 распаденіемъ его.

Точно также азотистыя вещества мочи измѣняются только сначала

[1]) Интересно, что Д. и Д. наблюдали въ этомъ опытѣ выдѣленіе CO_2. H_2S, N_2 и CH_4 Выдѣленіе метана при разложеніи бѣлковыхъ веществъ подтверждено теперь болѣе точными изслѣдованіями Омелянскаго (Архивъ біологическихъ наукъ).

въ томъ же направленіи, какъ и въ стойлѣ, т. е., мочевина превращается въ углекислый амміакъ, причемъ это броженіе можетъ достигать maximum'а 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 лабораторныхъ 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. C. 1885) бралась смѣсь экскрементовъ лошади и мелко изрѣзанной соломы; смѣсь эта помѣщалась въ колоколъ съ тубулусомъ обращеннымъ внизъ, такъ чтобы избытокъ жидкости могъ стекать въ находящійся подъ колоколомъ сосудъ, сверху колоколъ закрытъ былъ стеклянной крышкой 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'a [1]) также находимъ опытъ съ разложеніемъ въ искусственной обстановкѣ (при повышенной t° щелочной реакціи); опытъ тянулся три мѣсяца. Въ соломѣ до опыта было азота 0.39 gr., осталось 0.24 gr. Азота въ формѣ NH_3 было 2.64, осталось 0.40, въ азотъ растворимыхъ органическихъ соединеній 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 амидосоединеній, ср. стр. 76). Другая часть амміачнаго азота переходитъ въ органическое вещество благодаря жизнедѣятельносги грибовъ и бактерій, причемъ азотъ переходитъ въ бѣлковыя соединенія, входя въ составъ тѣла названныхъ организмовъ.

[1]) Работы Schloesing'a, Hebert'a, Deherain'a и нѣк. др. авторовъ по разложенію навоза напечатаны въ журналѣ Annales agronomiques (преимущественно 1890—1900).

И такъ, амміакъ, образующійся въ первыхъ стадіяхъ разложенія при распадѣ мочевины, въ послѣдующихъ стадіяхъ переходитъ въ значительной части въ азотъ органическихъ соединеній (отчасти растворимыхъ), отчасти нерастворимыхъ, обычно принимаемыхъ за бѣлковыя вещества (замѣтимъ, что при обычномъ суммарномъ опредѣленіи бѣлковый азотъ не отдѣляется отъ азота гуминовыхъ веществъ).

Спорнымъ является вопросъ, насколько въ навозѣ можетъ имѣть мѣсто нитрификація. Такъ какъ экскременты не содержатъ нитрифицирующихъ бактерій, то необходимо зараженіе ими со стороны; однако въ жидкихъ выдѣленіяхъ и въ навозной жижѣ эти бактеріи развиваться не могутъ (Niklewski); хотя твердыя составныя части навоза не содержатъ веществъ, мѣшающихъ размноженію нитрификаторовъ, но ихъ рѣзко выраженная потребность въ кислородѣ противорѣчитъ предположенію о возможности нитрификаціи внутри навозной кучи. Дѣйствительно, анализы показываютъ, что нитратовъ въ навозѣ мало [1]), или онѣ совершенно отсутствуютъ. Лишь въ наружныхъ частяхъ кучи, въ особенности въ мѣстахъ соприкосновенія съ земляной или торфяной покрышкой ихъ можетъ содержаться замѣтное количество. Въ массѣ же навоза только тогда можетъ быть много нитратовъ, если навозъ смѣшивается съ землею или торфомъ съ добавленіемъ извести [2]), но взгляды на причины отсутствія (или малаго содержанія) нитратовъ у лицъ изучавшихъ это явленіе не сходятся: одни говорятъ, что они и не образуются, а другіе, что они распадаются благодаря дѣятельности денитрифицирующихъ бактерій или другихъ причинъ (напр., по мнѣнію нѣкоторыхъ авторовъ потери азота при гніеніи органическаго вещества навоза въ формѣ свободнаго азота возможны, благодаря тому, что, напр., при соприкосновеніи азотисто-

[1]) Вотъ данныя по распредѣленію азота въ нѣкоторыхъ образцахъ навоза, анализированныхъ Меркеромъ.

	Всего N	N нераств. органич. соед.	N амидный	N амміака	N нитратовъ
1)	0,548	0,364	0,017	0,157	0,004
2)	0,730	0,454	0,037	0,225	0,018
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 амидосоединеній даютъ повышенныя показанія, если не принять спеціальныхъ мѣръ предосторожности.

[2]) Такъ въ опытахъ Меркера при смѣшеніи съ торфомъ и 10% CaO черезъ 5 мѣсяцевъ 29,8% отъ всего азота перешло въ форму нитратовъ.

кислыхъ солей съ амидосоединеніями въ присутствіи CO_2 происходитъ разложеніе ихъ съ выдѣленіемъ свободнаго азота, независимо отъ дѣятельности бактерій).

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. Безъ нитратовъ шло метановое броженіе, а прибавка селитры подавляла его, вызывая выдѣленіе свободнаго 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 подъ вліяніемъ 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.

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° С. 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 [1]).

Подобныя наблюденія относительно выдѣленія свободнаго азота при аэробномъ разложеніи сдѣланы также и другими авторами (Pfeiffer, Jentys, Sjollema); Ehrenberg на основаніи своихъ опытовъ приходитъ къ заключенію, что „біологическое окисленіе амміака до свободнаго

[1]) Подобный фактъ выдѣленія свободнаго азота безъ предварительной нитрификаціи отмѣчаютъ Schittenhelm и Schröter (Z. f. physiologische Chemie, Bd. 40, 70).

азота“ можетъ быть столь же (если не болѣе) вѣроятнымъ источникомъ потерь азота, какъ и денитрификаціи [1]).

Вопросъ о потеряхъ азота такимъ образомъ не является вполнѣ выясненнымъ; но изъ сказаннаго видно, что мѣстное наступленіе нитрификаціи можетъ быть причиной потерь азота въ навозѣ, такъ какъ оно даетъ матерьялъ для денитрификаціи, которая должна наступать во внутреннихъ частяхъ кучи въ случаѣ просачиванья туда нитратовъ, образовавшихся въ поверхностныхъ слояхъ.

Въ навозѣ подъ вліяніемъ низшихъ организмовъ происходитъ рядъ качественныхъ измѣненій при общей убыли сухого вещества. Энергія этихъ превращеній находится въ зависимости отъ условія 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 (также при доступѣ воздуха потери вещества бываютъ выше, чѣмъ при условіяхъ анаэробныхъ).

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 (воды и амміака). Вслѣдствіе трудности составленія средняго образца навоза, учетъ азота и другихъ веществъ не достигаетъ той точности, какая часто была бы желательна.

A priori можно думать, что при раціональномъ 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 веще-

[1]) Mittheilungen d. Landw. Institut Breslau, Bd. V, 871.

ства, вслѣдствіе того, что потерь 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_2O_5.	0,148 »	0,210 »
K_2O	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, неблагопріятныя для нитрификаціи; отмѣчаемъ это въ виду того, что въ нѣкоторыхъ руководствахъ переведеніе азота въ форму нитратовъ 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 останавливается), уменьшаетъ излишнюю вентиляцію (связанную съ потерями NH_3), предохраняетъ отъ развитія плѣсеней, которыя, помимо того, что потребляютъ питательныя вещества, вредны еще и въ томъ отношеніи, 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 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 поступаетъ въ спеціально устроенныя навозохранилища. Послѣднія представляютъ или углубленія, такъ что навозъ находится отчасти ниже поверхности земли (рис. 65-й), или же навозохранилища устраиваются цѣликомъ надъ поверхностью земли и навозъ здѣсь сохраняется въ видѣ кучъ, расположенныхъ на непроницаемыхъ платформахъ (см. рис. 66-й), въ надземныхъ навозохранилищахъ въ сухомъ климатѣ и при недостаточномъ уходѣ возможность потерь больше, такъ какъ площадь соприкосновенія съ воздухомъ больше, и поливка является болѣе необходимой.

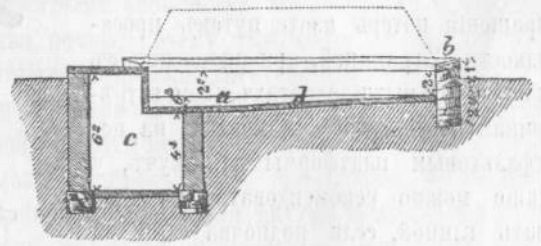


Рис. 65.

При храненіи въ ямахъ возамъ съ навозомъ возможно двигаться по поверхности навоза, надземныя же навозохранилища приходится нагружать и разгружать не въѣзжая на нихъ, такъ что въ этомъ случаѣ поперечные разрѣзы кучъ не могутъ быть произвольно большими (не больше 2-хъ саженъ). Высота обычно не превышаетъ 5—6 ф. Иногда надъ навозохранилищемъ устраивается навѣсъ, что-

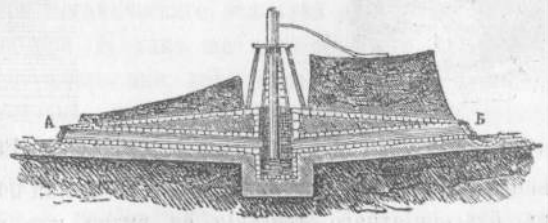


Рис. 66.

бы предохранить навозъ отъ выщелачиванія (рис. 67-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 глинѣ камнемъ или кирпичемъ; встрѣчается и кладка на цементѣ, или ас-

фальтѣ, что болѣе необходимо для сборника или колодца (*c*, рис. 65-й), предназначеннаго для собиранія избытка жидкости, стекающей съ навоза (эта же жидкость служитъ и для поливки съ помощью насоса того или этого простого устройства напр. *четочнаго насоса,* рис. 68-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); экономическія соображенія должны указывать, насколько тщательно возможно устраивать навозохранилища для предотвращенія потерь азота путемъ просачиванья жидкости. Заграницей, при интенсивномъ хозяйствѣ и значительныхъ затратахъ, чаще встрѣчается каменная или кирпичная кладка, на цементѣ и асфальтовыя платформы для кучъ, у насъ же чаще можно рекомендовать дно ямъ просто убивать глиной, если подпочва сама по себѣ не является непроницаемой.

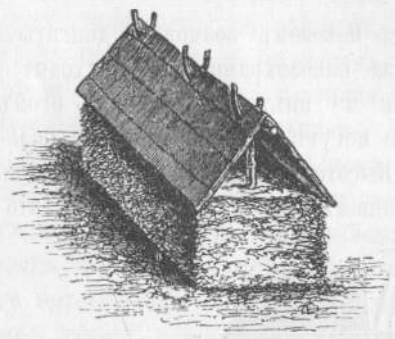


Рис. 67.

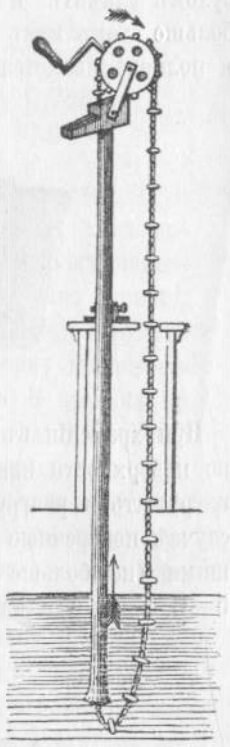


Рис. 68.

Для уменьшенія потерь N примѣняется еще земляная покрышка навоза. Степень благопріятнаго дѣйствія ея видна изъ слѣдующихъ цифръ Гольдефлейсса:

Потеря N навоза безъ покрышки.	23%
» » » съ земл. покрышкой . . .	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 при-

мѣненія этихъ веществъ показываютъ, что дѣйствительно ими удерживается значительное количество азота. Эти консервирующіе матеріалы вліяютъ и на убыль сухого вещества, какъ показываютъ слѣдующія цифры Holdefleiss'a:

	Потеря сухого вещества.
Навозъ 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, благопріятно вліяющими на физическія свойства почвы, почему нѣкоторые авторы, какъ, напр., Дегеренъ, не считаютъ раціональнымъ употребленіе ихъ [1]).

При земляной покрышкѣ 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. Въ этомъ обстоятельствѣ вѣроятно и лежитъ причина противорѣчія нѣкоторыхъ опытовъ съ земляной покрышкой.

Часто навозъ сохраняется и подъ ногами животныхъ. Въ томъ видѣ, какъ этотъ способъ примѣняется въ большинствѣ случаевъ, онъ является довольно совершеннымъ въ смыслѣ полученія удобренія 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 покрышки, такъ какъ навозъ постоянно уплотняется ногами животныхъ, смачивается мочей; послѣднее происходитъ особенно равномѣрно тогда, когда животныя находятся не на привязи. Продуктъ получается вполнѣ доброкачественный. Меркеръ также опредѣлялъ потери N навоза подъ скотомъ и въ навозохранилищѣ. Изъ 469 kilogr. N навоза утратилось:

Въ навозохранилищѣ	172 klgr. N.
Подъ скотомъ	62 „ „

[1]) Одно время, на основаніи опытовъ Меркера, приписывали углекислому кальцію благопріятное вліяніе на ходъ разложенія навоза и сохраненіе азота; но такъ какъ Меркеръ примѣнялъ для консервированія не $CaCO_3$, а почву богатую $CaCO_3$, то означенный выводъ нужно считать необоснованнымъ (см. Bied. Centr. 1903, 373).

Вѣроятно при храненіи навоза подъ скотомъ на относительно хорошее сохраненіе азота вліяетъ 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 диссоціаціи 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 [1]).

Разсмотримъ теперь вопросъ объ *удобрительномъ значеніи навоза*.

Съ навозомъ вносятся элементы какъ положительнаго, такъ отчасти и отрицательнаго дѣйствія на урожай; необходимо возможно расчленить роль отдѣльныхъ ингредіентовъ навоза.

Прежде всего въ навозѣ мы вносимъ азотъ и зольныя вещества, необходимыя для жизни растеній, а затѣмъ мы имѣемъ цѣлый рядъ другихъ воздѣйствій; такъ, перегной, образующійся при разложеніи навоза, необходимъ для поддержанія 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.

---

[1]) Landw. Jahrb. 1907, XXXVI, 588. Въ виду того, что цѣннымъ является собственно азотъ жидкихъ выдѣленій, а азотъ твердыхъ экспрементовъ оказываетъ отрицательное дѣйствіе, Sohxlet предложилъ систематично проводить отдѣленіе жидкихъ выдѣленій отъ твердыхъ; это позволило бы избѣжать чередованія нитрификаціи съ денитрификаціей, вызывающаго потери азота.

При этомъ способѣ пришлось бы во многомъ поступать обратно принятымъ теперь правиламъ, а именно возможно полно отводить жидкія выдѣленія въ резервуаръ, возможно меньше позволяя имъ задерживаться соломой и смѣшиваться съ твердыми экскрементами. Жидкія выдѣленія при этомъ рекомендуется держать въ резервуарѣ, хорошо закрываемомъ, чтобы избѣжать потерь амміака, и примѣнять затѣмъ какъ энергичное азотистое (и также калійное) удобреніе; а твердыя экскременты—сохранять въ отдѣльной кучѣ вмѣстѣ съ соломой; при чемъ послѣ перепрѣванія это удобреніе будетъ служить преимущественно для обогащенія почвы гумусомъ и фосфорной кислотой (см. Deutsche Landw. Presse, 1898 г., стр. 358).

Только въ послѣднее время стали оцѣнивать разныя стороны навознаго удобренія 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 коэффиціентъ использованія азота навоза въ первый годъ по внесеніи 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 коэффиціентъ былъ постояненъ, то можно было бы считать, что мы, давая съ полнымъ навознымъ удобреніемъ 2400 п. п. N вчетверо больше, чѣмъ при удобреніи селитрой, вносимъ равныя количества усвояемаго (въ первый годъ) азота въ обоихъ случаяхъ (см. стр. 151).

Работы Меркера, однако, показали, что Вагнеровскій коэффиціентъ является очень приблизительнымъ, что къ нему подходитъ лишь небольшое число изслѣдованныхъ видовъ навоза, насколько можно судить на основаніи вегетаціонныхъ опытовъ. Меркеръ въ изслѣдованіяхъ имъ образцахъ навоза (около 50) нашелъ такія отклоненія отъ величины Вагнеровскаго коэффиціента:

Число образцовъ	7	10	5	8	7	3	5
Коэффиціентъ . .	60%	45%	36%	25%	14%	3%—13,8%	

Такимъ образомъ, образцы разнаго происхожденія оказали весьма различное дѣйствіе, причемъ иногда дѣйствіе это было даже отрицательнымъ.

Меркеръ пытался установить связь коэффиціентовъ использованія 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 коэффиціентъ использованія 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 коэффиціентъ его использованія.

	Коэффиціентъ использованія.
Въ среднемъ, если %N = 1%	61%
» %N = 0,6 »	47 »
» %N = 0,2 и меньше—	17 »

Совпаденіе замѣчается лишь на среднихъ числахъ, въ отдѣльныхъ случаяхъ послѣдовательность не вполнѣ 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 ингредіентовъ. 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 дѣйствію довольно близокъ къ дѣйствію N селитры, а азотъ въ формѣ кала не только плохо используется самъ, но еще мѣшаетъ использованію азота почвы, вызывая денитрификацію и тѣмъ понижаетъ урожаи. Этотъ опытъ не представляетъ чего-нибудь исключительнаго, онъ повторялся очень многими изслѣдователями, и въ нашихъ культурахъ не разъ тоже дѣйствіе проявлялось въ рѣзкой формѣ, если удобренія вносились подъ яровыя весной, незадолго до посѣва.

Особенно сильно при такихъ условіяхъ понижаютъ урожаи калъ и солома. Приводимъ цифры Меркера относящіяся къ соломѣ.

	Урожай.
Безъ удобренія	5 gr.
Удобр. селитрой	37 »
» соломой	2 »

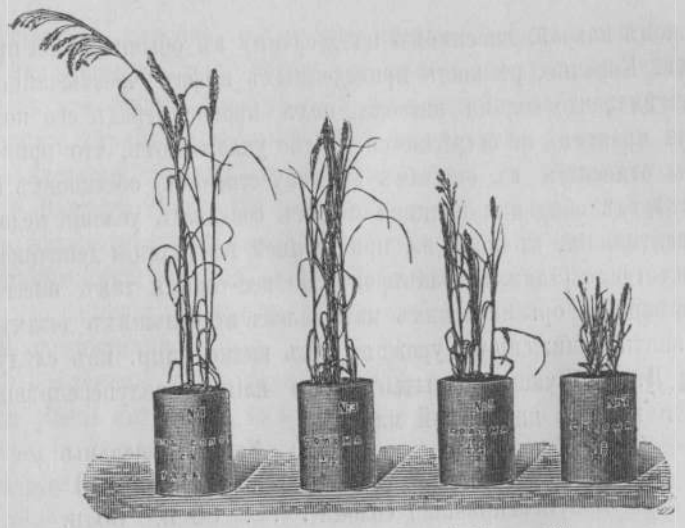
Такъ какъ Меркеру и Вагнеру, высказанъ былъ упрекъ, что они брали слишкомъ большія количества соломы, никогда не встрѣчающіяся въ практикѣ, то въ одномъ изъ нашихъ опытовъ испытано было вліяніе различныхъ количествъ соломы, начиная съ $^1/_4\%$ и до 1% отъ вѣса почвы (что отвѣчаетъ приблизительно 400—1600 пудамъ на десятину); вотъ полученные результаты:

	Безъ соломы	$^1/_4\%$	$^1/_2\%$	1% отъ вѣса почвы.
Урожай ячменя	16,2	10,0	6,6	3,0.

Подобные результаты получены нами и въ другихъ опытахъ (см. рис. 69 и 70) съ различными растеніями (кромѣ бобовыхъ).

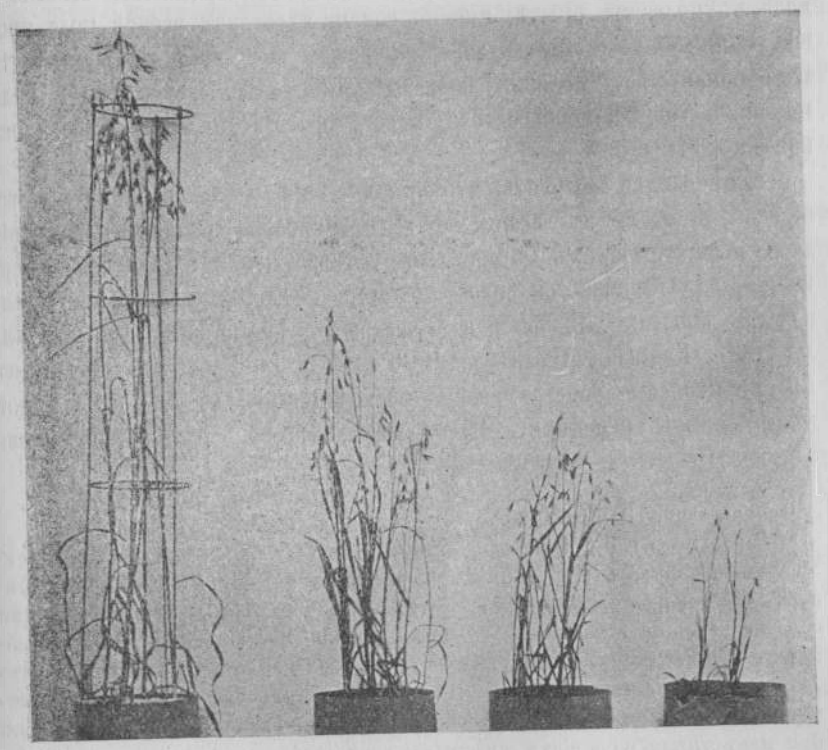
Такимъ образомъ уже $^1/_4\%$ соломы вызывала значительное пониженіе урожая, а такое количество можетъ заключаться въ непере-

Рис. 69. Просо въ песчаныхъ культурахъ.



Безъ соломы. $^1/_4\%$ $^1/_2\%$ 1% соломы.

Рис. 70. Овесъ въ почвенныхъ культурахъ.



Безъ соломы. $^1/_4\%$ $^1/_2\%$ 1% соломы.

прѣвшемъ 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 вентиляціи, въ полѣ же при лучшей вентиляціи денитрификація не достигаетъ такихъ размѣровъ; но все-таки и тамъ внесеніе неперепрѣвшихъ органическихъ матеріаловъ 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 мякины:

	Урожай пшеницы.	
Безъ удобренія	a)	b)
Полуперепрѣвшая солома . . .	83 п.	60 п.
и мякина (2000 п.). . . .	49 »	35 »
Навозъ (2000 п.).	93 »	86 »

Schneidewind [1]), 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 второго года уже наблюдалось полезное дѣйствіе.

Нужно однако замѣтить, что при внесеніи заблаговременномъ (въ пару, 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 г.; также на опытной станціи въ им. Харитоненко констатирована подъ вліяніемъ соломы запаханной въ маѣ лишь временная убыль нитратовъ, ко времени же посѣва озимыхъ различія сглаживались [2]).

[1]) Bied. Centr. 1903, 370.

[2]) См. выпускъ 3-й трудовъ станціи отчетъ В. И. Сазонова. На Шатиловской станціи въ 1901 году наблюдалось пониженіе урожая подъ вліяніемъ соломы запаханной въ іюнѣ, 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 удобреніе, которое можетъ приносить вредъ непосредственно послѣ внесенія только при извѣстныхъ условіяхъ, которыхъ легко избѣжать“ (Arbeiten der Biologischen Anstalt, Band V, стр. 115).

Желательно, конечно, увеличеніе 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 вліяющимъ на урожай.

Что касается причинъ указаннаго явленія, то первоначально Меркеръ и Вагнеръ объяснили пониженіе урожаевъ 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 много не 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 благопріятныя условія для развитія денитрифицирующихъ бактерій. То же самое явленіе пониженія урожаевъ произойдетъ и въ томъ случаѣ, если внести въ почву и другія органическія вещества—углеводы, или взять стерилизованную солому. По опытамъ Дегерена, напр., крахмалъ оказался веществомъ вызывающимъ усиленное разрушеніе нитратовъ въ почвѣ, еще въ большей мѣрѣ, чѣмъ солома; черезъ мѣсяцъ послѣ внесенія его въ почву нитратовъ осталось 33% отъ прежняго количества, а при внесеніи соломы въ тѣхъ условіяхъ—69%.

У Крюгера и Шнейдевинда и также Меркера получены при вегетаціонныхъ опытахъ такія цифры:

	У Крюг. и Шнейд.	У Меркера.
Безъ органическихъ вещ.	33,7 gr.	51,3 gr. (тоже).
+ нестерилизован. калъ	10,2	4,0 + солома не стерилизован.
+ стерилизован. »	9,0	4,7 + солома стерилизован.

Какъ видимъ, стерилизація не устраняла паденія урожаевъ.

При лежаніи навоза органическое вещество перепрѣваетъ, и денитрифицирующая способность соломы и кала падаетъ.

Уже давно извѣстно, что навозъ долженъ до извѣстной мѣры перепрѣть для проявленія своего полезнаго дѣйствія; сообщенные опыты даютъ объясненія этого наблюденія.

Въ одномъ опытѣ былъ взятъ свѣжій навозъ разныхъ видовъ животныхъ и опредѣлено было денитрифицирующее его дѣйствіе. Затѣмъ навозъ былъ помѣщенъ на 50 дней въ термостатъ, при благопріят-

ныхъ условіяхъ разложенія, послѣ чего снова была измѣрена денитрифицирующая способность взятаго матеріала. Измѣненіе послѣдней видно изъ слѣдующихъ цифръ одного опыта:

денитрифицирующая способность навоза	Свѣжаго.	Бывшаго въ термостатѣ.
Конскій навозъ. . . .	100%	27,7%
Навозъ рогат. скота. .	97,7	14,4
Овечій навозъ	70,4	17,0

Пониженіе денитрифицирующей способности (въ этомъ и аналогичныхъ случахъ) при разложеніи навоза объясняется съуженіемъ отношенія азотистой и безазотистой части матеріала.

Кромѣ свойствъ самаго навоза, энергія денитрификаціи зависитъ еще отъ внѣшнихъ условій, какъ-то отъ влажности среды; повидимому, при томъ же самомъ химическомъ составѣ возможна денитрификація — при избыточной влажности; вотъ одинъ относящійся сюда опытъ Варрингтона:

	Количество образовавшейся азотной кислоты.	
% воды въ почвѣ.	Безъ навоза.	При удобреніи навозомъ (2% отъ вѣса почвы).
5%	250 mgr.	270 mgr.
10 »	260 »	260 »
15 »	270 »	490 »
20 »	290 »	290 »
25 »	380 »	220 »

Если внесеніе навоза напр. при 15% влаги не нарушало нормальнаго хода нитрификаціи (даже повышало его, доставляя матеріалъ), то при 25% наоборотъ—количество нитратовъ уменьшалось, (слѣдствіе ли ихъ разрушенія или менѣе 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 неблагопріятнаго дѣйствія навоза въ районахъ экстензивнаго хозяйства, обильныхъ цѣлиной: обыкновенно въ такихъ районахъ нѣтъ правильнаго ухода за навозомъ, онъ лежитъ пересохшимъ и потому не разлагается; если къ этому присоединить неправильную обработку пара, связанную съ изсушеніемъ почвы, то понятно, что неразложившійся навозъ плохо разлагается и послѣ запашки, а затѣмъ способенъ вызвать убыль нитратовъ и понизить урожай.

Поэтому весьма важно при опытахъ по вліянію навознаго удобре- обращать вниманіе на качество употребляемаго навоза.

Здѣсь умѣстно вспомнить, что Костычевъ [1]), еще ранѣе всѣхъ указанныхъ выше работъ по денитрификаціи, считая удобреніе соломой на почвахъ черноземныхъ вреднымъ, утверждалъ, что большей пользы нужно ожидать при удобреніи не самой соломой, а продуктами 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 въ большомъ количествѣ грибовъ и бактерій, а поэтому нитраты не накопляются 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 денитрификаціи, и потребленіе азота въ смыслѣ Костычева при внесеніи матеріаловъ содержащихъ много клѣтчатки и пентозановъ. Дѣйствительно, въ нѣкоторыхъ опытахъ послѣдняго времени находимъ фактическое подтвержденіе этого двойственнаго расходованія азота нитратовъ при внесеніи органическаго вещества (Schneidewind, Pfeiffer, Lemmermann, Rogoyski).

Оказывается, что въ зависимости отъ условій и состава среды, большая или меньшая часть азота исчезающихъ нитратовъ *переводится въ органическое вещество*, такъ что правильнѣе 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 указаннаго Костычевымъ процесса потребленія нитратовъ, но въ случаѣ второмъ можно еще надѣяться на использованіе этого «ретроградировавшаго» азота въ послѣдующіе годы, въ первомъ же случаѣ онъ теряется безвозвратно.

Pfeiffer и Lemmermann [2]) полагаютъ, что въ вышеописанныхъ опытахъ съ соломой и каломъ (Меркера, Вагнера и др.) денитрификаціи собственно даже не принадлежала главная роль, а больше значенія имѣлъ переходъ растворимыхъ азотистыхъ соединеній 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).

Въ связи съ вышесказаннымъ нужно ожидать, что неперепрѣвшая солома должна сильнѣе подавлять дѣйствіе селитры, чѣмъ сѣрнокис-

---

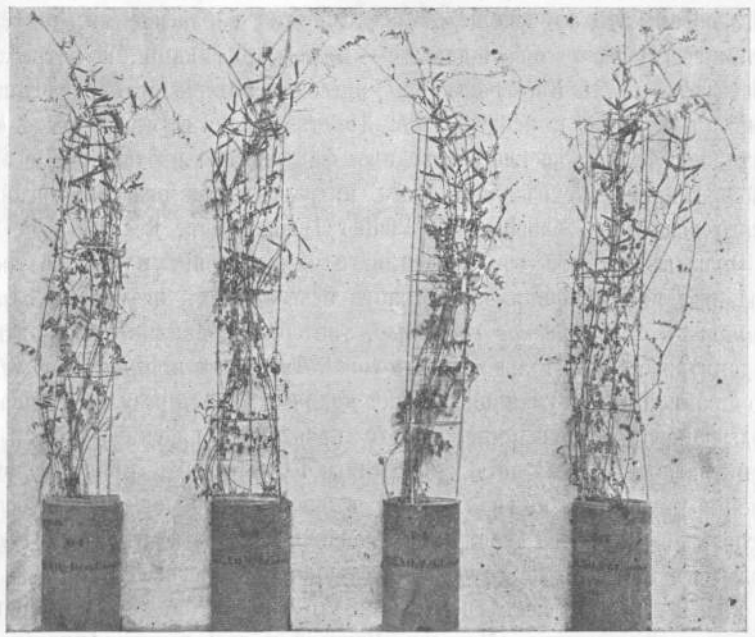
[1]) Обработка и удобреніе чернозема, 1892.

[2]) Landw. Vers. Stat. Bd. 54.

лаго аммонія, такъ какъ въ первомъ случаѣ денитрификація въ собственномъ смыслѣ слова (потеря свободнаго азота) будетъ больше; это дѣйствительно наблюдалось въ опытахъ С.-П.Б. с. хоз. лабораторіи [1]).

При этихъ же опытахъ констатировано, что солома не оказываетъ подавляющаго дѣйствія на развитіе бобовыхъ, что стоитъ очевидно въ связи съ ихъ способностью пользоваться азотомъ воздуха; аналогичный результатъ наблюдался затѣмъ и въ нашихъ культурахъ 1909 года (см. рис. 71-й).

Рис. 71. Вика въ почвенныхъ культурахъ.



Безъ соломы. $^1/_4\%$ $^1/_2\%$ 1% соломы.

Нужно однако замѣтить, что во всякомъ случаѣ въ дѣйствительности гораздо рѣже будутъ встрѣчаться тѣ условія, какія наблюдались при вегетаціонныхъ опытахъ Вагнера и Меркера, такъ какъ вносится обычно не свѣжая, а болѣе или менѣе перепрѣвшая солома

[1]) См. IV отчетъ, статьи проф. П. С. Коссовича. Въ нашихъ культурахъ солома даже смягчала вредное дѣйствіе, вызываемое сѣрнокислымъ аммоніемъ при недостаткѣ основаній въ почвѣ (см. V и VI отчеты о вегетаціонныхъ опытахъ).

и 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 устраняетъ вредныя стороны дѣйствія соломы, видно изъ опытовъ П. С. Коссовича, въ которыхъ достаточно было 47 дневного разложенія, чтобы солома потеряла способность оказывать понижающее дѣйствіе на урожай [1]).

Въ работахъ С. Л. Франкфурта и В. И. Сазанова (l. c.) имѣются данныя о вліяніи различныхъ количествъ обычнаго въ хозяйствахъ (слѣд. довольно соломистаго) навоза на ходъ нитрификаціи въ черноземныхъ почвахъ и на урожай озимыхъ: оказалось, что ко времени посѣва озимыхъ количество нитратовъ не разнится существенно въ почвѣ унавоженной и не унавоженной:

	Нитратный 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 [2]).

Но все же этими цифрами врядъ ли можно пользоваться для обоснованія утвержденія, что денитрификація (= убыль нитратовъ) въ обычныхъ условіяхъ подъ вліяніемъ даже большихъ количествъ (хотя бы и соломистаго) навоза вовсе не происходитъ; очевидно, что въ означенныхъ случаяхъ имѣетъ мѣсто борьба двухъ процессовъ, нитрификаціи и потребленія нитратовъ; отъ внесенія доброкачественнаго навоза естественно ожидать черезъ извѣстный промежутокъ повышенія содержанія нитратовъ въ почвѣ, если же его не наблюдается, то значитъ процессъ нитрификаціи былъ замаскированъ обратными

[1]) См. Труды СПБ. сельскохоз. лабораторіи, выпускъ IV-й. Точно также въ вегетаціонныхъ опытахъ В. И. Сазанова конскій калъ, внесенный съ осени, оказывалъ не понижающее, а повышающее дѣйствіе (см. 3-й выпускъ трудовъ Ивановской станціи въ им. Харитоненко); этотъ фактъ интересенъ, какъ подтвержденіе ранѣе упомянутаго соображенія, что въ большинствѣ вегетаціонныхъ опытовъ подавляющее вліяніе соломы сказалось рѣзче чѣмъ въ обычныхъ условіяхъ хозяйства главнымъ образомъ благодаря весеннему ея внесенію.

[2]) Подобныя же данныя для Полтавскаго опытнаго поля см. въ „Итогахъ работъ за 20 лѣтъ“, вып. 2-й, стр. 282.

вліяніями и результатъ внесенія большихъ количествъ азотистыхъ соединеній временно сведенъ на нѣтъ благодаря присутствію мало перепрѣвшей соломы; очевидно, благопріятное 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 удобренія; но несомнѣнно, что и другія положительныя вліянія навоза (какъ химическія, такъ и физическія) проявляются параллельно съ использованіемъ азота.

Мы обладаемъ пока небольшимъ числомъ цифровыхъ данныхъ по отношенію усвояемости другихъ составныхъ частей навоза, но эти данныя говорятъ скорѣе за лучшее использованіе P_2O_5 и K_2O въ навозѣ по сравненію съ азотомъ; такъ въ одномъ опытѣ Меркера констатировано было хорошее использованье фосфорной кислоты въ первый же годъ (около 50% по сравненіи съ растворимой фосф. к.). На Шатиловской станціи наблюдалось въ одномъ случаѣ использованіе около 65%. Schulze (Бреславль) наблюдалъ на легкихъ почвахъ использованіе 50—60% фосфорной кислоты навоза [1]). Относительно кали можно àpriori 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 усвояетъ около 60% K_2O, введеннаго съ навозомъ. Но и для фосфорной кислоты и для кали желательны болѣе обстоятельныя опытныя данныя [2]).

Нужно замѣтить, что чувствуется недостатокъ данныхъ 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 неунавоживаемыми; часто даже завѣдомо этого равенства нѣтъ, если въ хозяйствѣ предпочитаютъ унаваживать чаще и сильнѣе «слабыя» десятины, чтобы выровнять поля (см. по этому поводу статьи И. І. Шатилова и Я. А. Фокина въ «Хозяинѣ» за 1902 и 1903 г.г.).

---

[1]) Bied. Centralblatt, 1909.

[2]) Попытки прослѣдить распредѣленіе фосфора по разнымъ категоріямъ соединеній (фосфоръ минеральныхъ солей, фитина, фосфатидовъ, бѣлковъ и др. нераств. органич. веществъ) въ связи съ условіями храненія навоза см. въ работахъ М. А. Егорова (Извѣстія Моск. С. Х. Инст. и Журналъ Оп. Агрономіи за 1911 годъ).

Вывозка навоза. При нагрузкѣ навоза пользуются обыкновенно вилами; заграницей 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, равномѣрно распредѣляемыхъ при сбрасываніи съ возовъ, передъ послѣдующимъ ручнымъ разбрасываньемъ. Въ дождливую погоду такія кучи выщелачиваются дождемъ, растворимыя азотистыя вещества проникаютъ съ дождемъ въ почву и мѣсто подъ кучей оказывается переудобреннымъ; при разбрасываніи остальныя части поля получатъ главнымъ образомъ солому, которая не окажетъ положительнаго или даже проявитъ только отрицательное дѣйствіе; слѣдствіемъ является типичная картина пестраго поля, на которомъ темной зеленью и пышнымъ ростомъ выдѣляются мѣста бывшихъ кучъ, остальная часть поля покрыта растеніями плохо развитыми и блѣдной окраски.

Точно также въ сухую погоду такія мелкія кучи теряютъ цѣнныя азотистыя составныя части, такъ какъ они просыхаютъ и пронизываются воздухомъ, уносящимъ амміакъ.

Поэтому лучше навозъ послѣ вывозки тотчасъ разбрасывать и запахивать.

Если же почему либо вывозка навоза должна быть произведена тогда, когда запахать его нельзя (напр. поле занято растеніями), 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 теперь не происходитъ. При таяніи снѣга кучи остаются лежать какъ бы на ледяныхъ подставкахъ; иногда приходится разбрасывать ихъ не сразу, а по мѣрѣ оттаиванья, которое замедляется и для почвы подъ кучами; если не запоздать съ разбрасываніемъ и запа-

хиваньемъ вывезеннаго зимой навоза, то избѣгаются какъ потери, такъ и избыточное удобреніе мѣстъ, гдѣ лежали кучи (на Полтавскомъ опытномъ полѣ не наблюдалось замѣтныхъ различій между зимней и ранней весенней вывозкой навоза; см. «Итоги работъ за 20 лѣтъ», II, 312).

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 раціональнѣе, чѣмъ оставленіе навоза въ небольшихъ кучахъ, хотя хуже, чѣмъ запашка 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 амміачнымъ азотомъ; Дегеренъ доказываетъ, что и въ этихъ условіяхъ возможны потери въ видѣ свободнаго азота. Что органическое вещество при окисленіи способно выдѣлять свободный азотъ, Дегеренъ обнаруживаетъ тѣмъ, что если пропускать воздухъ черезъ трубку съ навозомъ и улавливать амміакъ, 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	»
» поглощено H_2SO_4.	42	»
Недостаетъ N противъ начальн. колич. его .	81	» или 15%.

При пропусканіи озонированнаго воздуха недоставало 19% N. Слѣдовательно, при разложеніи органическаго вещества происходила потеря N не только въ формѣ NH_3, но и въ формѣ не поглощаемой сѣрной кислотой, вѣроятнѣе всего въ видѣ свободнаго 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 поверхн
Кукуруза на зелен. кормъ	1878 г. .	78,000	71,600 kg.
» » »	1879 » .	87,000	58,000 »
Картофель	1878 » .	202	188 »
	1879 » .	275	252 »

Для нашихъ условій имѣемъ опытъ Я. М. Жукова (им. Харитоненко) съ озимыми; навозъ частью запахивался тотчасъ, частью оставлялся лежать или разбросаннымъ въ мелкихъ кучахъ въ теченіе мѣсяца и лишь послѣ этого задѣлывался; вотъ результаты:

	a) всѣ участки вспаханы при вывозкѣ.	b) вспашка произв. лишь при задѣлкѣ навоза.
Навозъ оставленъ въ кучахъ	120 п. зерна	83 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 использованію удобренія присоединилось еще изсушеніе почвы.

Въ засушливомъ климатѣ мыслима даже наличность условій, при которыхъ прикрытіе поля навозомъ дасть болѣе благопріятный результатъ, но въ силу сторонней причины. Разбросанный по полю навозъ задерживаетъ высыханіе почвы, дѣйствуя какъ всякій мертвый покровъ, и наблюдаемое въ этихъ случаяхъ болѣе благопріятное дѣйствіе его должно быть отнесено не на счетъ утилизаціи азота при этомъ способѣ, а на счетъ уменьшенія испаренія воды почвой; въ этомъ и заключается благопріятное дѣйствіе лежанія навоза незапаханнымъ, иногда дѣйствительно наблюдающееся; тутъ уже дѣло не въ удобреніи, а въ сохраненіи влаги [1]).

Ближе на задѣлкѣ навоза и послѣдующихъ операціяхъ не будемъ

[1]) Замѣтимъ однако, что въ условіяхъ Полтавскаго опытнаго поля несмотря на сбереженіе влаги въ почвѣ при лежаніи разбросаннаго на поверхности навоза теченіе мѣсяца не получилось повышенія урожая, а при лежаніи втеченіе 2-хъ мѣсяцевъ наблюдалось пониженіе урожая по сравненію съ тѣми дѣлянками, на которыхъ навозъ былъ запаханъ при вывозкѣ въ половинѣ апрѣля („Итоги работъ за 20 лѣтъ“, II, 313).

останавливаться, такъ какъ онѣ излагаются въ ученіи объ обработкѣ почвы [1]).

Нормальнымъ количествомъ считается 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 болѣе частое унавоживанье является необходимымъ дозы не столь велики [2]). Врядъ ли это общее правило является результатомъ дѣйствительно общихъ причинъ; нужно думать, что часто въ черноземной полосѣ кладутъ излишне большія количества навоза на часть парового поля вмѣсто того, чтобы меньшими количествами удобрить все паровое поле. Такъ, въ опытахъ С.-Л. Франкфурта, произведенныхъ въ свеклосахарныхъ хозяйствахъ ю. з. 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 [3]).

По Трухановскому [4]), 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 »	0,68 »
3000 »	0,34 »	0,50 »

[1]) Кромѣ того, нормы для глубины задѣлки и пріемовъ послѣдующаго ухода за унавоженнымъ полемъ связаны съ особенностями почвъ и другими мѣстными условіями; черноземъ, благодаря бо́льшей его скважности позволяетъ запахивать глубже, напр. на Полтавскомъ опытномъ полѣ глубокая запашка навоза въ предѣлахъ отъ $2^1/_2$ до $4^1/_2$ вершковъ не оказывала замѣтнаго вліянія на урожай, лишь 6-ти вершковая запашка замедляла разложеніе навоза („Итоги“, II, 314), на почвахъ же связныхъ результаты могутъ быть иными (ср. напр. *Филипповскій*. Труды сѣти оп. полей, сообщеніе 15-е), также и при условіяхъ бо́льшей влажности (нечерноземная Россія) глубокая задѣлка будетъ болѣе вредить, чѣмъ въ сухомъ климатѣ.

[2]) См. „Распространенность навознаго удобренія въ Россіи“, X выпускъ „Свѣдѣній“ отдѣла с. х. экономіи и статистики (М. З. и Г. И.), 1901.

[3]) По опытамъ Б. Н. Рожественскаго непосредственное уменьшеніе нормы вносимаго навоза до 1.000 п. можетъ быть сдѣлано только въ тѣхъ случаяхъ, когда вообще дѣйствіе навоза на урожай озимыхъ не очень велико (Труды Ивановской оп. станціи, вып. 2-й).

[4]) Основы ученія объ удобреніи почвъ, Саратовъ, 1897 г., стр. 173.

Эти данныя имѣютъ лишь приблизительное значеніе, ибо выведены изъ совокупности учетовъ, произведенныхъ въ разныхъ хозяйствахъ и въ разные годы, но недостаточно многочисленныхъ и точныхъ.

Размѣръ дѣйствія навоза весьма различенъ, смотря по мѣстнымъ условіямъ; въ общемъ для Россіи мы имѣемъ болѣе рѣзкое (но и болѣе кратковременное) дѣйствіе въ нечерноземной полосѣ, не столь рѣзкое, но болѣе продолжительное въ среднихъ черноземныхъ губерніяхъ, а случаи отрицательнаго дѣйствія наблюдаются на югѣ и юговостокѣ; вотъ нѣкоторыя цифры для чернозема,—отвѣчающія приросту зерна озимаго хлѣба при обычной дозѣ навоза (2400 к.): 17 п. въ Полтавѣ, 35 п.—на Плотянской станціи, 26 п. въ Зміевѣ, 22 п.—въ Золотоношѣ; на Шатиловской станціи наблюдались приросты въ 40 и даже 66 п. при благопріятныхъ метеорологическихъ условіяхъ, на Херсонскомъ опытномъ полѣ навозъ давалъ вообще отрицательные результаты, на Донскомъ—отрицательные результаты на раннемъ парѣ и слабые положительные—на позднемъ подъ рожь, болѣе ясные положительные подъ пшеницу [1]).

Относительно распредѣленія дѣйствія навоза между послѣдовательными растеніями сѣвооборота имѣются разнообразныя данныя, съ трудомъ позволяющія сдѣлать какое-либо обобщеніе. Такъ при одномъ опытѣ въ восточной Германіи (Бреславль), довольно точно проведенномъ при четырехпольномъ сѣвооборотѣ, оказалось, что на первое растеніе приходится около 60% отъ всего дѣйствія навоза (отъ суммы приростовъ за четыре года), а на три слѣдующія культуры дѣйствіе распространяется довольно равномѣрно, около 13% на каждое растеніе. (Bied Centralbl. 1909, 747). Но этотъ случай нельзя обобщать; такъ, на почвахъ черноземныхъ дѣйствіе навоза является гораздо болѣе растянутымъ и по даннымъ собраннымъ Трухановскимъ [3]) размѣръ его не рѣзко отличается для первыхъ трехъ культуръ, слѣду-

[1]) Замѣтимъ что обычно приводимыя цифры, относящіяся къ кратковременнымъ опытамъ, не отражаютъ всего значенія навознаго удобренія; при длительномъ опытѣ, какъ въ Ротаметедѣ, получающія цифры иного порядка, напр. черезъ 40 лѣтъ безнавозной культуры 50 п., а при навозѣ—150 пудовъ на десятину (разность=100 пудамъ зерна).

[2]) Отрицательное дѣйствіе можетъ зависѣть на почвахъ богатыхъ азотомъ при сухомъ климатѣ отъ внесенія съ навозомъ избытка азотистой пищи; для чернозема вообще наблюдается большая потребность въ фосфорѣ, чѣмъ въ азотѣ, а въ крайнихъ случаяхъ отрицательное дѣйствіе послѣдняго можетъ брать перевѣсъ надъ положительнымъ дѣйствіемъ перваго.

[3]) Саратовъ 1897 г.

ющихъ за навозомъ, а на Полтавскомъ опытномъ полѣ [1]) даже наблюдалось большее дѣйствіе на второй хлѣбъ (яровое), чѣмъ на первый (озимое).

На Плотянской опытной станціи въ среднемъ получены такіе проросты для трехъ растеній, слѣдующихъ за навозомъ:

	1. Оз. пшеница.		2. Кукуруза.		3. Яр. пшеница.	
	Зерно.	Солома.	Солома.	Стебли.	Зерно.	Солома.
Безъ навоза. .	134 п.	242 п.	130 п.	215 п.	73 п.	177 п.
2400 п. навоза.	169 «	361 «	152 «	263 «	98 «	200 «
Разность въ пользу навоза.	35 «	119 «	22 «	48 «	25 «	23 «

Такимъ образомъ здѣсь дѣйствіе также растянутое, безъ рѣзкаго паденія (оно конечно въ подобныхъ случаяхъ не ограничивается тремя урожаями, а распространяется еще и на слѣдующіе годы; въ Полтавѣ наблюдали, что при возвращеніи навознаго удобренія черезъ 6 лѣтъ дѣйствіе его еще не вполнѣ исчерпывалось за этотъ періодъ). Для условій нечерноземнаго района напротивъ нужно ожидать сходства съ данными опытовъ въ Бреславлѣ, но опять и здѣсь мѣстныя (особенно почвенныя) условія должны накладывать свой отпечатокъ, и для отдѣльныхъ районовъ необходимо свое мѣстное рѣшеніе вопроса.

Изъ данныхъ того же Полтавскаго опытнаго поля (l. c.) приведемъ примѣръ вліянія навоза на химическій составъ зерна (средняя за 3 года):

	% N		% P_2O_5	
	безъ навоза	съ навозомъ	безъ навоза	съ навозомъ.
Оз. пшеница: . .	1,91%	2,52%	0,77%	1,22%
Яров. пшеница: .	2,03 «	2,24 «	—	—
Овесъ:	1,79 «	2,04 «	—	—

Здѣсь замѣтно ясное повышеніе содержанія бѣлковыхъ веществъ въ зернахъ подъ вліяніемъ навознаго удобренія.

Упомянемъ еще объ одномъ случаѣ прямого примѣненія экскрементовъ травоядныхъ для удобренія — о *толокѣ*. Способъ состоитъ въ томъ, что животныя (обыкновенно овцы) сгоняются на ночь на мѣсто, которое имѣется въ виду удобрить; оставшіеся послѣ ночевки экскременты запахиваются. При такомъ способѣ устраняется необходимость перевозки навоза, употребленіе подстилки и устройство спеціальныхъ приспособленій для храненія навоза и избѣгаются потери.

[1]) См. „Итоги“, II, 225.

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 по вѣсу получается даже въ первомъ случаѣ лишь половинное количество экскрементовъ по сравненію съ нормальнымъ навознымъ удобреніемъ, но эффектъ его значителенъ, такъ какъ здѣсь дѣйствуетъ главнымъ образомъ N жидкой части экскрементовъ, безъ утратъ попадающій въ почву и не сопровождаемый массой соломы.

Тотчасъ послѣ удобренія толокой поле перепахивается; иногда рекомендуютъ и предварительно предъ ночевкой вспахать удобряемое мѣсто, но при этомъ овцы сильнѣе грязнятся.

Компостъ.

Компостъ представляетъ смѣсь, съ одной стороны, веществъ разлагающихся и доставляющихъ элементы пищи растенія, 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, попутно получающіеся въ хозяйствѣ, (напр., трупы павшихъ животныхъ, кости, рога; копыта, шерсть, вредныя насѣкомыя, 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 поступаютъ 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 нѣкоторое количество кали, получающагося изъ обломковъ камней съ шоссе, но усвояемость этого K_2O невелика). Въ тѣхъ же цѣляхъ употребляется и торфъ, обладающій

значительной поглотительной способностью и содержашій органическія вещества, способныя при наличности основаній и изобиліи микроорганизмовъ также приходить въ разложеніе въ компостѣ. Это относится въ особенности къ азотистымъ веществамъ, азотъ которыхъ можетъ перейти въ амміакъ и нитраты подъ дѣйствіемъ нитрифицирующихъ бактерій въ компостѣ. Торфъ въ зависимости отъ происхожденія содержитъ много или мало зольныхъ веществъ. Моховой торфъ, часто состоящій изъ малоизмѣнившихся растеній (Sphagnum), содержитъ мало золы, а луговой, въ образованіи котораго учавствуютъ злаки и осоки, содержитъ значительное количество ея. Встрѣчающійся иногда вивіанитовый торфъ, благодаря содержанію 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 отбросамм 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 жижей, (послѣдняя, кромѣ питательныхъ веществъ вноситъ 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 $^1/_2$ 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 вполнѣ 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 здѣсь можетъ вызвать этіолированіе растеній въ теплое время года, а компостъ можно распредѣлить болѣе равномѣрно. Компостъ обычно представляетъ собою скородѣйствующее удобреніе и дѣйствіе его по большей части ограничивается однимъ годомъ.

Городскія нечистоты.

Значительная часть продуктовъ полеводства (прямо или непрямо) идетъ въ пищу человѣку, слѣдовательно, выдѣленія человѣческаго организма должны содержать большія количеста азота и зольныхъ составныхъ частей, взятыхъ растеніями у почвы. Сравнительно съ изверженіями травоядныхъ, отбросы человѣческаго 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 пищѣ животныхъ (сѣнѣ) содержится 1,5% азота, считая на сухое вещество, то въ пищѣ человѣка его бываетъ отъ 2—3% (зерна хлѣбовъ до 15% (мясо). Во-вторыхъ, пища эта болѣе переваримая, значитъ большая часть ея окисляется давая въ H_2O и CO_2, а потому оставшаяся еще больше обогащается процентно азотомъ, чѣмъ въ организмѣ травоядныхъ. Въ связи съ родомъ пищи непереваримые остатки ея, плюсъ сухое вещество мочи могутъ содержать до 15% азота, который здѣсь иначе распредѣляется между твердыми и жидкими изверженіями; въ сухомъ веществѣ твердыхъ выдѣленій 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 выдѣленіямъ 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 »
золы	4,5 »	14 »
фосфорн. кислоты .	1,35 »	1,78 »
K_2O	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:

	Твердыя изверж.	Жидкія.	Смѣсь ихъ.	
H_2O	75%	95%	93%	
N	1,5 »	1 »	1 »	и меньше
P_2O_5	1,0 »	0,15 »	0,2 »	
K_2O	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 азота 0,549, фосфорной кислоты 0,167; кали было въ $1^1/_2$ 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 при этомъ 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 обоихъ указанныхъ 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 сплавной канализаціей). Центральный резервуаръ соединенъ сѣтью 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 собиранія нечистотъ избѣгается ихъ разложеніе и экскременты собираются свѣжими въ цементный резервуаръ, откуда они или поступаютъ въ продажи огородникамъ, или же высушиваются для приготовленія пудрета.

Къ экскрементамъ примѣшиваютъ иногда вещества дезинфицирующія или по крайней мѣрѣ устраняющія развитіе непріятно 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. Кромѣ того употребляется сѣрнокислый цинкъ, гипсъ; поглощающимъ средствомъ служитъ часто земля (250 килогр. на человѣка въ годъ), а особенно торфяной порошекъ (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 мѣстами изъ этихъ отбросовъ готовятъ пудреты, т. е. высушиваютъ ихъ и превращаютъ въ порошекъ, чтобы избавиться отъ массы воды и сдѣлать удобреніе выносящимъ перевозку на большія разстоянія. Самый простой способъ приготовленія пудрета состоитъ въ томъ, что матеріалъ помѣщается въ ямахъ, отстаивается жидкость удаляютъ, осадокъ выкладываютъ на края ямы и даютъ высохнуть. Высыханіе влагоемкой массы идетъ медленно, сопровождается сильнымъ разложеніемъ, теряется масса амміака. Полученный матеріалъ содержитъ до 2% азота и 4% фосфорной кислоты. Примѣняютъ при сушеніи иногда торфяной порошекъ и другіе матеріалы, позволяющіе уменьшить потери азота. Иногда сушеніе производится съ прибавленіемъ кислотъ для задержанія 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 утилизаціи нечистотъ: вся масса безъ отстаиванія подвергается отгонкѣ съ примѣсью $Ca(OH)_2$, амміакъ улавливается сѣрной кислотой и поступаетъ въ продажу какъ $(NH_4)_2SO_4$; остальная масса отстаивается, выдѣляя осадокъ и слой жидкости вверху; послѣдняя сливается, а осадокъ сушатъ, предварительно подвергая центрофигурованію. Используется 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 матерьялъ и труднѣе выдѣляемый.

Пудретъ обычно содержитъ азотъ въ формѣ используемой растеніями лучше, нежели азотъ навоза. Такъ. въ первый годъ изъ пудрета переходитъ въ усвояемое состояніе до 56—60% азота.

Въ Голландіи при употребленіи необработанныхъ (сырыхъ) нечистотъ, ихъ по доставкѣ изъ города помѣщаютъ въ резервуары, разбавляютъ водой и прибавляютъ къ нимъ навозной жижи или еще чего либо, способнаго внести элементы пищи растенія (жмыхи). Подготовленной 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 подъ 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 употребленіи экскрементовъ 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 содержаніемъ 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 цѣлью 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 рѣки въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ спускаются нечистоты: рыба перестаетъ водиться на значительномъ протяженіи, количество растворенаго кислорода сильно понижается, бактерій—увеличивается. Съ цѣлью обезвредить эти нечистоты пробовали фильтровать ихъ, но при этомъ задерживаются только механически взвѣшенныя части; химическіе способы осажденія давали малоцѣнные неиспользуемые осадки. Лучшимъ оказалось фильтраніе канализаціонныхъ водъ черезъ почву; процѣживанье черезъ эту среду населенную микроорганизмами и порозную 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 азотнокислыхъ солей; послѣ окисленія жидкость является освѣтленной и обезвреженной. Этимъ фильтраніемъ и воспользовались съ цѣлями сельскохозяйственными, какъ средствомъ удобренія.

Поля орошенія существуютъ теперь во многихъ большихъ городахъ Европы, но вездѣ цѣль обезвреживанья является первенствующей, а сельскохозяйственная — побочной: такъ, въ Парижѣ въ годъ на десятину этихъ полей доставляется свыше 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 $^1/_4$ 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. Урожаи получаются громадные, такъ кормовая 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 $1^1/_4$ милліона жителей; въ среднемъ на человѣка поступаетъ до 100 литровъ жидкости. (При разсчетѣ 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 единицѣ площади обезвредить возможно большее количество нечистотъ; слой воды, который профильтровывается черезъ почву, не считая осадковъ атмосферы, равняется $1^1/_2$ 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 пре-

дубѣжденію, отчасти и потому, что овощи эти дальше 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 конюшень конно-желѣзныхъ дорогъ). Растенія эти культивируются на грядахъ, а между грядами пропускается канализаціонная вода.

Травы оказались тоже очень благодарными за такое орошеніе, въ особенности итальянскій райграсъ, тимофеевка, англійскій райграсъ, 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 [1]).

Кромѣ огородной культуры и орошаемыхъ луговъ часть площади приходится отводить подъ зимніе бассейны. Теплота воды повышаетъ температуру земли и фильтрованіе продолжается всю зиму [2]). Эти бассейны впослѣдствіи подвергаются культурѣ, но иногда приходится оставлять ихъ на годъ подъ чернымъ паромъ, такъ какъ поверхность почвы покрывается пленкой различныхъ остатковъ (главнымъ образомъ растительныхъ волоконъ), которая мѣшаетъ проникновенію воздуха внутрь, а потому приходится усиленно заботиться объ ускореніи разложенія.

Кромѣ перечисленныхъ видовъ пользованія, поливаемыя площади

[1]) Такъ Volhard нашелъ 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 Jose 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).

[2]) Это согрѣвающее вліяніе сточныхъ водъ можетъ быть использовано для удлиненія вегетаціоннаго періода и увеличенія числа укосовъ, которое напр. подъ Миланомъ доходитъ до 10; лучшіе участки такихъ орошаемыхъ и зимою луговъ (marcita) даютъ тамъ до 1800 пудовъ сѣна въ за 10 укосовъ, которые снимаются ежемѣсячно, кромѣ декабря и января (смотри объ этомъ статью автора въ Вѣстникѣ С. Х. за 1905 г., № 9-й).

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 безплодна вслѣдствіи отсутствія питательныхъ веществъ, а мѣстами вслѣдствіе близости соленой воды. Орошеніе сточными водами уничтожаетъ соленость и обогащаетъ почву питательными веществами. Опыты огородной культуры удались очень хорошо и дѣло начало быстро расширяться [1]).

Культура на поляхъ орошенія въ Москвѣ дала хорошіе результаты для капусты, свеклы, огурцовъ и другихъ овощей, затѣмъ для викковой смѣси, кукурузы на кормъ и злаковыхъ кормовыхъ травъ [2]).

[1]) См. статьи *Селиванова* (Записки Ново-Александр. Инст.; т. XI)) *Бычихина* (Записки Общества С. Х. Южной Россіи 1893 г.).

[2]) См. „Объ организаціи полей орошенія г. Москвы“, проф. Вильямса (1899 и 1901). Объ организмахъ, населяющихъ загрязненныя воды см. у *Никитинскаго*, Біологическое обслѣдованіе р. Москвы, 1909.

Косвенныя удобренія.

Къ числу косвенныхъ удобрительныхъ средствъ относятся такія, которыя вносятся въ почву не съ цѣлью прямого обогащенія ея элементами пищи растеній, 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 удобреніемъ 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 удобреніе, но она вносится иногда невольно (напр. какъ составная часть стассфуртскихъ солей), а потому съ дѣйствіемъ ея нелишне познакомиться.

Изъ ученія о поглотительной способности почвъ мы зчаемъ, 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, каліевый, 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. Потомъ почва промывалась растворомъ солей калія въ одномъ случаѣ и растворомъ солей калія и натрія въ смѣси въ другомъ. Если вводить только калій, то онъ поглощается въ верхнихъ слояхъ почвы, а если примѣшать соль натрія, то соли калія проходятъ и въ болѣе глубокіе слои.

Такъ какъ внесеніе поваренной соли отчасти возмѣщаетъ калійное удобреніе, то это и является главной причиной, почему хлористый натрій вызываетъ иногда благопріятные результаты послѣ внесенія.

Но хлористыя соли на многія растенія дѣйствуетъ неблагопріятно (картофель); только нѣкоторыя группы растеній относятся къ нему (до извѣстныхъ предѣловъ) безразлично. Замѣчено, что болѣе благопріятно дѣйствуетъ NaCl на прядильныя растенія и кормовыя травы; это ставять въ связь съ тѣмъ что это удобреніе способствуетъ развитію стеблевыхъ органовъ (въ которыхъ преобладаетъ калійныя соли). Такъ, въ одномъ опытѣ, на неудобренныхъ участкахъ клевера, напр., % стеблей въ массѣ урожая равнялся 32%, послѣ удобренія NaCl % стеблей повысился до 52%.

Известь.

Болѣе важнымъ косвеннымъ удобреніемъ является *известь;* хотя известь представляетъ необходимое для развитія растеній вещество [1]), 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	»	»	0.05 »
»	»	гороха	»	»	0.12 »
»	соломѣ	злаковъ	»	»	0.26 »
»	»	гороха	»	»	1.86 »

Слѣдовательно, обычныя растенія полевой культуры — хлѣбные злаки содержатъ мало извести въ урожаѣ, гораздо меньше чѣмъ фосфорной кислоты и кали; кромѣ того съ навозомъ значительная часть извести, находящейся главнымъ образомъ 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. CaO, 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 функцій.

Въ почвѣ известь встрѣчается въ различныхъ формахъ и оказываетъ рядъ полезныхъ воздѣйствій: нейтрализуетъ кислоты перегной-

[1]) О значеніи кальція для растеній см. обзоръ *Bruch*'а, Landw. Jahrbücher XX, 1901, III Supplement; также у *И. Коновалова*, „Къ вопросу о физіологическомъ значеніи Ca", Извѣстія Кіевскаго Политехнич. Института. 1907.

ныя и кислоты, образующіяся при нитрификаціи, вступаетъ въ реакцію къ кислыми соединеніями при внесеніи суперфосфата 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 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 $CaFl_2$.

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 необходимыми [1]). Можно сказать, что чѣмъ больше содержитъ почва ила, тѣмъ болѣе нуждается она въ извести; Мюнцъ полагаетъ, напр., что желательно присутствіе отъ 4 до 5% извести для почвъ глинистыхъ и до 1% для почвъ песчаныхъ.

Но эти цифры слишкомъ высоки; дѣйствительность обнаруживаетъ значительно меньшее содержаніе извести въ культурныхъ почвахъ.

---

[1]) Между прочимъ по мнѣнію Loew'a имѣетъ значеніе нестолько установленіе абсолютныхъ нормъ, сколько выясненіе соотношенія между известью и другими составными частями почвы; Loew полагаетъ, что отношеніе между количествами извести и магнезіи должно быть не менѣе 3:1, иначе относительный избытокъ магнезіи можетъ быть вреденъ. Въ виду малой доказанности этого утвержденія не будемъ входить въ подробное разсмотрѣніе относящагося сюда матерьяла. (Нѣкоторыя фактическія данныя см. у *Альтгаузена*, опыты по известкованію, въ VI вып. трудовъ СПБ. с.-хоз. лабораторіи); также у Lemmermann'a, въ Landw Jahr. 1911 г.

Такъ, по изслѣдованію D. Meyer'a для значительной серіи почвы Германіи оказалось содержаніе извести въ среднемъ для тяжелыхъ почвъ равнымъ 0,65%, а для легкихъ—0,33%; при этомъ обнаружилось, что лишь меньшая часть извести находится въ формѣ углекислой; въ среднемъ для тяжелыхъ почвъ 26% и для легкихъ—около 20% отъ всего ея количества. Это показываетъ, насколько опредѣленіе извести по углекислотѣ отличается отъ общаго содержанія извести въ почвѣ. D. Meyer показалъ затѣмъ, что количество такъ наз. «дѣятельной» извести точно также не измѣряется только количествомъ углекислой извести, но и известь водныхъ силикатовъ (цеолитовъ) играетъ замѣтную роль въ реакціяхъ почвъ (см. примѣчаніе на стр. 46-й).

Обычнымъ удобреніемъ является известь въ формѣ CaO. Такъ какъ она встрѣчается въ природѣ обыкновенно въ видѣ $CaCO_3$ (известняки), въ трудно измельчаемомъ состояніи (что неудобно для ея распредѣленія), то ее обжигаютъ, хотя это обжиганіе не имѣетъ въ виду только достиженіе этой цѣли; известь послѣ обжиганія, переходя въ форму CaO, становится энергичнѣе со стороны ея воздѣйствія на соединенія почвы; кромѣ того при обжиганіи теряется 44% ея вѣса (выдѣленіе CO_2), что имѣетъ извѣстное значеніе еще и въ смыслѣ удешевленія перевозки; такая обожженная известь разсыпается въ мелкій порошекъ при гашеніи, сильно увеличиваясь въ объемѣ.

При употребленіи различаютъ известь тощую отъ жирной. Чѣмъ меньше въ извести песку и другихъ постороннихъ примѣсей, тѣмъ она «жирнѣе», тѣмъ энергичнѣе реагируетъ съ водой и легче распадается, и наоборотъ.

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 гашеніе 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 гашенія въ кучи приливаютъ воды, но эта операція требуетъ

осторожности, такъ какъ при избыткѣ воды получается вмѣсто хорошо размельченнаго порошка мажущаяся масса, распредѣленіе 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 пріемовъ известкованія.

Количество извести, въ которыхъ она вносится въ почву, колеблются 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 могутъ служить цифры въ 50 и 1000 пуд. Избыточное количество извести можетъ быть вреднымъ, кромѣ того внесеніе большихъ дозъ обходится дорого; по этому чаще всего вносятъ не болѣе 100—200 пуд. 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 біологическихъ процессовъ, но затѣмъ разложеніе возстанавливается (послѣ перехода извести въ $CaCO_3$ и др. соединенія) еще съ большею энергіей, чѣмъ до известкованія [1]).

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 основаній для нейтрализаціи, а также и благодаря наличности подготовленнаго известкованіемъ амміака. У Буссенго при внесеніи 1% извести образовалось 76 mlgr. амміака черезъ мѣсяцъ, а въ неудобренной почвѣ всего 5 mlgr.; для нитратовъ отношеніе было въ 1-й мѣсяцъ обратнымъ, но потомъ процессъ нитрификаціи въ первой почвѣ значительно обогналъ нитрификацію второй [1]). Отмѣтимъ, что по нѣкоторымъ наблюденіямъ послѣ сильнаго известкованія уменьшается количество клубеньковъ на бобовыхъ, высѣваемыхъ вслѣдъ примѣненіемъ этого пріема.

Известь способствуетъ вывѣтриванію безводныхъ силикатовъ (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 косвенно ускоряетъ окисленіе нѣкоторыхъ закисныхъ соединеній почвы, напр., вредныя соединенія закиси желѣза переходятъ въ соединенія окиси подъ вліяніемъ извести гораздо быстрѣе, 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, удерживая ее отъ перехода въ фосфаты желѣза и даже отнимая часть фосфор-

[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 г.; также Lemmermann. lc.).

[1]) Въ одномъ произведенномъ у насъ опытѣ черноземная почва при внесеніи умѣренныхъ количествъ извести (0,2%) обнаружила повышенную нитрификацію уже черезъ 3 недѣли, такъ что той временной задержки, которую наблюдалъ Буссенго при 1% извести, здѣсь не было или же она была гораздо болѣе кратковременной и не могла быть подмѣчена при анализахъ черезъ 3 недѣльные промежутки.

Вотъ цифры для этого опыта (анализы студентовъ Рубина и Галецкаго)

	Сроки:	0	3 нед.	6 нед.	9 недѣль.
Безъ извести.	Нитраты	58,8	69,3	90,3	96,8 mgr.
	Амміакъ.	14,0	17,5	26,7	16,8
	Сумма.	**7,28**	**86,8**	**117,0**	**113.6**
Съ известью.	Нитраты	58,8	85,7	120,8	118,3
	Амміакъ	14,0	14,8	29,4	35,6
	Сумма.	**72,8**	**100,5**	**150,2**	**153,8**

(См. статью автора въ журналѣ Опытной Агрономіи, 1903 г., 262).

ной кислоты отъ фосфатовъ желѣза и глинозема [1]); но этотъ довольно сложный процессъ является недостаточно еще уясненнымъ (на трехкальціевый 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%); послѣ высушиванія онъ ронялъ ихъ съ опредѣленной (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.

Вообще известь помогаетъ использованію питательныхъ веществъ запаса почвы, но внесенію ея, конечно, не увеличиваетъ ихъ запаса. Прежде, когда не было правильныхъ представленій о роли различныхъ удобреній, послѣднее обстоятельство игнорировалось, часто этимъ пріемомъ злоупотребляли и приходили въ концѣ концовъ къ результатамъ неблагопріятнымъ. Такъ какъ урожаи на известковыхъ почвахъ послѣ нѣкотораго подъема впослѣдствіи быстрѣе падали, чѣмъ на неизвестковыхъ (вслѣдствіи болѣе быстраго израсходованія запаса питательныхъ веществъ почвы), то въ Западной Европѣ сложилась пословица, что «известь, обогащая отцовъ, разоряетъ дѣтей». Это, конечно, могло быть вѣрно, если только пользоваться известкованіемъ неумѣренно и вмѣстѣ съ известью не употреблять другихъ удобреній. Но часто известь 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 известь и начали на известкованныхъ поляхъ воздѣлывать клеверъ, а впослѣдствіи появились посѣвы и пшеницы; одновременно произошелъ подъемъ и скотоводства. Въ Бретани въ побережной полосѣ, за которой сохранилось названіе «золотого пояса» (ceinture dorie) культура сто-

[1]) См. *Костычевъ*. Нерастворимыя фосфорнокислыя соединенія, 1881; *Sutherst*, Bied. Centralblat, 1902, 796; *Gerlach*, Landw Vers. Stat., Bd. 46; *Георгій*, 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).

итъ 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 известь; наиболѣе сильно реагировали подзолы, но реакція сказалась болѣе или менѣе и на другихъ почвахъ. При послѣдующихъ опытахъ наблюдалось, что разныя почвы выносятъ различныя количества извести; такъ на нѣкоторыхъ почвахъ внесеніе 1% извести отъ вѣса почвы уже оказывалось избыточнымъ и давало меньшій урожай, нежели внесеніе ½%; на другихъ почвахъ предѣлъ полезнаго дѣйствія лежалъ выше.

Вотъ примѣры изъ опытовъ 1907 года.

	Безъ CaO.	¼%.	½%.	1% CaO.
Черноземъ	8,0	9,0	13,8	19,6 гр. (пшеница).
Болотный суглин. .	9,0	16,6	20,2	8,1 » (овесъ)

Нужно имѣть въ виду что, 1% извести отъ вѣса почвы представляетъ величину, превосходящую обычно вносимыя количества извести; но причины вреднаго дѣйствія большихъ количествъ извести (даже $CaCO_3$) видимо лежатъ въ наступленіи щелочной реакціи, вѣроятно связанной съ образованіемъ углекислыхъ щелочей; правда опыты проф. П. С. Коссовича показали, что простое промываніе почвы водой еще не устраняетъ вредныхъ послѣдствій избыточнаго известкованія [1]); но вода могла извлечь лишь ранѣе образовавшіяся углекислыя щелочи, если же причиной ихъ образованія было наличность углекислаго кальція, то это причина могла продолжать оказывать свое дѣйствіе и послѣ промыванія). Въ этихъ же опытахъ обнаружилось, что почвы сильно выщелоченныя и обѣдненныя известью (подзолы), хорошо реагируя на внесеніе извѣстныхъ количествъ извести, въ тоже время наиболѣе чувствительны и къ внесенію большихъ избытковъ ея.

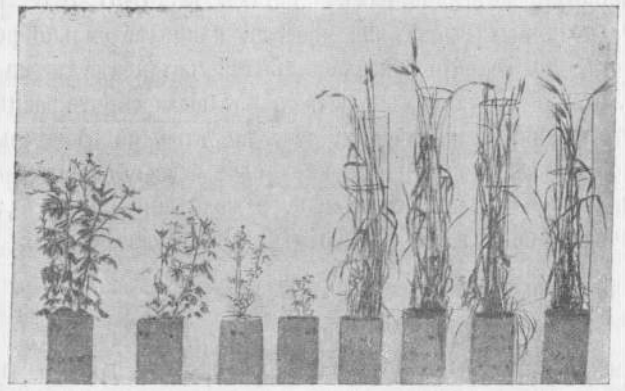
При удобреніи луговъ известью наблюдается улучшеніе ботаническаго состава: процентъ бобовыхъ и кормовыхъ злаковъ возрастаетъ насчетъ сокращенія нежелательной растительности другихъ семействъ.

Изъ растеній полевой культуры хорошо реагируютъ на известь какъ хлѣба, такъ и бобовыя, но исключеніе представляютъ люпинъ и серрадела, подъ которые известкованіе не примѣняется во избѣ-

[1]) Труды С. Х. лабораторіи, вып. IV и VI.

жаніе обычно имѣющаго мѣсто при известкованіи подъ эти растенія пониженія урожаевъ [1]).

Рис. № 72. Люпинъ и пшеница (одна и таже почва).



Безъ извести. $^1/_4$% $^1/_2$% 1% Безъ извести. $^1/_4$% $^1/_2$% 1% $CaCO_3$.

Известь вносится въ почву также въ видѣ *углекислой извести*, если только есть возможность внести ее въ удобораспредѣляемомъ состояніи, напр., въ видѣ *мергеля*, представляющаго изъ себя тонкую смѣсь углекислой извести съ глиной. Мергель характеризуется смотря по преобладанію той или другой части въ немъ какъ известковый, содержащій отъ 50 до 95% извести; глинистый съ содержаніемъ извести меньше 50% и песчаный, въ случаѣ значительной, примѣси песка; рѣже въ составъ мергеля входитъ и углекислый магній; иногда въ немъ содержится до $^1/_2$% фосфорной кислоты, и тогда мергель можетъ обогащать почву фосфорной кислотой, такъ какъ его вносится въ почву обычно значительное количество.

[1]) Причины отрицательнаго дѣйствія извести на эти растенія недостаточно выяснены; очевидно и это отрицательное вліяніе извести должно быть объяснено косвеннымъ воздѣйствіемъ. такъ подобно всѣмъ высшимъ растеніямъ, люпинъ также нуждается въ извести для своего развитія (см. соотвѣтственные опыты въ нашихъ отчетахъ о культурахъ за 1901-й и слѣд. годы). Вѣроятно болѣе правильно будетъ сказать, что предѣлъ полезнаго дѣйствія при культурѣ люпиновъ лежитъ ниже по сравненіи съ злаковыми и другими бобовыми, чѣмъ выставлять въ общей формѣ положеніе о неблагопріятномъ отношеніи люпина къ извести (см. между прочимъ статью Хандурина въ Журн. Оп. Агрономіи).

Мергель вывозится съ осени на паровыя поля; подъ вліяніемъ влажности и измѣненій температуры онъ размельчается; для равномѣрнаго распредѣленія его разбрасываютъ и запахиваютъ. Онъ вносится въ количествахъ отъ 600 до 2000 и даже до 15000 пуд. на десятину; въ послѣднемъ случаѣ удобреніе имъ будетъ граничить уже съ кореннымъ улучшеніемъ почвы. Рекомендуютъ, когда есть возможность выбора, вывозить на глинистыя почвы песчаный мергель и наоборотъ, въ видахъ улучшенія физическихъ свойствъ почвы.

Дѣйствіе мергеля по характеру такое же, какъ и жженой извести, но менѣе энергично.

Какъ удобрительныя вещества, содержащія значительное количество извести, вносятся иногда отбросы свеклосахарнаго и газоваго производства.

Дефекаціонная грязь съ свеклосахарныхъ заводовъ содержитъ значительное количество извести, наряду съ другими важными для растеній веществами. По составу она бываетъ довольно различна на различныхъ заводахъ.

Въ среднемъ дефекаціонная грязь содержитъ.

$CaCO_3$	около	40%
H_2O	»	40%
N	»	0.3—0.5%
P_2O_5	»	$^1/_2$—1%.

Но отъ этихъ нормъ часто встрѣчаются отступленія, именно можетъ содержаться больше $CaCO_3$ и меньше P_2O_5 и N [1]).

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 соотвѣтственнаго количества навоза (С. Л. Франкфуртъ). Употребляютъ 300—600 пуд. и болѣе дефекаціонной грязи при внесеніи 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 удобренія тотчасъ же; она содержитъ ядовитыя для растеній вещества, и нужно дать ей полежать нѣкоторое время на воздухѣ, прежде чѣмъ употреблять въ качествѣ удобренія.

[1]) См. анализы въ Трудахъ Ивановской оп. станціи (им. Харитоненко), вып. 1-й и 2-й.

Гипсъ.

Въ качествѣ косвеннаго удобренія играетъ значительную роль *гипсъ*— сѣрнокислый кальцій, содержащій кристаллизаціонную воду (но встрѣчается и *ангидридъ*, 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 сѣрной 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:

$CaSO_4$ 64%
P_2O_5 . . . . . 2—3—5%
Глины и песка до 30%

Гипсъ употребляется почти исключительно какъ поверхностное удобреніе 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 въ растенія, то въ исключительныхъ случаяхъ оно достигаетъ громадныхъ размѣровъ. Такъ у Буссенго неудобренный участокъ далъ 1000 kgr. клевернаго сѣна, а удобренный гипсъ 5900 kgr.; обычно же дѣйствіе не столь громадное, но опредѣленно благопріятное. У А. Н. Энгельгардта безъ удобренія 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 [1]). Разсыпаютъ его весной, или послѣ перваго укоса, или же съ осени: послѣднее примѣняется

[1]) Конечно при обычныхъ дозахъ гипса, въ 15—20 пудовъ на десятину.

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 удобренія связано съ именами тѣхъ же лицъ, которые способствовали введенію культуры клевера, напр., Шубартъ (von Kleefeld).

Среди объясненій дѣйствія гипса есть много различныхъ варіантовъ. Либихъ высказывалъ, что гипсъ дѣйствуетъ растворяющимъ образомъ на другія вещества почвы и помогаетъ поглощенію углеамміачной соли 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 удобреніе въ количествѣ 20 п. (и даже меньше), могла оказать вліяніе на поглощеніе амміачныхъ солей почвеннымъ слоемъ, вѣсъ котораго простирается до сотенъ тысячъ 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 $(NH_4)_2\ CO_3$. Буссенго полагалъ, что гипсъ, дѣйствуетъ прямо, какъ растворимая форма извести; Ритгаузенъ также приписывалъ гипсу дѣйствіе прямое, но при этомъ онъ видѣлъ въ немъ прежде всего источникъ сѣры. Это отчасти можно поставить въ связь съ тѣмъ что бобовыя, богатыя бѣлками, содержатъ много сѣры. Проф. Богдановъ (Кіевъ) указывалъ въ послѣднее время, что потребность растеній въ сѣрѣ больше, чѣмъ мы привыкли думать и можетъ быть многія почвы уже нуждаются въ соотвѣтственномъ удобреніи (т. е. внесеніи сѣрно-кислыхъ солей, въ частности гипса) [1]).

[1]) Такъ, по даннымъ Залѣсскаго (полученнымъ въ лабораторіи проф. С. М. Богданова) содержаніе сѣры (S) оказалось такимъ:

Зерна пшеницы	0,168%	Солома овса.	0,111%
„ ржи	0,150 „	„ проса	0,199 „
Конскій бобъ	0,202 „	Сѣно люцерны	0,217 „
Горохъ	0,205 „	Солома клевера	0,331 „
Клевера (сѣмена) . . .	0,131 „	Сах.свекла (на сух. вец.).	0,139 „

Эти цифры (полученныя при непосредственномъ сплавленіи съ содой 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).

Чаще всего смотрятъ на гипсъ, какъ на косвенное удобреніе, которое способствуетъ выдѣленію кали изъ водныхъ силикатовъ (цеолитовъ) почвы. Въ опытахъ Дегерена оказалось, что при промываніи образца русскаго чернозема водой въ водный растворъ переходило изъ 1 килогр. почвы 0,048 gr. K_2O въ видѣ K_2SO_4, а при промываніи той же почвы водой съ гипсомъ=0,428 т. е. въ 9 разъ больше.

Отмѣчаютъ что гипсомъ удобряютъ обычно почвы богатыя, а не бѣдныя питательными веществами; это можетъ тоже указывать на то, что гипсъ играетъ преимущественно роль косвеннаго удобренія.

Нужно думать, что отмѣчаемыя стороны дѣйствія гипса въ разныхъ случаяхъ находятъ свое осуществленіе въ разной мѣрѣ, что въ извѣстныхъ случаяхъ имѣетъ значеніе внесеніе растворимой соли Ca (клеверъ и люцерна берутъ много кальція въ урожаяхъ), на другихъ почвахъ можетъ играть большую роль внесеніе гипса, какъ сѣрнокислой соли, на третьихъ—косвенное дѣйствіе въ смыслѣ переведенія калія въ болѣе растворимыя соединенія, а затѣмъ возможно конечно одновременное проявленіе двухъ или трехъ названныхъ родовъ воздѣйствія, (названныя кормовыя травы уносятъ также много и калія) тѣмъ болѣе, что на всѣ три названные элемента (K,Ca,S) бобовыя проявляютъ большій спросъ, чѣмъ злаки.

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, известь въ томасовомъ шлакѣ, фосфоритѣ, костяхъ, поэтому при вопросѣ о примѣненіи гипса слѣдуетъ считаться съ внесеніемъ другихъ удобреніи.

Изрѣдка употребляютъ не $CaSO_4$, а сѣрнокислый магній; есть указанія, что дѣйствіе его благопріятно. Въ Англіи употребляютъ еще иногда желѣзный купоросъ $FeSO_4$; въ результатѣ въ почвѣ, содержащей достаточно извести, образуется тоже гипсъ и углекислая закись желѣза, послѣдняя окисляясь и теряя CO_2 даетъ $Fe_2(OH)_6$. Здѣсь дѣло сводится къ образованію въ почвѣ гипса и гидрата окиси желѣза, но 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 нѣтъ достаточныхъ основаній прибѣгать къ этому пріему.

Постановка опытовъ съ удобреніями.

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 зависитъ урожай даннаго года. Это станетъ очевиднымъ, если мы попробуемъ показаніе солянокислой вытяжки перечислить съ обычныхъ процентовъ на абсолютныя величины. Такъ, возьмемъ почву съ содержаніемъ P_2O_5 въ 0,1%; для 8 вершковаго слоя почвы, вѣсящаго на десятинѣ 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 удобренія 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 даннаго года, а опредѣляютъ какъ бы основной капиталъ («богатство» почвы), урожаи же зависятъ только отъ той небольшой части этого запаса, которая способна быть усвоенной растеніями («плодородіе» почвы) въ теченіе даннаго 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 физіологическихъ данныхъ приходится считаться съ тѣмъ фактомъ, что если бы мы и имѣли реактивъ,

отдѣляющій напр. усвоямую 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 весной. 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 примѣнимости и рентабельности того или иного удобренія [1]).

Подъ вліяніемъ новыхъ взгядовъ высказанныхъ Либихомъ съ 40-хъ годовъ начали производить въ большихъ количествахъ чѣмъ раньше [2]) полевые опыты для выясненія вліянія различныхъ удобреній на культурныя растенія; при этомъ вначалѣ казалось, что эти опыты поставить очень легко, стоитъ только засѣять одинъ участокъ какимъ-либо растеніемъ по испытываемому удобренію, а другой такой же участокъ—безъ удобренія. 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, вліяніе 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

[1]) См. упомянутую ранѣе книгу проф. *Богданова* „Плодородіе почвъ“, статьи *Гедройца* (Журналъ Опытной Агрономіи, 1903 и 1906), и Кудашева (тамъ же, 1905), *Sigmond'a* (Z. f. Versuchswesen in Oesterreich, 1907), *Tollens'a* (Journal für Landw Bd. 57), *Косицкаго* (Журн. Оп. Агр. 1909) и др. Объ анализѣ растеній въ цѣляхъ сужденія о плодородіи почвы см. обзоръ *Буткевича* (Труды СПБ. с.-х. лабораторіи).

[2]) Обычное представленіе, что опыты съ концентрированными удобреніями 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 вліянію костяной муки на урожай хлѣбовъ, а въ другой—опыты по вліянію удобреній на содержаніе клейковины и крахмала въ зернахъ пшеницы.

легко осуществима. Правда, рекомендуется при выборѣ мѣста для опытовъ соблюдать по возможности, чтобы между дѣлянками не было напр. различій, вызываемыхъ условіями рельефа; разницы 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 дольше). Но пожеланіе относительно однородности свойствъ и условій залеганія дѣлянокъ не всегда строго выполнимо даже въ тѣхъ отношеніяхъ, о которыхъ можно судить по непосредственному осмотру; между тѣмъ, помимо этого существуетъ цѣлый рядъ условій, которыя, ускользая отъ вниманія экспериментатора, могутъ сильно отразиться на результатахъ опыта, какъ-то: неодинаковыя обработка и удобреніе участковъ въ прежніе годы, разныя культурныя растенія бывшія на нихъ, природныя различія въ механическомъ и химическомъ составѣ почвы или подпочвы [1]).

[1]) Чтобы дать нѣкоторое понятіе объ измѣнчивости свойствъ почвы, возьмемъ на выдержку изъ 4-го отчета Ивановской оп. станціи (стр. 183) нѣсколько рядовъ цифръ выражающихъ въ фунтахъ урожай свекловицы на рядомъ расположенныхъ и ничѣмъ не удобренныхъ дѣлянкахъ, по 30 кв. саж. каждая (нужно имѣть въ виду, что участокъ взятъ на постоянномъ опытномъ полѣ, слѣдовательно при всемъ соблюденіи возможной однородности почвы по видимымъ признакамъ).

Урожай свеклы въ фунтахъ на каждой дѣлянкѣ въ 30 саженей:

№№	48-й.	49-й.	50-й.	51-й.	52-й.	53-й.	54-й.	55-й.	56-й.
I	542	503	572	607	552	567	494	419	471
II	556	666	642	665	619	627	642	617	669
III	668	663	640	659	640	620	589	665	709
IV	703	696	672	698	707	684	713	697	715

и т. д.

Приведемъ подобныя же данныя полученныя на Сумской опытной станціи при учетѣ на овсяномъ полѣ (безъ всякаго удобренія).

Урожай надземныхъ органовъ овса (килограммы на 1 кв. сажень),

№№	1-й.	2-й.	3-й.	4-й.	5-й.	6-й.	7-й.	8-й.
I	1,87	2,22	2,05	2,12	2,06	1,80	1,89	1,70
III	2,16	2,09	2.14	1,48	2,00	2,07	2,20	2,19
IV	2,32	1,98	2,01	1,82	1,89	2,19	1,96	2,14
VII	1,46	1,73	1,97	2,04	2,11	2,26	2,20	2,30 и т.д.

Такова измѣнчивость въ хорошемъ случаѣ т. е. при однородныхъ внѣшнихъ свойствахъ, благопріятномъ рельефѣ одинаковой культурѣ въ прошломъ; при отсутствіи этихъ условій размѣры колебаній въ сильной степени возростаютъ (примѣръ измѣнчивости для условій нечерноземной полосы см. въ концѣ книги).

Возможно бороться съ этими неточностями разными путями; одинъ изъ мыслимыхъ способовъ — детальное изученіе почвы въ химическомъ и физическомъ отношеніяхъ, учетъ энергіи біологическихъ 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 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, это этотъ способъ, помогая исключить грубыя расхожденія показаній, не исключаетъ все-таки различій, проявляющихся неодинаково при разныхъ условіяхъ погоды и разныхъ культурахъ. въ одномъ случаѣ Dafert (Landw. Jahrb. 1903) занимался предварительной вывѣркой 100 мелкихъ дѣлянокъ (на 10 кв. метровъ каждая); урожай пшеницы въ 1899 году колебался на этихъ дѣлянкахъ отъ 2,7 до 3,8 kgr.; для опытовъ 1900 года были выбраны только дѣлянки, давшія совпадающія показанія, тѣмъ не менѣе урожай слѣдующаго растенія (картофеля) колебался на этихъ избранныхъ дѣлянкахъ отъ 19,6 до 26,0 kgr., а урожай третьяго хлѣба (овса) отъ 2,8 д. 3,3 kgr.[1]). Причины такихъ несовпаденій показаній разныхъ лѣтъ могутъ лежать частью въ условіяхъ погоды; напр. при недостаткѣ (или избыткѣ) влаги урожаи могутъ быть равны, а при optimal'ной влажности скажется различіе въ плодородіи дѣлянокъ, далѣе, при разныхъ растеніяхъ можетъ оказаться, что для однихъ запасъ пищи 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 опытныя поля этотъ пріемъ можетъ оказывать значительныя услуги, хотя не въ той мѣрѣ, какъ это иногда ожидается; такъ предвари-

[1]) Подобные примѣры изъ данныхъ Шатиловской станціи см. въ статьѣ А. Н. Лебедянцева въ Вѣстн. с.-хоз. за 1912 г. № 6.

тельными посѣвами не достигается выравниванія свойствъ отдѣльныхъ дѣлянокъ, такъ же нельзя дѣлать на основаніи ихъ какихъ-либо исправленій въ случаѣ учета урожаевъ при послѣдующихъ опытахъ; они служатъ лишь для изученія свойствъ площади поля (характера измѣнчивости) и могутъ содѣйствовать при достаточной дробности учета, болѣе правильному установленію размѣровъ дѣлянокъ, болѣе правильному дѣленію площади на части, предназначаемыя для отдѣльныхъ опытовъ или исключенію той или иной части площади, если она окажется слишкомъ пестрой. На основаніи сказаннаго намъ представляется неудачнымъ названіе такихъ посѣвовъ „уравнительными“; скорѣе они являются посѣвами рекогносцировочными.

Если участки невелики, то съ цѣлью выравниванья свойствъ почвы мыслимо перемѣшиваніе и обратное распредѣленіе уже однородной массы, но это связано съ большимъ трудомъ, тѣмъ болѣе, что нужна чрезвычайная внимательность и осторожность при обратномъ размѣщеніи почвы, иначе можно невольно создать существенныя различія зъ строеніи почвы на отдѣльныхъ дѣлянкахъ; лишь при очень малыхъ размѣрахъ дѣлянокъ (лизиметры) возможно пользоваться этими пріемами. Развитіе этого направленія привело Вагнера къ „вегетаціонному“ методу (см. ниже).

Наконецъ, четвертый, наиболѣе удобопримѣнимый способъ парализовать случайныя различія состоитъ въ томъ, что для полевыхъ опытовъ рекомендуютъ брать по нѣскольку дѣлянокъ для одной и той же комбинаціи удобреній, а потомъ выводить среднія въ разсчетѣ что случайныя колебанія устранятся; приходится брать не только большое число участковъ, но и располагать ихъ въ извѣстномъ порядкѣ, чтобы вѣрнѣе избѣжать возможныхъ случайностей. Умноженіе числа дѣлянокъ иногда создаетъ значительныя трудности; особенно если приходится имѣть дѣло со многими удобреніями, число дѣлянокъ растетъ очень быстро. Пусть, напр., намъ нужно опредѣлить отношеніе почвы къ тремъ главнымъ питательнымъ веществамъ—кали, азоту и фосфорной кислотѣ порознь и въ комбинаціяхъ между собой; въ такомъ случаѣ намъ необходимо имѣть такой рядъ изъ восьми дѣлянокъ. 1) 0 (безъ удобренія) 2) N 3) K 4) P 5) NK 6) NP 7) KP 8) NKP. Если мы хотимъ избѣжать случайныхъ разницъ въ урожаяхъ съ отдѣльныхъ дѣлянокъ, необходимо ставить при самомъ грубомъ опытѣ по меньшей мѣрѣ двѣ одинаковыхъ дѣлянки; итакъ, число ихъ при означенной схемѣ возрастаетъ уже до 16; лучше же взять по 3 или болѣе одноименныхъ дѣлянокъ, но тогда приходится имѣть дѣло съ 24 или 32 дѣлянками, т.-е. рѣшаться на значительный

трудъ при постановкѣ и уборкѣ, но за то гарантировать полученіе опредѣленнаго отвѣта на поставленные вопросы. Если же ограничиться одной дѣлянкой, то невозможно опредѣлить—принадлежитъ ли повышеніе урожая вліянію удобренія, или оно случайно.

Чѣмъ неоднороднѣе почва, тѣмъ больше должно быть число одноименныхъ дѣлянокъ, чтобы достигнуть извѣстнаго постоянства среднихъ показаній; критеріемъ можетъ служить сравненіе средняго показанія одного ряда напр. неудобренныхъ (или одинаково удобренныхъ) съ показаніемъ другого такого же ряда; среднее должно быть достаточно устойчивымъ.

Эта необходимость увеличенія числа дѣлянокъ является одной изъ самыхъ затруднительныхъ сторонъ при постановкѣ полевыхъ опытовъ посколько-нибудь сложной схемѣ, если желаютъ одновременно добиться точности и постоянства показаній. Отсюда—необходимость избѣгать сложныхъ схемъ при полевыхъ опытахъ. Самое важное при всякомъ опытѣ—*знать размѣръ возможной погрѣшности* и сопоставить съ нимъ различія получаемыя отъ примѣненія удобренія; если напр. отъ удобренія получаются приросты въ 40—50%, то разница между показаніями 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 и умножать число повторныхъ дѣлянокъ. Во всякомъ случаѣ, если имѣютъ дѣло съ малымъ числомъ повтореній, то разницы между удобренными и неудобренными дѣлянками должны значительно превышать колебанія между показаніями одноименныхъ дѣлянокъ, чтобы опытъ могъ быть признанъ доказательнымъ.

Обыкновенно сравниваютъ среднее показаніе одинаково удобренныхъ дѣлянокъ съ среднимъ изъ показаній дѣлянокъ 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 удобренія (воображаемая контрольная дѣлянка) [1]).

[1]) Если даже неудобренные участки не лежатъ непосредственно по обѣимъ сторонамъ каждаго удобреннаго, а расположены рѣже, то при предположеніи о постепенномъ измѣненіи свойствъ почвы на разстояніи между неудобренными участками можно пользоваться подобнымъ *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 урожаи, будутъ въ 70 и 65 п., а слѣдовательно приросты отъ удобренія—въ 20 и 25 п. Этимъ путемъ часто удается внести существенныя поправки при обработкѣ результатовъ опытовъ; конечно, нужна извѣстная осторожность, именно, слѣдуетъ наблюдать, мѣняются ли урожаи неудобренныхъ участковъ съ извѣстной правильностью, или же скачками; лишь въ первомъ случаѣ мы можемъ быть увѣренывъ цѣлесообразности примѣненнаго разсчета. См. статьи *Б. Н. Рожественскаго* „Какъ повысить точность полевого опыта" въ сборникѣ имени А. И. Чупрова, изд. Сабашникова (Труды Московск. Совѣщанія 1908 г.). О „норвежскомъ" способѣ сравненія съ сосѣдними дѣлянками см. ниже (по поводу опытовъ Larsen'a).

Кромѣ *числа* дѣлянокъ обращаютъ вниманіе и на ихъ *форму*. Опытъ показываетъ, что вытянутыя дѣлянки даютъ болѣе постоянные результаты, нежели квадратныя [1]), такъ какъ они захватываютъ почву различныхъ качествъ и лучше отвѣчаютъ среднимъ свойствамъ всего участка; но въ отмѣриваніи ихъ должна соблюдаться бо́льшая тщательность, такъ какъ небольшая ошибка въ измѣреніи короткой стороны и неправильность въ проведеніи длинной стороны (кривизна линіи) могутъ существенно отозваться на площади участка [2]). Для этого удобно пользоваться рядовой сѣялкой, которой можно сдѣлать дѣлянки строго одинаковой ширины и площади при любой длинѣ (это особенно удобно при внесеніи удобреній рядовымъ способомъ при помощи комбинированныхъ сѣялокъ). Однако вытянутыя дѣлянки (въ смыслѣ значительнаго превышенія одного измѣренія надъ другимъ) не вездѣ осуществимы, этому можетъ мѣшать форма всего участка, отводимаго подъ опыты (напр., крестьянскія надѣльныя полосы не позволяютъ нарѣзать длинныхъ дѣлянокъ, вдоль—по своей неоднородности, поперекъ—по малымъ размѣрамъ).

Расположеніе дѣлянокъ можетъ быть или однорядным или многорядным (многоярусным, шахматным). Однорядное расположеніе является неизбѣжнымъ на узкихъ и длинныхъ полосахъ, при томъ обработанныхъ въ свалъ (каковы напр. крестьянскія надѣльныя по-

[1]) См. *П. А. Костычевъ*, Ученіе объ удобреніи, 1893 г., стр. 220.

[2]) Такъ при участкахъ 100 метровъ длиной и 10 метр. шириной, ограниченныхъ другъ отъ друга лишь продольной бороздой, погрѣшность при проведеніи послѣдней на ширину борозды съ той и другой стороны участка создаетъ уже потерю 6% площади участка. (Drechsler, Journal. f. Landw. 1880).

лосы); кромѣ формы полосы, къ этому побуждаетъ здѣсь и неоднородность условій роста на 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 (но не обязательно) многорядное расположеніе дѣлянокъ; оно является обычнымъ, если дѣлянки не очень удаляются отъ квадратной формы; но при очень узкихъ и длинныхъ дѣлянкахъ онѣ также и въ этомъ случаѣ пройдутъ насквозь черезъ все поле въ поперечномъ направленіи и расположатся лишь однимъ рядомъ вдоль участка [1]).

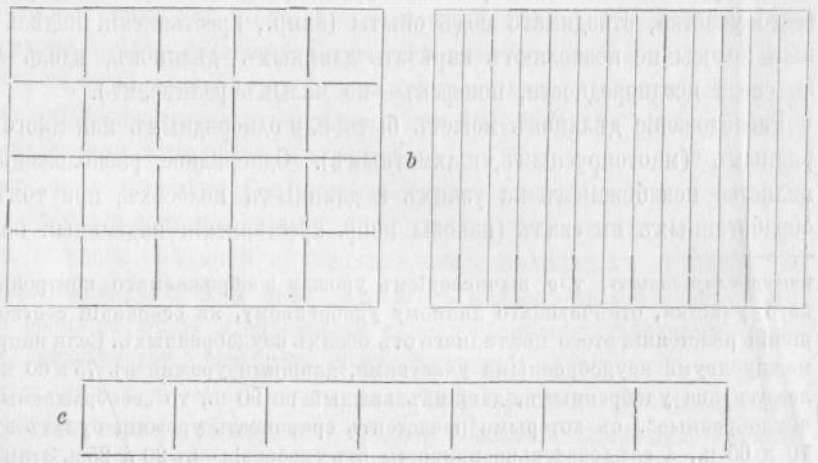


Рис. 73. Разные типы дѣлянокъ: *a*) квадратныя расположенныя многорядно *b*) узкія вытянутыя, проходящія черезъ весь участокъ *c*) близкія къ квадратнымъ дѣлянки, но расположенныя въ одинъ рядъ благодаря формѣ участка (крестьянская полоса).

[1]) См. о разбивкѣ дѣлянокъ и другихъ подробностяхъ въ статьяхъ *С. Л. Франкфурта* и *Б. Н. Рожественскаго* (Труды сѣти, сообщеніе 1-е) *В. Г. Ротмистрова* (Методика полевого опыта, Одесское Оп. поле, ч. IX); въ статьѣ „Полевые опыты“ въ 7-мъ томѣ С. Х. Энциклопедіи, изд. Девріена, въ докладахъ и инструкціяхъ, напечатанныхъ въ *Сборникѣ имени А. И. Чупрова* (Труды московскаго совѣщанія М. 1098); въ отчетахъ объ Екатеринославскихъ опытахъ (I—III, сост. *Рожественскій* и *Вольфъ*), въ отчетахъ опытныхъ станцій (Ивановской, Сумской и др.).

При сравненіи дѣлянокъ квадратныхъ и удлиненныхъ Б. Н. Рождественскій [1]) получилъ такого рода данныя:

	Среднія отклоненія.	Крайнія отклоненія.
Квадратныя	8,07%	19,96%
Удлиненныя дѣл. .	3,89%	10,51%

Дѣлянки не должны быть слишкомъ велики; чѣмъ меньше дѣлянки, тѣмъ болѣе тщательно и *одновременно* могутъ быть произведены на нихъ всѣ работы; но они не должны быть и слишкомъ малы. Однако, вопросъ о величинѣ дѣлянки не имѣетъ общаго рѣшенія, оно должно вытекать изъ условій и задачи опыта. Этимъ объясняется разнообразіе нормъ которыя пытались установить для размѣра дѣлянокъ; такъ, обычно признаютъ участки въ 60—120 кв. саж. наилучшими, но нѣкоторые берутъ ихъ въ 240 саж. Есть сторонники дѣлянокъ въ 20—25 кв. саженъ и даже еще меньшихъ, въ предположеніи, что чѣмъ меньше дѣлянка, тѣмъ точнѣе могутъ быть проведены всѣ операціи по закладкѣ опыта и учету урожая; но очень малыя дѣлянки 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 (или поврежденныхъ насѣкомыми) растеній. Правда, предлагали дѣлать въ такихъ случаяхъ ариѳметическую поправку на недостающее число растеній, увеличивая соотвѣтственно урожай (т. е. допуская, что пропавшія растенія вѣсили бы въ среднемъ каждое столько же, сколько наличныя). Но эта поправка совершенно произвольна [2]) и самое допущеніе, что число погибшихъ растеній только случайно, — совершенно невѣрно въ такой общей формѣ. Число наличныхъ растеній несомнѣнно зависитъ отъ удобренія и состоянія почвы. Для свеклы, напр., по навозному удобренію обнаружено было для одного опыта [3]) въ среднемъ 88% отъ теоретическаго числа растеній, остальныя погибли отъ болѣзней и насѣкомыхъ; на неудобренной почвѣ—осталось

[1]) См. IV выпускъ „Трудовъ Ивановск. Оп. Ст. “(им. Харитоненко). Глава: „Пріемы увеличивающіе точность полевого опыта“ (Б. Н. Рождественскій).

[2]) Очевидно, что если часть растеній 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.

[3]) См. работу автора „Опыты по физіологіи и культурѣ сах. свекловицы“. Извѣстія Петровской Академіи, 1891 г.

61%, на участкѣ, получившемъ полное минеральное удобреніе—88%. Такимъ образомъ, на полнотѣ стоянія растеній сказывается несомнѣнно вліяніе удобренія; дѣлая поправку на число недостающихъ экземпляровъ, 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, дѣлавшееся противъ малыхъ участковъ, это то что они даютъ урожаи, 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 растеній, развивающихся усиленно [1]) благодаря болѣе благопріятнымъ условіямъ, значителенъ, а потому и урожаи получаются преувеличенными (съ краевъ 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 %%; а затѣмъ указанная особенность краевыхъ растеній устраняется при помощи *защитныхъ полосъ*, которыя засѣваются тѣмъ же растеніемъ, но передъ уборкой опытныхъ дѣлянокъ скашиваются отдѣльно и урожай на нихъ не учитывается.

Установленіе размѣровъ дѣлянокъ еще потому трудно поддается общей нормировкѣ что рѣшеніе этого вопроса является сопряженнымъ съ другими (общій размѣръ опытнаго поля, число дѣлянокъ, характеръ измѣнчивости свойствъ почвы и др.). Въ большинствѣ случаевъ можно сказать, что когда приходится имѣть дѣло съ опредѣленной площадью, отведенной подъ опыты, и дѣлать выборъ между закладкой значительныхъ по размѣрамъ дѣлянокъ, но при меньшемъ числѣ повтореній или же наоборотъ: меньшихъ по размѣрамъ дѣлянокъ, но при большемъ числѣ повтореній, то приходится предпочитать второй исходъ: большая дѣлянка, будучи раздѣлена на нѣсколько мелкихъ и какъ бы распредѣлена въ видѣ этихъ мелкихъ дѣлянокъ по разнымъ частямъ опытной площади, дастъ болѣе устойчивое показаніе [2]), чѣмъ безъ такого раздѣленія (вслѣдствіе того, что увеличивается шансъ для каждой прежней дѣлянки захватить послѣ раздѣленія разныя

[1]) См. характерные снимки въ книгѣ *Marek'a*. Ueber relativen Werth von versch. Phosphaten, 1889.

[2]) См. *Holtsmark und Larsen*, Ueber die Begrenzung der Fehler, die bei Feldversuchen durch die Ungleichmässigkeit des Bodens bedingt sind. Bied. Centralblatt 1905, 746.

части площади, въ которыхъ можно предполагать извѣстное различіе свойствъ).

Такъ какъ вопросы о числѣ повторныхъ дѣлянокъ, величинѣ отдѣльной дѣлянки и площади всего опытнаго участка являются вопросами сопряженными, то необходимо взвѣсивши значеніе каждаго фактора выбрать затѣмъ нѣкоторый optimal'ный комплексъ ихъ, обусловливающій возможно большую точность отвѣта для данныхъ условій.

Наиболѣе существенное увеличеніе достовѣрности средняго достигается обычно путемъ увеличенія числа дѣлянокъ. По теоріи вѣроятностей средній размѣръ погрѣшности уменьшается пропорціонально корню квадратному изъ числа показаній, т.-е. при 2-хъ показаніяхъ погрѣшность уменьшится въ отношеніи $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0{,}71$, при 4-хъ показаніяхъ — въ отношеніи $\frac{1}{\sqrt{4}} = 0{,}50$, и т. д.

При провѣркѣ этихъ отношеній примѣнительно къ условіямъ полевого опыта Haltsmark и Larsen наблюдали близкія къ вычисленнымъ измѣненіямъ, именно:

При среднемъ изъ.	1 :	2	4	дѣлянокъ
Среднія размѣры погрѣшн. относятся какъ . .	1 :	0,658 :	0,418	„
Вычисленіе же даетъ:	1 :	0,71 :	0,50	„

На дѣлѣ сокращеніе размѣра погрѣшности оказалось даже выше предсказываемаго теоріей вѣроятностей, что объясняется такъ: погрѣшности въ показаніяхъ отдѣльныхъ дѣлянокъ на самомъ дѣлѣ не вполнѣ случайны (какъ это допускается при теоретическомъ построеніи), они являются отчасти какъ бы общими или болѣе близкими для цѣлыхъ группъ дѣлянокъ, такъ какъ обычно плодородіе почвы мѣняется не безпорядочными скачками отъ одной дѣлянки къ другой, а болѣе постепенно въ томъ или другомъ направленіи (это констатировано и въ опытахъ Larsen'a); поэтому, когда мы увеличиваемъ число повторныхъ дѣлянокъ, мы еще выигрываемъ и на распредѣленіи ихъ по площади, свойства которой оказываются тогда лучше представленными въ нѣсколькихъ дѣлянкахъ, разбросанныхъ въ разныхъ частяхъ опытнаго участка (затѣтимъ, что характеръ измѣнчивости свойствъ почвы можетъ быть въ разныхъ случаяхъ въ той или иной мѣрѣ неодинаковымъ).

Величина дѣлянки также можетъ способствовать повышенію точности показанія, но не въ тѣхъ предѣлахъ, какъ это нерѣдко думаютъ лица, не имѣвшія дѣла съ постановкой опытовъ; вотъ примѣръ изъ того же изслѣдованія Larsen'a:

Величина дѣлянки .	6,25	12,50	25	50	100	кв. метр.
Средній размѣръ погрѣшности: . .	17,4%	15,8%	14,6%	12,7%	11,5%	» »

Такимъ образомъ здѣсь крупное (16-кратное) увеличеніе затраты площади на каждую дѣлянку понизило размѣръ погрѣшности почти лишь

въ томъ же отношеніи, какъ если бы мы только удвоили число самыхъ малыхъ дѣлянокъ $\left(\frac{17,4}{\sqrt{2}} = 12,3\%.\right)$ [1]).

Различіе между удвоеніемъ (или вообще умноженіемъ) числа дѣлянокъ и увеличеніемъ площади дѣлянки видно уже изъ того, что при удвоеніи площади захватываются только сосѣднія части, которыхъ погрѣшность обычно близка къ тому же типу; при удвоеніи же числа дѣлянокъ (или одновременномъ увеличеніи площади и раздробленіи прежней дѣлянки на части разбросанныя въ разныхъ мѣстахъ участка) мы захватываемъ разныя части площади, съ разными размѣрами погрѣшностей, и такимъ образомъ лучше учитываемъ послѣдніе).

Если увеличеніе числа дѣлянокъ повышаетъ точность въ большей мѣрѣ чѣмъ увеличеніе ихъ площади, то слѣдовательно можно повысить точность, если вмѣсто одной крупной дѣлянки взять нѣсколько мелкихъ, въ суммѣ равныхъ ей по площади; при такомъ раздробленіи дѣлянки больше выиграется въ точности отъ увеличенія числа дѣлянокъ, чѣмъ будетъ утрачено отъ уменьшенія площади каждой дѣлянки, общая же площадь при этомъ останется прежней.

Насколько можно понизить размѣръ погрѣшности такимъ раздробленіемъ дѣлянокъ можно видѣть изъ слѣдующихъ данныхъ Larsen'a: 20 дѣлянокъ по одному ару каждая (100 кв. м.) дали средній урожай сѣна въ 74.85 килограмма, при среднемъ отклоненіи въ 12%; параллельно съ этимъ на той же площади луга было образованы разбросанныя дробныя дѣлянки по $^1/_2$, $^1/_4$, $^1/_8$ и $^1/_{16}$ ара, которыя при учетѣ образовали въ суммѣ дѣлянки тоже по одному ару, по двадцать такихъ суммарныхъ дѣлянокъ въ каждой серіи; при этомъ получились такія отклоненія.

Серіи по 20 аровъ:

	Дѣлянки цѣльныя (по 1 ару)	Дѣлянки раздробленныя. $2\times{}^1/_2$	$4\times{}^1/_4$	$8\times{}^1/_8$	$16\times{}^1/_{16}$
Среднее отклоненіе . . .	12,02%	8,06%	5,30%	4,02%	3,33%
Наибольшее отклоненіе .	32,14	22,11	16,10	8,62	8,63

При подобномъ опытѣ на Ивановской опытной станціи (им. Харитоненко) Б. П. Рожественскій наблюдалъ такія отклоненія (при 8 элементарныхъ дѣлянкахъ, по 30 кв. саж. каждая, занятыхъ свекловицей). Дробныя дѣлянки (8) расположены:

	Въ 1-мъ	2-мъ	4-хъ	8 мѣстахъ [2]).
Среднее отклоненіе .	5,16%	4,08%	3,07%	2,72%

Крайнія отклоненія при этомъ уменьшились съ 13,69% до 6,07%.

[1]) При подобномъ сравненіи на Сумской опытной станціи М. А. Егоровымъ получены такія величины:

Размѣръ дѣлянки	1	3	5	10	20	40	60 кв. саж.
Средній % отклоненія. .	7,3%	5,7	5,0	3,8	3,9	2,8	2,8% „ „

Повидимому, для данныхъ условій повышеніе точности показанія отъ увеличенія размѣра дѣлянки прекращалось при приближеніи къ площади въ 40 саж., или можетъ быть даже ранѣе (такъ какъ для промежуточныхъ площадей (20—40) нѣтъ данныхъ; см. Журналъ Опытной Агрономіи, 1909).

[2]) Или: большая дѣлянка въ 240 саж. разбита на 2, 4, 8 меньшихъ, расположенныхъ въ разныхъ частяхъ опытнаго участка.

Въ вышеупомянутомъ опытѣ на Сумской станціи дробленіе 20-ти саженныхъ дѣлянокъ на двѣ и четыре меньшихъ (по 10 и 5 саженъ) дало пониженіе погрѣшности въ такомъ отношеніи: 2, 4 : 1, 6 : 0, 8).

Увеличеніе числа дѣлянокъ безъ уменьшенія ихъ размѣровъ повлекло бы за собой увеличеніе общей площади, занятой даннымъ опытомъ; такое увеличеніе не только встрѣчаетъ обычно препятствія внѣшнія, но за извѣстными предѣлами оно можетъ быть нежелательно по существу, такъ какъ оно влечетъ за собой увеличеніе разстояній между крайними дѣлянками, а при большихъ разстояніяхъ можно ожидать большихъ различій въ свойствахъ почвы, чѣмъ на малыхъ, а значитъ и большихъ размѣровъ погрѣшностей въ показаніяхъ дѣлянокъ.

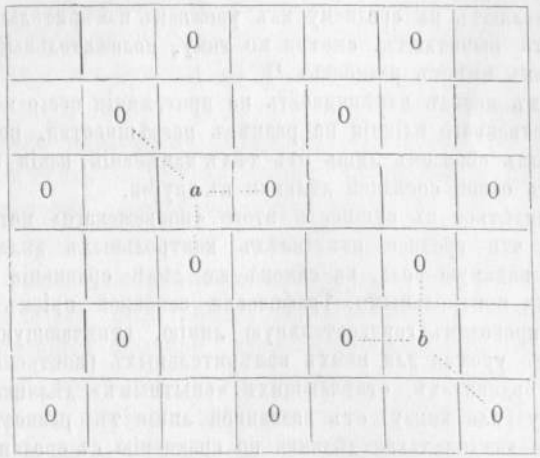


Рис. 74.

Чтобы противодѣйствовать этому возрастанію погрѣшностей при увеличеніи общей площади опытнаго поля Holstmark и Larsen предлагаютъ пользоваться методомъ, который въ теченіе ряда лѣтъ съ успѣхомъ примѣнялся на опытныхъ поляхъ въ Норвегіи и который они обозначаютъ въ своемъ нѣмецкомъ сообщеніи [1]) какъ «Maszparcellenmethode», т. е. «методъ измѣрительныхъ дѣлянокъ» (который сводится къ извѣстному способу размѣщенія контрольныхъ дѣлянокъ (если угодно «пробныхъ площадей) и пользованія ими для учета дѣйствія того или иного испытываемаго пріема (какъ вліянія удобренія, такъ и сравненія сортовъ и пр.). На общемъ фонѣ шахматно расположенныхъ квадратныхъ дѣлянокъ располагаются дѣлянки измѣрительныя, рядами параллельными діагоналямъ; если же мы будемъ двигаться по горизонтальнымъ (или вертикальнымъ) рядамъ, что черезъ каждые двѣ «опытныя» дѣлянки будемъ встрѣчать одну измѣрительную (контрольную), такъ что на послѣднія приходится $^1/_3$ всей площади оп. поля (см. рис. 74).

[1]) Landw. Versuchsstationen, Bd. LXV, 1906. (Первое сообщеніе сдѣлано Larsen'омъ на с.-х. конгрессѣ въ Стокгольмѣ въ 1897 г.)

При такомъ расположеніи каждая дѣлянка (напр. *a* или *b* на нашемъ чертежѣ) имѣетъ по сосѣдству съ собой три измѣрительныхъ дѣлянки (О), которыми и пользуются для того, чтобы «вмѣсто фактическихъ полученныхъ урожаевъ на сравниваемыхъ дѣлянкахъ употреблять для сравненія такъ сказать «идеальные» урожаи, которые высчитываются слѣдующимъ образомъ:

«Вычисляютъ средній урожай трехъ ближайшихъ къ сравниваемой измѣрительныхъ дѣлянокъ и опредѣляютъ разность между этой средней величиной и урожаемъ соотвѣтственной (сравниваемой) дѣлянки. Это дѣлается для всѣхъ дѣлянокъ, входящихъ въ опытъ. Далѣе вычисляютъ средній урожай всѣхъ измѣрительныхъ дѣлянокъ на данномъ полѣ, и въ концѣ концовъ для каждой сравнительной дѣлянки отвѣчающую ей разность прибавляютъ къ среднему изъ урожаевъ измѣрительныхъ дѣлянокъ или изъ него вычитаютъ, смотря по тому, положительный или отрицательный знакъ имѣетъ разность» [1]).

При такомъ методѣ измѣнчивость на протяженіи всего поля не оказываетъ существеннаго вліянія на размѣръ погрѣшностей, послѣдній зависитъ главнымъ образомъ лишь отъ тѣхъ измѣненій, какія возможны при переходѣ отъ одной сосѣдней дѣлянки къ другой.

Если вглядѣться въ сущность этого «норвежскаго» метода, то легко обнаружить, что среднее изъ всѣхъ контрольныхъ дѣлянокъ играетъ здѣсь лишь видимую роль, на самомъ же дѣлѣ сравненіе производится съ сосѣдними контрольными. Графически основной пріемъ можно выразить такъ: проводимъ горизонтальную линію, отвѣчающую уровню общаго средняго урожая для всѣхъ измѣрительныхъ (контрольныхъ) дѣлянокъ, и на ординатахъ, отвѣчающихъ «опытнымъ» дѣлянкамъ, откладываемъ кверху (или книзу) отъ названной линіи тѣ разности урожаевъ, которыя дала каждая такая дѣлянка по сравненію съ среднимъ урожаемъ *трехъ сосѣднихъ* контрольныхъ дѣлянокъ. Слѣдовательно, въ концѣконцовъ сравниваются эти послѣднія разности, только послѣ приведенія (чисто формальнаго) къ нѣкоторому общему уровню [2]).

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 опре-

[1]) Landw. Vers. Stat, Bd. LXV, стр. 19—20.

[2]) Эти замѣчанія мы дѣлаемъ не ради возраженія противъ „норвежскаго способа“, но ради выясненія его значенія. Нельзя не отмѣтить, что многое въ немъ близко съ неоднократно намѣчавшимся и въ нашей литературѣ: тамъ „идеальный урожай“, здѣсь „воображаемая контрольная дѣлянка“ Б. Н. Рожественскаго; тамъ разсчетъ на основаніи трехъ сосѣднихъ, здѣсь—двухъ. Своеобразно въ норвежскомъ способѣ самое размѣщеніе контрольныхъ дѣлянокъ, позволяющее имѣть по сосѣдству съ каждой удобренной три неудобренныхъ дѣлянки при отведеніи всего лишь одной трети площади подъ послѣднія; это представляетъ несомнѣнную положительную сторону, однако осуществимую только при многорядномъ (шахматномъ) расположеніи дѣлянокъ квадратной (или близкой къ послѣдней) формы.

дѣленными рамками, въ этихъ предѣлахъ требовать отъ схемы полнаго и точнаго выясненія поставленнаго вопроса. Первый вопросъ, съ которымъ приходится сталкиваться при началѣ изслѣдованія неизвѣстной намъ почвы путемъ полевого опыта, будетъ слѣдующій: реагируетъ ли данная почва на внесеніе 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 понапрасну (напр., мы рисковали бы испытывать разныя количества и разныя формы азотистой и калійной пищи 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 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 недостаетъ 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 удобренія; такъ мы приходимъ къ неизбѣжной *восьмерной схемѣ*:

1) O 2) N 3) K 4) P 5) NK 6) NP 7) KP 8) NKP [1]).

[1]) Эта наиболѣе обычная схема осуществляется путемъ разбивки и отвѣшиванья удобреній на каждую дѣлянку въ отдѣльности; иногда же поступаютъ такъ: площадь B, отведенную подъ опытъ, дѣлятъ пополамъ линіи ZM (см. рис. 75-й) и разсыпаютъ на одной половинѣ (AJZM) напр. селитру; далѣе дѣлятъ пополамъ линіей EF и разсыпаютъ на правой половинѣ (EFJK) напр. калійную соль; третье удобреніе (фосфорнокислое)

Если схема эта повторяется при закладкѣ опыта не многократно, а всего напр. лишь два раза, то необходимо увеличить по крайней мѣрѣ число контрольныхъ дѣлянокъ, чтобы съ помощью ихъ слѣдить за степенью измѣнчивости почвы на протяженіи опытной полосы; если приходится ограничивать число дѣлянокъ и нельзя рядомъ съ каждой удобренной поставить неудобренную, то вставляютъ неудобренныя послѣ каждыхъ двухъ удобренныхъ; тогда «восьмерная» схема осуществляется при одиннадцати (resp. 22) дѣлянкахъ:

O, N, K, O, P, NK, O, NP, KP, O, NKP.

Если восьмерная схема 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 калійныхъ удобреніяхъ

разсыпается по площади CDGH, равной тоже половинѣ участка, но расположенной посрединѣ его, на разстояніяхъ отъ того и другого края на одну четверть длины. Этими тремя операціями мы получаемъ восемь различныхъ комбинацій по удобренію, согласно приведенной схемѣ, кото-

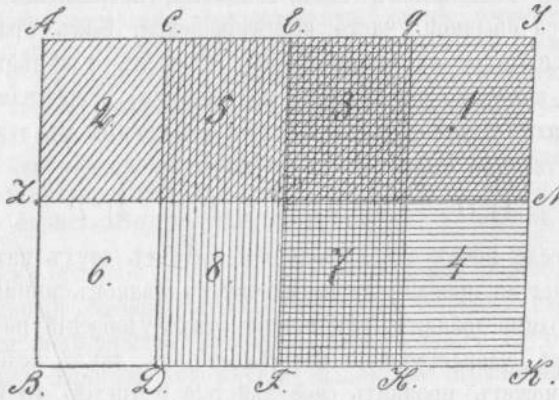
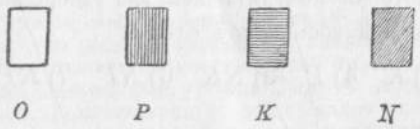


Рис. 75-й.



рая должна дать отвѣтъ на вопросъ, какъ относится почва къ тремъ важнѣйшимъ категоріямъ удобреній — азотистымъ, фосфорнокислымъ, калійнымъ (см. Вѣстникъ С. Х., 1901. № 74-й). Но эти (и подобныя) комбинаціи не осуществимы на узкихъ полосахъ, вспаханныхъ загонами (какъ напр., крестьянскія надѣльныя полосы), и вообще менѣе употребительны.

насъ меньше 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 K, а также NK и PK, оставивши лишь кали въ присутствіи N и P; тогда схема изъ восьмерной превратится въ пятерную и приметъ такой видъ.

O, N, P, NP, NKP

ли 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 удобренія вносятся по одиночкѣ; остается слѣдующее: O, NK, NP, KP, NKP; при этомъ о дѣйствіи каждаго элемента приходится судить, сравнивая дѣлянку NKP съ той, гдѣ данный элементъ отсутствуетъ. Этотъ способъ сокращенія болѣе умѣстенъ въ интенсивныхъ хозяйствахъ Западной Европы, гдѣ наклонны примѣнять всѣ 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 K, 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 ней, но форма удобренія непригодна 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 непремѣнно ставить еще дѣлянки съ растворимой фосфорной кислотой, тогда получаемъ простѣйшую схему: 1) безъ удобренія 2) фосфоритъ 3) суперфосфатъ. Если бы мы были увѣрены, что другія вещества, кромѣ фосфора, завѣдомо находятся въ достаточномъ количествѣ, то можно было бы ограничиться для даннаго случая повторной закладкой только такой схемы. Но если такая увѣренность не можетъ быть распространена на каждый отдѣльный пунктъ, гдѣ производятся опыты, то лучше добавить также дѣлянки съ кали и азотомъ. Тогда опытъ принимаетъ такое расположеніе: 1) безъ удобренія 2) фосфоритъ 3) суперфосфатъ 4) селитра+калійная соль 5) селитра+калійная соль+фосфоритъ 6) суперфосфатъ+селитра+калійная соль (не считая необходимыхъ повтореній).

То, что здѣсь сказано примѣнительно къ опытамъ съ фосфоритомъ, относится (съ соотвѣтственной подстановкой) и къ другимъ опытамъ по испытаніи формы внесенія того или иного питательнаго вещества.

При постановкѣ опытовъ по сравнительной оцѣнкѣ удобреній необходимо правильно устанавливать размѣръ удобренія: не все равно, вносить ли при совершенно однородныхъ участкахъ большее или меньшее количество удобренія, такъ какъ при большомъ количествѣ испытываемыхъ удобреній происходитъ сглаживаніе разницъ между различными удобренія, при малыхъ, наоборотъ, разницы подчеркиваются болѣе рельефно.

Пусть, напр., мы сравниваемъ суперфосфатъ и какой-нибудь шлакъ, у котораго коэффиціентъ 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 6 п. въ суперфосфатѣ не будутъ дѣйствовать, какъ избыточные, а 6 п. P_2O_5 томасова шлака дѣйствуя на половину, произведутъ такой же эффектъ, какъ и 3 пуда фосфорной кислоты суперфосфата. Разница между этими удобренія вполнѣ обнаружится, если мы возьмемъ половинныя количества. Такимъ образомъ, лучше въ подобныхъ случаяхъ предварительно устанавливать извѣстную градацію, испытывая одиночное, полуторное, двойное количество удобренія, и брать въ концѣ концовъ настолько малыя количества, чтобы всегда вносимый факторъ былъ въ положеніи минимума.

При разбрасываніи удобренія необходимо слѣдить за тѣмъ, чтобы благодаря неосторожности или вѣтру удобренія не попадали на сосѣднія полосы (устройство промежуточныхъ «защитныхъ» полосъ помогаетъ парализовать невольное перенесеніе удобренія при бороно-ваніи); если удобреніе сильно пылитъ (шлаки, ціанъ-амидъ) или вообще желаютъ увеличить вѣсъ разбрасываемой массы ради болѣе равномѣрнаго ея распредѣленія, то смѣшиваютъ удобреніе съ небольшимъ количествомъ земли.

При задѣлкѣ удобреній должно быть обращено вниманіе на то, чтобы они задѣлывались на одинаковую глубину и одинаковыми пріемами, а на участкѣ неудобренномъ такая же вспашка, какая необходима для задѣлки, всетаки была произведена, въ противномъ случаѣ различіе можетъ происходить отъ неодинаковой обработки. Точно также и при посѣвѣ необходимо соблюдать общее условіе — одной и той же густоты посѣва и однѣхъ и тѣхъ же операцій при задѣлкѣ сѣмянъ и одновременности ихъ выполненія.

Во время роста желателенъ надзоръ за опытными участками, такъ какъ (помимо охраны и предупрежденія потравъ) иногда во время сдѣланное наблюденіе открываетъ причину послѣдующихъ незакономѣрныхъ различій; особенно важенъ осмотръ озимыхъ весной, съ тѣмъ чтобы отмѣтить вымочки и выключить поврежденныя мѣста или же совершенно забраковать опытъ.

Передъ уборкой выкашиваютъ защитныя полосы такъ чтобы осталась 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 [1]), молотьбѣ, риска поврежденій при храненіи и проч. весьма существенно взвѣсить весь урожай еще въ полѣ, чтобы по-крайней 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 снопамъ* [2]). Для этого

[1]) См. о нѣкоторыхъ мѣрахъ предосторожности у *В. Г. Ротмистрова*, Методика полевого опыта (оттиски 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. Венгеровскій*, учетъ урожая по методу среднихъ образцовъ (Вѣстникъ С.-Х. 1907, №№ 30, 31, 33; статьи *А. Г. Дояренко, М. Н. Вонзблейна*, и протоколы московскаго совѣщанія—въ *Сборникѣ имени А. И. Чупрова*. (Москва 1908) см. также I-й томъ Екатеринославскихъ „Трудовъ сѣти etc.“.

снопы кладутся сначала несвязанными, изъ каждаго снопа 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 снопы 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 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 высыханіи, 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 взвѣшиваніе урожаевъ 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 операцій уборка всего урожая представляетъ достаточныя гарантіи точности. Если же экспериментаторъ вынужденъ предоставить уборку и обмолотъ опытныхъ участковъ лицамъ, не имѣющимъ спеціальнаго 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 дѣлянокъ могутъ дать матерьялъ для выведенія общихъ среднихъ, если большихъ измѣненій въ свойствѣ почвы не замѣчается; въ противномъ же случаѣ лучше

сравнивать каждую удобренную дѣлянку съ ближайшими неудобренными, какъ это было говорено выше.

Иногда предлагаютъ не довольствоваться «эмпирическимъ методомъ» и вычислять тотъ урожай, который «долженъ бы быть, если бы» посѣвъ былъ идеально равномѣрнымъ, если бы не было пропавшихъ растеній, если бы уцѣлѣвшія растенія развились вполнѣ «нормально». Подобныя попытки дѣлались и на Западѣ лѣтъ 25 тому назадъ, но по справедливости были отвергнуты [1]).

Въ большей мѣрѣ умѣстно «выключеніе» части площади дѣлянки еще до уборки, если на ней произошло поврежденіе мѣстнаго характера, завѣдомо не связанное съ дѣйствіемъ удобренія, напр., потрава или вымочка; но и здѣсь нужна значительная осторожность, напр., для засушливыхъ мѣстностей рекомендуется выключать не только мѣста, пострадавшія отъ вымочки, но и прилежащую къ вымочкѣ часть по той причинѣ, что растенія, окружающія вымочку, бываютъ развиты сильнѣе остальныхъ, такъ какъ пользуются влагой съ тѣхъ мѣстъ, гдѣ растенія погибли. Упоминаемъ объ этомъ, чтобы отмѣтить, какъ иногда пріемъ, казалось бы вполнѣ законный, можетъ повлечь за собой незамѣтное для экспериментатора измѣненіе показанія въ ту или другую сторону [2]).

Выше мы касались преимущественно такихъ препятствій къ успѣшному проведенію полевого опыта, которыя лежатъ въ неоднородности отдѣльныхъ дѣлянокъ; но кромѣ упомянутыхъ, есть еще рядъ хотя бы и равномѣрно дѣйствующихъ причинъ, но тѣмъ не менѣе измѣняющихъ результаты полевыхъ опытовъ. какъ, напр., погода: засуха можетъ подавлять дѣйствіе удобренія какъ и излишняя влажность; нападеніе насѣкомыхъ, пораженіе паразитными грибами

---

[1]) Paul Wagner писалъ по поводу подобныхъ предложеній слѣдующимъ образомъ: „Mayer sagt, wir sollen diejenigen Pflanzen zur Erntenahme 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 Adolf Mayer, so sehr er sonst ein Meister in der Logik ist, wird keinen Ausweg wissen. (Landw. Jahrbücher 1883, стр. 735).

[2]) Подробнѣе о выключеніи см. напр. въ I томѣ Екатеринославскихъ отчетовъ (Труды сѣти коллект. опытовъ).

можетъ повредить опыту [1]), даже если предположить полную равномѣрность въ распредѣленіи поврежденій. Для того чтобы парализовать вліяніе этихъ случайностей повторяютъ опыты изъ года въ годъ по одному плану въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ или даже десятилѣтій какъ, напр., въ Ротамстедѣ.

Другой пріемъ — это массовое повтореніе опытовъ одновременно во многихъ мѣстахъ, съ цѣлью парализовать вліяніе случайныхъ причинъ; значеніе этого пріема различно, смотря по выбору района. Такъ, Меркеръ ставилъ такіе опыты по одному плану въ цѣломъ рядѣ хозяйствъ въ разныхъ частяхъ Германіи и сводилъ всѣ данныя къ концу года. Однако суммарныя данныя, полученныя при различныхъ почвенныхъ и иныхъ условіяхъ, имѣютъ меньшее значеніе для отдѣльныхъ хозяйствъ, чѣмъ опыты производимые при условіяхъ однообразныхъ, хотя они и не лишены значенія въ цѣляхъ выясненія значенія какого-либо удобрительнаго вещества для цѣлой страны; другое дѣло если выбираются мѣстности съ общими климатическими почвенными условіями, тогда результаты такихъ *коллективныхъ опытовъ* обладаютъ значительною степенью общей приложимости для всего района; при такой постановкѣ коллективные опыты являются заключительнымъ звеномъ въ общей работѣ опытныхъ учрежденій, позволяющимъ въ обычныхъ хозяйственныхъ условіяхъ испытать размѣръ дѣйствія тѣхъ пріемовъ, положительное вліяніе которыхъ было предварительно изучено на постоянныхъ станціяхъ и поляхъ.

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 растеній въ искусственной обстановкѣ, въ сосудахъ (*методъ вегетаціонный*). Къ методу этому пришли постепенно, стремясь уменьшить площадь дѣлянокъ и повысить точность опытовъ путемъ *смѣшенія почвы* въ цѣляхъ созданія вполнѣ 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

[1]) Иногда бываютъ случаи и обратные, что вліяніе неблагопріятнаго фактора утрированно подчеркиваетъ дѣйствіе удобренія; это можетъ наблюдаться напр., при поврежденіи свекловичной плантаціи долгоносикомъ; при этомъ сохраняется лишь демонстративное значеніе опыта, цифры же учета будутъ нетипичными.

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 одноименныя дѣлянки и въ этихъ условіяхъ не даютъ тождественныхъ показаній. Вагнеръ [1]) такъ описываетъ свои опыты по провѣркѣ этого метода: снимался слой почвы и подпочвы на 12 вершк., то и другое равномѣрно перемѣшивалось порознь и помѣщалось въ клѣтки съ цементными стѣнками (безъ дна); необходимое удобреніе распредѣлялось возможно тщательно, выбирались равные по вѣсу клубни для посадки, точно также по вѣсу отбирались зерна высѣваемаго ячменя; всѣ работы по уходу, уборкѣ, взвѣшиванію урожаевъ производились съ возможной тщательностью, но въ результатѣ опытовъ все-таки оказалась разница между одинаковыми дѣлянками 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 водопроницаемымъ. Вагнеръ тщательно перемѣшалъ и сосѣднюю почву, перемѣнилъ цементъ, окружилъ участки посѣвами ячменя, но опять колебанія были до 15% при среднихъ отклоненіяхъ въ 5%.

Причина этихъ колебаній заключалась, какъ оказалось впослѣдствіи, въ томъ, что участки эти не имѣли дна и на урожаяхъ сказывалось вліяніе подпочвы, неодинаково влажной, такъ какъ уровень грунтовыхъ водъ былъ неодинаковъ въ различныхъ концахъ вытянутой полосы участковъ. Кромѣ того, строеніе почвы въ различныхъ мѣстахъ участковъ было неодинаково: средина дѣлянокъ была плотнѣе, потому что при наполненіи участковъ земля, выбрасываемая изъ тачекъ и разравниваемая послойно граблями все-таки ложилась плотнѣе въ срединѣ; благодаря этому здѣсь были лучшія условія доставленія влаги и нитратовъ, и растенія въ срединѣ 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, причемъ одновременно отбирались пробы для опредѣле-

[1]) Landw. Jahrbücher 1883; Journal für Landwirthschaft 1880.

нія 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 удобренія можно весьма созершенно; можно имѣть строго одинаковое число растеній во всѣхъ сосудахъ. Вліяніе односторонняго освѣщенія устраняется такъ, что окружаютъ опытные сосуды сосудами съ тѣмъ же растеніемъ, не идущими въ счетъ при учетѣ результатовъ опыта (тоже достигается чередованіемъ положенія сосудовъ, путемъ передвиженія краевыхъ въ средину 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 превышалъ въ среднемъ 1%. При этомъ устранялось вліяніе погоды; насѣкомыя и паразитные грибки если не устранились совсѣмъ, то въ значительной мѣрѣ облегчалась борьба съ ними: поврежденія легко могутъ быть замѣчены и соотвѣтствующія 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 цѣнныя данныя по многимъ вопросамъ удобренія, таковы вопросы о сравненіи между собой разныхъ источниковъ азота, фосфорной кислоты, и пр.

Противъ этого метода есть возраженія, основанныя главнымъ образомъ на недостаточномъ различеніи задачъ полевого и вегетаціоннаго опыта; главныя изъ нихъ таковы: мы создаемъ искусственную обстановку, помѣщенные внѣ почвы сосуды нагрѣваются сильнѣе, чѣмъ почва; благодаря повышенію температуры въ сосудахъ увеличиваются 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 погруженіемъ сосудовъ въ землю; но вѣдь искусственнымъ условіемъ является уже и то, что мы поддерживаемъ optimal'ную влажность, такъ что тождества съ полевыми условіями все равно быть не можетъ; искусственность вводится уже такимъ разрыхленіемъ почвы при просѣваніи и перемѣшиваньи, какому она въ полѣ никогда не подвергается.

На измѣненіе условій указываетъ и то обстоятельство, что въ сосудахъ урожаи получаются гораздо выше, чѣмъ въ полѣ; если пересчитать урожай надземныхъ частей на десятину, то получается масса въ 1000 пудовъ и болѣе; слѣдовательно, и потребность въ питательныхъ веществахъ здѣсь иная.

Послѣдовательнѣе будетъ поэтому разъ навсегда признать, что опытъ вегетаціонный есть непремѣнно опытъ въ искусственной обстановкѣ, что передъ нами всегда лежитъ дилемма: или создать дѣйствительно одинаковую во всѣхъ случаяхъ среду путемъ смѣшенія почвы, регулировать влажность и другіе факторы роста, жертвуя естественностью обстановки, или, если мы хотимъ работать въ условіяхъ тождественныхъ съ условіями полевой культуры, то и должны вернуться изъ теплицы въ поле, гдѣ будемъ неизбѣжно имѣть дѣло съ неоднородностью участковъ и стремиться парализовать ея вліяніе другими средствами (многократное повтореніе одноименныхъ дѣлянокъ).

Сообразно съ этимъ и задачи, рѣшаемыя тѣмъ и другимъ методомъ, нетождественны: вегетаціонный методъ позволяетъ лучше изолировать отдѣльные факторы и изучить ихъ вліяніе при бо́льшемъ 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 удобреніямъ при наилучшихъ условіяхъ, его способность использовать питательныя вещества почвы и удобрительныхъ матерьяловъ, сравнить различныя удобренія между собой; учесть вліянія различныхъ степеней влажности на растенія въ связи съ дѣйствіемъ удобреній, сравнивая песчаныя культуры съ почвенными учесть роль почвы; но для рѣшенія вопросовъ о размѣрахъ дѣйствія удобренія, о рентабельномъ примѣненіи удобреній въ хозяйствахъ необходимо прибѣгать къ полевымъ опытамъ, такъ какъ хозяину важно знать размѣры дѣйствія удобреній при реальныхъ условіяхъ: обычной влажности, обычномъ строеніи почвы, наличности насѣкомыхъ и другихъ невзгодъ, а не при optimal'ныхъ, неосуществляющихся на дѣлѣ, условіяхъ.

Иногда къ вегетаціонному методу предъявляются запросы, для отвѣта на которые онъ не предназначается; такъ, когда желаютъ узнать потребность той или иной почвы въ удобреніи, то нѣтъ основаній ожидать, чтобы вегетаціонный методъ могъ замѣнить полевой опытъ, такъ какъ, на ряду съ общимъ повышеніемъ потребности въ

питательныхъ веществахъ при опытахъ въ сосудахъ (вслѣдствіе болѣе обильнаго развитія растеній) 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 вегетаціонномъ опытѣ можетъ оказаться нуждающейся въ первую очередь въ другомъ[1]).

Точно также вегетаціонный 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, неодинаково 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 значить 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 [2]), но это есть новая версія, требующая разработки, и если она потерпитъ неудачу, то неправильно будетъ дѣлать изъ этого выводъ о несовершенствѣ вегетаціоннаго метода вообще.

Остановимся вкратцѣ на техникѣ постановки вегетаціонныхъ опытовъ [3]).

---

[1]) См. напр. статью В. И. Сазонова, „Пригодность вегетаціоннаго метода для опредѣленія потребности почвы въ питательныхъ веществахъ“ (Журн. Оп. Агрономіи, 1907, стр. 129).

[2]) См. докладъ г-жи Домрачевой на 2-мъ совѣщаніи почвовѣдовъ въ Москвѣ (1908).

[3]) Подробности смотри во II томѣ отчетовъ СПБ. с. х. лабораторіи („Описаніе метода“, статья П. С. Коссовича), въ Извѣстіяхъ С. Х. Института 1902 г. (статья Н. К. Недокучаева „Вегетаціонный методъ въ агрономіи). и въ брошюрѣ А. Д. Дояренко: „Краткое руководство къ постановкѣ вегетаціонныхъ опытовъ (1912). См. также статью „Вегетаціонные опыты“ въ Энциклопедіи Девріена, написанную С. Л. Франкфуртомъ, статьи Dafert'a, Mitscherlich'a въ Landw. Jahrbücher 1903, Lemmermaun'a въ Journal für Landwirthscheft, Band 51 и 53; К. К. Гедройца (къ методикѣ вегетаціонныхъ опытовъ въ VI вып. трудовъ СПБ. с.-х. лабораторіи и пр.

Сосуды для опытовъ берутся чаще всего цинковые и стеклянные; стеклянные цѣнны своей прозрачностью, значительной стойкостью (въ смыслѣ сопротивленія разъѣдающему дѣйствію 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 растеній солей цинка внутри приходится покрывать стѣнки сосудовъ лакомъ (Dammaralack).

Размѣръ потребныхъ сосудовъ зависитъ отъ рода культуръ; такъ, для хлѣбныхъ растеній при песчаныхъ культурахъ достаточны сосуды 15×25 или 15×30 ct., вмѣщающіе 4—6 kgr. песку; но для почвенныхъ культуръ, гдѣ разницы не столь рѣзки и гдѣ желателенъ учетъ болѣе точный, желателенъ большій діаметръ сосудовъ, чѣмъ 15 ct., чтобы имѣть возможность помѣстить большее число растеній на сосудъ. Понятно, что для картофеля, свеклы и подобныхъ растеній нужны сосуды большаго діаметра и большей высоты; тутъ могутъ быть пригодны глиняные сосуды, покрытые кислотоупорной глазурью, особенно если требуется значительная высота; въ такого рода сосудахъ, около 70 ct. высоты, производилъ свои опыты со свеклой Hellriegel [1]).

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 сосредоточиться извѣстный запасъ воды, до поступленія ея въ почву (при поливкѣ снизу). Этого достигаютъ или насыпая къ одной сторонѣ сосуда (горкой) гравій, въ который погружается конецъ

---

[1]) Есть еще дешевый матеріалъ для изготовленія сосудовъ, которымъ кажется, можно бы чаще пользоваться, чѣмъ до сихъ поръ дѣлается, 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 растенія въ обыкновенныхъ желѣзныхъ ведрахъ (ихъ также лучше покрывать изнутри лакомъ или парафиномъ, если желаютъ избѣжать вліянія ржавчины, напр., на растворимые фосфаты).

трубки для поливки (рис. 76-й), или вводя цинковый желобъ, обращенный внизъ (Вагнеръ), или же, какъ это практикуется у насъ по предложенію В. В. Винера, создавая кольцеобразное пространство (рис. 77-й и 78-й) путемъ введенія полуконуса [1]).

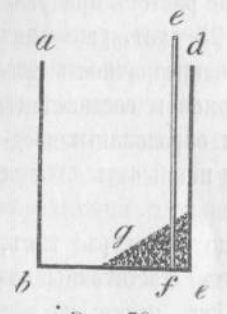


Рис. 76.

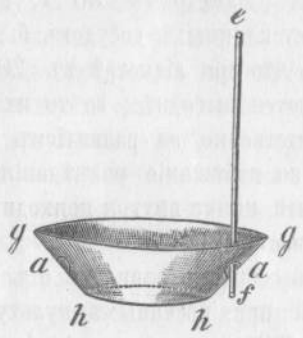


Рис. 77.

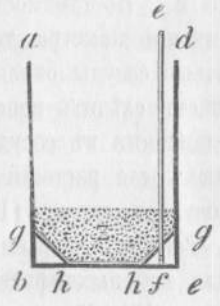


Рис. 78.

Средой для культуръ является или почва или песокъ или растворы необходимыхъ солей непосредственно въ дистиллированной водѣ.

Почва передъ наполненіемъ сосудовъ просѣвается и тщательно перемѣшивается; чтобы знать количество сухой почвы въ сосудахъ и и вводить воду по вѣсу, можно или приводить всю почву въ воздушно сухое состояніе или же, не доводя до такого состоянія (въ интересахъ болѣе благопріятнаго строенія, во избѣжаніе нежелательныхъ явленій при смачиваньи пересушенной 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 равномѣрно во всѣхъ сосудахъ.

Песокъ можетъ подготовляться промываніемъ кислотами и (для нѣкоторыхъ цѣлей) прокаливаньемъ. 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

[1]) Эти полуконусы сначала дѣлались мѣдные (луженые), что обходилось дорого; затѣмъ мы 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.).

K_2O; безъ промыванія «предѣльныя» растенія обнаруживаютъ замѣтно большій ростъ, чѣмъ послѣ промыванія.

Прокаливанье много затруднительнѣе, чѣмъ промываніе, оно необходимо лишь въ спеціальныхъ опытахъ по азотистому питанію при небольшихъ количествахъ употребляемаго песка; для опытовъ съ фосфатами и калійными 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%) и лишь при смѣшеніи съ пескомъ (передъ наполненіемъ сосудовъ) отмѣренные объемы растворовъ солей разбавлять соотвѣтственно водой. Что касается количества солей, то Гельригель пользовался при своихъ опытахъ слѣдующими нормами: на 1 kgr. песка берется 1 эквив. KH_2PO_4 (0,136 gr.), 3 экв. Ca $(NO_3)_2$ (0,492 gr.), $^1/_2$ экв. $MgSO_4$ (0,060 gr.), 1 экв. KCl (0,075 gr.) и (0,025 gr.), Fe_2Cl_6 (или $FePO_4$); этотъ разсчетъ относится къ безводнымъ солямъ [1]).

Эти нормы удобны при сосудахъ въ 4—5 kilo; но если вѣсъ песка растетъ при томъ же числѣ растеній (при увеличеніи высоты сосуда), то количество солей можно понизить. Въ концѣ концовъ наиболѣе вѣрнымъ масштабомъ должна служить обычная для данныхъ сосудовъ высота урожая 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 kgr. песка; но если посѣять и рѣже, то злаки кущеніемъ возмѣщаютъ рѣдкость стоянія, сообразно условіямъ питанія. Распредѣленіе сѣмянъ при посѣвѣ должно быть равномѣрнымъ, для чего пользуются шаблонами съ отверстіями (шаблоны могутъ быть изъ картона, дерева, металла).

[1]) Гельригелевская смѣсь (какъ и близкій къ ней Кнор'овскій растворъ) даютъ хорошіе результаты при опытахъ со злаками, для другихъ растеній у насъ нерѣдко получались лучшіе результаты при введеніи вмѣсто $KH_2PO_4+Ca(NO_3)_2$ комбинаціи $CaHPO_4+NH_4NO_3+KCl$ (о смѣси Crone см. въ брошюрѣ А. Г. Дояренко).

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 неотопляемыхъ сооруженіяхъ (вегетаціонныхъ 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 выражало 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 разсчетъ влажности ведется нѣсколько иначе: исключается «мертвый запасъ» 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 опредѣленное 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 потребленія, то онъ зависитъ отъ энергіи развитія растеній, 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 условій 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 почвы, просушиваются съ предосторожностями [1]) противъ потерь (напр. въ мѣшечкахъ изъ бумаги), затѣмъ взвѣшиваньемъ 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 урожаевъ приложены въ вышеупомянутыхъ статьяхъ П. С. Коссовича, Н. К. Недокучаева и А. Г. Дояренко. Относительно обработки данныхъ и выведенія среднихъ здѣсь сохраняетъ силу большая часть сказаннаго раньше по поводу данныхъ полевого опыта.

---

[1]) Если плоды наклонны осыпаться (какъ у гречихи) то иногда приходится до общей уборки снимать отдѣльныя зерна и помѣщать въ пакетики, занумерованные соотвѣтственно номерамъ сосудовъ.

Дополненіе къ стран. 344—352.

Примѣры для условій Московской губерніи (сообщено А. Г. Дояренко).

I. На крестьянской надѣльной полосѣ (общая площадь 192 кв. саж., произведенъ учетъ урожая на каждой квадратной сажени; если затѣмъ группировать эти элементарныя дѣлянки въ то или иное число бо́льшихъ дѣлянокъ различной площади, то получаются такіе размѣры погрѣшности:

Площадь дѣлянки[1]).	Средній размѣръ отклоненія въ %.	Наибольшее отклоненіе (въ одну сторону).	Амплитуда колебаній.
1 кв. саж.	—	59,0%	103,0%
4 „ „	11,1%	23,5 „	37,5 „
12 „ „	4,3 „	9,8 „	18,4 „
24 „ „	3,1 „	6,2 „	10,2 „
48 „ „	0,9 „	2,5 „	4,1 „

Здѣсь мы очевидно имѣемъ благопріятный случай значительной однородности свойствъ почвы вдоль полосы, позволяющей достигнуть бо́льшой устойчивости путемъ увеличенія площади дѣлянки, при условіи, что послѣдняя вырѣзается во всю ширину полосы, чтобы парализовать вліяніе вспашки въ скалъ (бо́льшая толщина почвеннаго слоя на гребнѣ, вліяніе направленія ската на распредѣленіе тепла, влаги и пр.); если же взять дѣлянки тоже по 48 кв. саж., но вытянутыя по нѣсколько параллельно длинѣ полосы, то получается амплитуда колебаній 86,9%.

II. Также крестьянская полоса (тоже значеніе цифръ; общая площадь—128 кв. саж.).

1 кв. саж.	—	54,0%	82,0%
6 „ „	6,6%	14,4 „	22,5 „
12 „ „	4,4 „	8,6 „	13,7 „
24 „ „	2,7 „	5,6 „	10,2 „

Если же дѣлянки нарѣзать вытянутыми вдоль полосы, то получается, напримѣръ, слѣдующее:

16 кв. саж.	9,0%	20,2%	35,4%
32 „ „	6,9 „	11,6 „	18,8 „

III. Бывшее поле фермы, отошедшее подъ опытное поле (пл. 5 дес.).

Размѣръ дѣлянки.	Вѣсъ массы (среднее на 1 кв. саж.).	Крайнія отклоненія въ %. —	+
2 кв. саж.	3,0 —16,0%	75%	80%
12 „ „	6,5 —10,2 „	14 „	26 „
256 „ „	8,10—10,2 „	9 „	14 „

Здѣсь при бо́льшей площади (а слѣд. при значительномъ удаленіи ея частей другъ отъ друга и бо́льшей разнородности условій) не удается путемъ увеличенія площади дѣлянки понизить размѣръ погрѣшности въ той мѣрѣ какъ въ предыдущихъ случаяхъ, но если разбить эту бо́льшую площадь на нѣсколько опытныхъ участковъ, то возможно придать имъ такую форму и размѣръ, что внутри каждаго изъ нихъ можно достигнуть бо́льшей однородности условій.

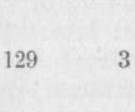
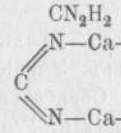
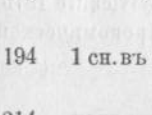
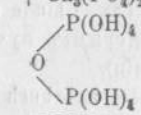
[1]) Число дѣлянокъ здѣсь мѣняется обратно пропорціонально площади каждой дѣлянки.

Важнѣйшія руководства по ученію объ удобреніи.

Густавсонъ. Двадцать лекцій агрономической химіи. 1889.
Костычевъ. Ученіе объ удобреніи. 1893.
Его же. Обработка и удобреніе черноземa.
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.
Бараковъ. Курсъ общаго земледѣлія ч. II.

Grandeau. Chimie et Physiologie, appliquées á l'agriculture et sylvicultre 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 (3-е изд).

Важнѣйшія изъ замѣченныхъ опечатокъ:

Стр.	*Строка:*	*Напечатано:*	*Слѣдуетъ читать:*
19	9 снизу	$(CaNO)^{23}$	$Ca(NO_3)_2$
49	10 „	40.4%	40.3%
65	1 сверху	$CaCO_5$	$CaCO_3$
74	13 снизу	5,0 и 0,6%	0,5 и 0,6%
113	3 сверху	$2HNO_2=NO_2+NO=H_2O$	$2HNO_2=NO_2+NO+H_2O$
126	5 сн. въ примѣч.	$C_2N_2H_2$	CN_2H_2
129	3 сверху		
127	3 сн. формула	CN_2N_2	CN_2H_2
„	1 „ „	$NH.HCl_2$	$NH_3.HCl$
166	1 въ таблицѣ	$> 0.^0/_0$	$> 0.2^0/_0$
167	1 сн. въ примѣч.	% раствора NaOH	1% раствора NaOH
182	8 снизу	управленіемъ	уравненіемъ
„	5 „	„	„
183	15 „	$Ca_5(PO_4)_2$	$Ca_3(PO_4)_2$
185	16 св. въ примѣч.	$95.38^0/_0Ca(PO_4)_2$	$65.38^0/_0Ca_3(PO_4)_2$
193	9 сверху	$+Ca_3(P_2O_4)_2$	$+Ca_3(PO_4)_2$
194	1 сн. въ примѣч.		
214	подъ рисункомъ	KH_4PO_3	KH_2PO_4
217	11 снизу	Ca_3PO_4	$Ca_3(PO_4)_2$
118	подъ рисункомъ	$Ca(H_2PO_4)$	$Ca(H_2PO_4)_2$
237	обозначенія къ рисунку	вверху—люпинъ внизу—злаки, т. е. люпинъ гречиха горохъ злаки	вверху—злаки, внизу—люпинъ, т. е.: злаки горохъ люпинъ гречиха
239	1 стр. таблицы	$(NH)_2SO_4$	$(NH_4)_2SO_4$
262	рис. 60 3 сосудъ слѣва.	зола соломы	зола еловая
299	5 сверху	навозъ консерв. вещ.	навозъ безъ консерв. вещ.
311	4 снизу	теперь	потерь

ОГЛАВЛЕНІЕ.

Введеніе.

Стр.

Отношеніе настоящаго курса къ смежнымъ отдѣламъ. . . . . 1—4

Ученіе объ удобреніи въ прошломъ и настоящемъ. Тэеръ, Либихъ, Буссенго, Гельригель. Роль опытныхъ станцій въ разработкѣ вопроса о минеральномъ питаніи растеній. . . . . 5—33

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. . . . . 34—57

Органическія вещества почвы; ихъ свойства, въ связи съ условіями образованія. Органо-минеральная теорія. Азотъ органическаго вещества; переходъ къ амміаку и нитратамъ, приходъ и расходъ послѣднихъ въ почвѣ . . . . . 58—91

Обзоръ матеріаловъ служащихъ для удобренія.

Удобренія односторонніе.

А. Азотистыя удобренія.

Чилійская селитра, ея происхожденіе и составъ. Отношеніе къ почвѣ. Дѣйствіе на различныя растенія (высота урожая, составъ его, соотношеніе въ развитіи органовъ). Норвежская селитра и ціанъ амидъ кальція . . . . . 92—137

Сѣрнокислый амміакъ, его полученіе; отличія отъ селитры и по отношенію къ почвѣ и дѣйствію 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 . . . . . 137—164

В. Фосфорнокислыя удобренія.

Ихъ общее значеніе. Фосфориты, ихъ характеристика и распространеніе въ Россіи, обработка (механическая). Значеніе фосфоритнаго удобренія . . . . . 165—182

Приготовленіе суперфосфатовъ; основная реакція; составъ продукта. Двойной суперфосфатъ. Явленія ретроградаціи и ихъ значеніе. Осажденный фосфатъ (преципитатъ). . . . . 182—195

Стр.

Томасовъ шлакъ, его происхожденіе и составъ. Кости, ихъ составъ и способы переработки . . . . . 196—215

Удобрительное достоинство различныхъ фосфатовъ въ связи съ особенностями почвъ, растеній и сопутствующихъ удобреній. Примѣненіе фосфатовъ (количества, время внесенія, способъ распредѣленія и задѣлки). Дѣйствіе на растенія. . . . . 215—253

С. Калійныя удобренія.

Растенія потребляющія много кали и растенія отзывчивыя къ калійному удобренію; несовпаденіе этихъ группъ. Зола, какъ калійное удобреніе. Стассфуртскія соли, составъ важнѣйшихъ продуктовъ. Отношеніе различныхъ культуръ къ стассфуртскимъ солямъ. Нѣкоторые калійные силикаты, какъ источникъ K_2O . 254—276

Удобренія полныя.

Навозъ и его ингредіенты. Составъ твердыхъ и жидкихъ экскрементовъ; сравненіе состава смѣси экскрементовъ съ составомъ корма. Матеріялы служащіе подстилкой, ихъ физическія и химическія особенности. Составъ навоза. Количество его . . . . 277—284

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 . . 284—300

Дѣйствіе навоза (химическая, физическая и біологическая сторона). Количество питательныхъ веществъ, вносимыхъ съ навознымъ удобреніемъ. Усвояемость азота навоза. Явленія „денитрификаціи“. Вывозка и распредѣленіе навоза. Удобренія толокой, условія его примѣненія . . . . . 300—317

Компостъ, его приготовленіе и употребленіе. Городскіе отбросы, ихъ составъ въ связи съ способами удаленія. Примѣненіе въ необработанномъ видѣ: Пудреты. Сточныя (канализаціонныя) воды . . . . . 317—325

Удобренія косвеннаго дѣйствія.

Поваренная соль. Известь, способы ея примѣненія, дѣйствіе на органическія и минеральныя составныя части почвы. Мергель. Дефекаціонная грязь. Гипсъ и его употребленіе. Существующія объясненія его дѣйствія на почву и растенія . . . . . 326—340

Постановка опытовъ по удобренію въ полѣ и въ искусственной обстановкѣ.

Задачи полевого опыта; пріемы устраненія погрѣшностей. Вегетаціонный методъ, его задачи и особенности . . . . . 341—369