

631.8
П. 859+
605/88





УЧЕНІЕ ОБЪ УДОБРЕНІИ.

КУРСЪ

проф. Д. Н. ПРЯНИШНИКОВА,

составленный по его лекціямъ и подъ его редакціей

съ 11 таблицами.

МОСКВА.

Типо-литографія В. Рихтеръ, Тверская, Мамоновскій пер. с. д.
1903.

УЧЕНІЕ ОБЪ УДОБРЕНІИ.

КУРСЪ

проф. Д. Н. ПРЯНИШНИКОВА,

составленный по его лекціямъ и подъ его редакціей

съ 11 таблицами.

✓ 631 +
П. 85

Библ. №	631.8
Шифр	П. 859 у. а.
Нав. №	60592
Института	

МОСКВА.

Типо-литографія В. Рихтеръ, Тверская, Мамоновскій пер. с. д.
1903.

Брено

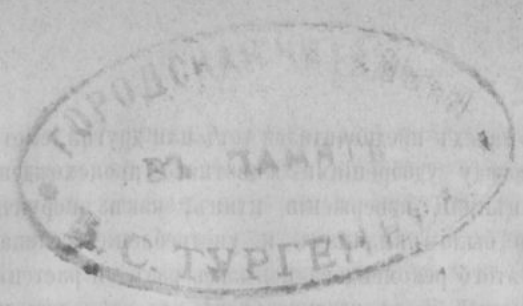


Въ 1900 году Н. М. Тулайковъ и С. М. Кочергинъ составили записки моихъ лекцій по удобренію и издали ихъ съ моими исправленіями и дополненіями. Въ основу настоящаго изданія легъ тотъ же самый текстъ, съ расширеніемъ нѣкоторыхъ главъ согласно курсу 1902—3 года; добавлены также рисунки.

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

Д. Прянишниковъ.

Августъ 1903 года.
Петровское-Разумовское.



ВВЕДЕНИЕ.

Учение объ удобреніи въ прошломъ и настоящемъ.

Подъ удобреніемъ въ широкомъ смыслѣ слова разумѣютъ всякое вещество, вносимое въ почву съ цѣлью повышенія урожая. Повышеніе это происходитъ или потому, что 1) вносимое вещество представляетъ пищу растений, 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 жизнедѣтельности; 4) наконецъ, удобреніе измѣняетъ въ большей или меньшей мѣрѣ физическія свойства почвъ.

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

Удобрять почву люди начали, конечно, 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 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

сорта мергеля, изъ которыхъ предпочитался тотъ или другой, смотря по характеру почвы; между удобрениями животнаго происхожденія они особенно высоко цѣнили изверженія птицъ, какъ энергично дѣйствующія. Извѣстно было римлянамъ и употребленіе зеленого удобрения, причемъ для этого рекомендовались какъ разъ тѣ растенія, которыя усваиваютъ свободный азотъ воздуха (какъ это сдѣлалось извѣстнымъ изъ недавнихъ изслѣдованій), т. е. мотыльковыя, и преимущественно луицы. Они знали также, что при плодосмѣнѣ можно получить съ тѣмъ же самымъ количествомъ удобрения больше продуктовъ, чѣмъ при культурѣ однообразной.

Накопленіе фактовъ такимъ образомъ происходило, но у древнихъ не было какой либо цѣльной теоріи питанія растеній, которая какъ нибудь связывала эти факты (если не считать, впрочемъ, смутныхъ указаній на «жиръ» почвы, «terrae adeps», — который дѣлаетъ почву плодородной, и количество котораго увеличивается при внесеніи удобрений). Напомнимъ, что наше выраженіе «тучный», (плодородный), «тукъ» (удобреніе) въ прежнее время употреблялись (да и сейчасъ еще употребляются) въ смыслѣ «жирный», «жиръ».

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 заимствованиямъ изъ древнихъ авторовъ прибавляются и собственные измышленія, безъ измѣненія, впрочемъ, основныхъ точекъ зрѣнія; здѣсь часто даются совѣты, напр. приурочивать время при внесеніи удобрений къ извѣстнымъ фазамъ луицы; считается при внесеніи удобрений 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, напротивъ, съ принципомъ уравновѣшиванія противоположностей. Питаніе и ростъ приписывали какой-нибудь «субстанціи», считая за сущность растительной жизни въ однихъ случаяхъ жиръ (unctuosum), въ другихъ соль, въ третьихъ селитру. 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 удобрения сочиненіе Bernard'a: Pallisy «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, еслибы 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 приобрѣла нѣкоторую соленость происходящую изъ дождей и роста». Подробнѣе о Pallissy см. у Grandeaу, Cours de chimie et physiologie, Nancy 1879 (Это сочиненіе содержитъ лучший изъ имѣющихся историческій очеркъ по развитію агрономической химіи.)

Мы имѣемъ здѣсь впервые высказанный правильный взглядъ на почву, какъ источникъ минеральныхъ веществъ, необходимыхъ для растенія (еще въ 1800 г. предполагали, что растеніе само ихъ синтезируетъ); имѣемъ вѣрное представленіе о причинахъ истощенія почвы, о необходимости возврата зольныхъ веществъ въ видѣ удобрений — положенія, вѣрность которыхъ была доказана точными опытами лишь 300 лѣтъ спустя. Однако работы Palissy, 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 уже 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 водѣ 8 лѣтъ. Изъ этихъ двухъ опытовъ Duhamel вывелъ заключеніе, что растеніе можетъ питаться водой и воздухомъ, не придавши должнаго значенія тому обстоятельству, что обыкновенная вода содержитъ въ себѣ соли.

Въ 1766 году упецальскій профессоръ Vallerius ¹⁾ утверждалъ, что зольныя части растеній, полученные имъ при химическомъ анализѣ, не тождественны съ тѣми, которыя содержитъ почва и что онѣ готовятся растеніемъ изъ воды и воздуха. «Жирная суб-

¹⁾ (Авторъ сочиненія „Fundamenta agriculturae chemica“.

станция» еще фигурирует 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.

Вѣрные представленія о роли минеральныхъ солей почвы въ дѣлѣ питанія растений, прорываясь въ отдѣльныхъ мало извѣстныхъ работахъ конца 18 вѣка, снова теряются когда въ 1800 году въ отвѣтъ на вопросъ, предложенный Берлинской Академіей, о происхожденіи зольныхъ частей растений, получился извѣстный отвѣтъ въ сочиненіи Шрадера, что растения якобы сами производятъ свои зольныя вещества посредствомъ жизненнаго процесса, а потому не нуждаются въ доставленіи ихъ извне.

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

Въ 1771 году Пристлей замѣтилъ, что растенія способны въ нѣкоторыхъ условіяхъ выдѣляя кислородъ исправлять воздухъ, испорченный животными.

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

Продолжателемъ работъ Сенебье явился Соссюръ. Онъ первый подвергъ обстоятельному анализу золу растений 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 и 5% его вѣса;

никто не сомнѣвается однако, что эта соль необходима для образованія костей. Я нашелъ ее въ золѣ всѣхъ растений, какія только изслѣдовалъ и нѣтъ ни малѣйшаго повода утверждать, что они могутъ обойтись безъ нея».

Однако до 1842 года не было прямыхъ опытовъ, доказывающихъ необходимость минеральныхъ солей для растенія. До этого же времени не было опытовъ выращиванія растений безъ гумуса и не смотря на то, что уже доказано было, что углеродъ растенія берутъ изъ углекислоты воздуха, на ряду съ питательными веществами ставятъ и гумусъ. Ежедневный опытъ сельскихъ хозяевъ показывалъ къ тому же, что существуетъ какая то связь между урожайностью почвы и количествами органическихъ веществъ, вносимыхъ въ нее или остающихся въ ней въ видѣ урожайныхъ остатковъ.

Соссюръ, указывая на значеніе перегноя для плодородія, между прочимъ отмѣчаетъ, что перегной содержитъ тѣ же самыя зольныя вещества, какія встрѣчаются въ растеніи (*Recherches chimiques sur la végétation*, стр. 185. Paris 1804); это напоминаетъ нѣсколько позднѣйшую органо-минеральную теорію Грандо, который пытался приписать гумусу роль передаточной станціи для минеральныхъ веществъ, поступающихъ въ растеніе.

Другіе, напр. англійскій химикъ Дэви, шелъ дальше Соссюра въ этомъ направленіи; такъ, онъ писалъ, что: «Растворы веществъ слизистыхъ, клеевыхъ, сахаристыхъ, маслянистыхъ, экстрактивныхъ, а также и растворы углекислоты въ водѣ содержатъ, такъ сказать, все начала, необходимыя для жизни растеній». Дэви говорилъ о золѣ напр., что она можетъ быть хорошимъ удобреніемъ, такъ какъ содержитъ много угля и даже пытался узнать не поступаетъ ли въ растенія прямо 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 противостоятъ паразитамъ. Такими же сторонниками питанія растений гумусомъ были въ Италіи Гаццери, во Франціи Chaptal.

Но болѣе всѣхъ популярности этой невѣрной теоріи питанія растений 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 которой находится теперь наше сельское хозяйство: это былъ періодъ упраздненія трехполья и перехода къ плодосѣльному хозяйству съ воздѣлываніемъ травъ и корнеплодовъ на поляхъ, съ улучшенными приемами въ области животноводства etc. Тэеръ не мало способствовалъ введенію улучшенныхъ приемовъ культуры, какъ своими сочиненіями, такъ и собственной дѣятельностью.

Воззрѣнія его благодаря его широкой популярности и авторитету, которымъ онъ пользовался среди сельскихъ хозяевъ, приобрѣли широкое распространеніе. Воззрѣнія эти создались не на основаніи какихъ либо физиологическихъ опытовъ Тэера, а въ основу ихъ легли невѣрно истолкованные факты дѣйствительности, свидѣтельствовавшіе о полезности гумуса. О минеральныхъ составныхъ частяхъ растенія онъ говоритъ, ссылаясь на опыты Шрадера, что онѣ синтезируются растеніемъ, а о гумусѣ пишетъ: «плодородіе почвы зависитъ собственно дѣйствіемъ отъ него, такъ какъ кромѣ воды онъ единственное вещество почвы, могущіе служить пищей растеніямъ». Чѣмъ больше питательныхъ веществъ содержитъ растеніе, тѣмъ больше оно и поглощаетъ гумуса; напимѣръ, пшеница требуетъ больше гумуса, чѣмъ рожь.

Гумусъ, дающій начало жизни, одновременно является и результатомъ ея: если растеніе сгниваетъ на томъ же мѣстѣ, гдѣ выросло, то количество гумуса увеличивается, такъ какъ во время жизни оно усвоило и превратило въ гумусъ другія болѣе простые (rohe) вещества. Минеральнымъ веществамъ почвы отводилась роль косвенная: они по этой теоріи ускоряли процессы разложенія въ почвѣ и переводили гумусъ въ форму удобоусвояемую.

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

«Растенія изъ неорганическихъ веществъ, получаемыхъ ими изъ почвы и воздуха образуютъ тѣла органическія съ помощью свѣта, тепла, электричества и влаги» пишетъ Шпренгель на 48 стр. своего «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 урожая 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 утраченного ею, причемъ всегда нужно обращать болѣе вниманія на такъ называемыя минеральныя вещества, чѣмъ на кислородъ, углеродъ и водородъ, такъ какъ эти послѣдніе растеніе находятъ и въ воздухѣ; что же касается азота, то онъ долженъ быть также внесенъ въ связанной формѣ, такъ какъ болѣе большинства растеній не имѣетъ способности притягивать достаточно азота листьями изъ воздуха». (Die Lehre v. Dünger, стр. 10). Говоря объ отдѣльныхъ удобрительныхъ веществахъ Шпренгель всегда руководится ихъ химическимъ составомъ, причемъ особенное вниманіе обращаетъ на тѣ питательныя вещества, которыхъ мало въ почвѣ.

Такимъ образомъ мы находимъ у Шпренгеля то самое ученіе о значеніи минеральныхъ веществъ и необходимости возврата ихъ, которое обыкновенно считается всецѣло принадлежащимъ Либиху. 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 возможности одновременнаго использованія перегной почвы корнями; но у него не было ни одного факта, который позволилъ бы ему отрицать это, какъ не было его вначалѣ и у Либиха.

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».

Въ 1840 году появилось вышеупомянутое сочиненіе Либиха, произведшее большое впечатлѣніе не только въ ученое міръ, но и въ массу практическихъ хозяевъ; оно было написано не строгимъ язы-

комъ лекцій, какъ книга Шпренгеля, а въ формѣ популярной, выделялась по блеску изложения, рѣзкости критики и смѣлости выводовъ.

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

Если растение заимствуетъ углеродъ изъ перегноя, то этотъ послѣдній долженъ быть предварительно растворенъ въ водѣ. Допустимъ, что все количество выпадающей воды поступаетъ въ растение, 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 растений 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 растений. Идя далѣе, Либихъ отвергъ совершенно самую возможность усвоения органическихъ веществъ корнями, поставивши въ основѣ ученія о питаніи растений (а, слѣдовательно, и ученія объ удобреніи) положеніе, что *только неорганическая природа доставляетъ растеніямъ ихъ первоначальную пищу*.

На долю перегноя Либихъ оставилъ только одну роль — постояннаго источника углекислоты въ почвѣ; она ускоряетъ процессъ вывѣтриванія силикатовъ и подготавливаетъ минеральную пищу растеніямъ. Что касается азота, вносимаго вмѣстѣ съ органическимъ веществомъ (напр. въ навозѣ), то Либихъ не придавалъ ему вообще особаго значенія, въ дѣлѣ удобренія, такъ какъ зная, что воздухъ содержитъ въ небольшихъ количествахъ азотъ и въ видѣ амміака, и въ формѣ окисленной, рѣшилъ, что почва достаточно получаетъ азота съ осадками, чтобы удовлетворить потребность культурныхъ растений. Поэтому, съ точки зрѣнія Либиха, въ навозѣ цѣнна была почти лишь зольная часть его. (Это впоследствии 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).

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

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

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

Либихъ подвергъ критикѣ самое понятіе объ *обогащающихъ* почву растеніяхъ; разъ растенія берутъ изъ почвы только минеральныя вещества, необходимыя для ихъ развитія, то каждый урожай уноситъ нѣчто изъ почвы, обѣдняетъ ее, ни одно растеніе не можетъ обогащать почву элементами пищи для другихъ растений, а можетъ только ее истощать. Но истощеніе это производится разными растеніями въ разномъ направленіи: одни берутъ преимущественно кали (свекла, картофель), другія берутъ преимущественно известь (напр. горохъ), третьи преимущественно кремнекислоту ¹⁾ (хлѣба), значитъ, чередованіемъ культуръ мы только замедляемъ ходъ истощенія почвы, болѣе равномерно 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.

На необходимости возврата минеральныхъ веществъ въ почву (указанной ранѣе Palissy, Rückert'омъ, Sprengel'емъ) Либихъ настаивалъ съ громадной энергіей и не соблюденію этого приписывалъ большое историческое значеніе. «Причина возникновенія и паденія націй лежитъ въ одномъ и томъ же. Расхищеніе плодородія почвы обуславливаетъ ихъ гибель, поддержаніе этого плодородія — ихъ жизнь, богатство и могущество». Какъ на примѣръ, Либихъ указывалъ на судьбу Греціи, Рима, пришедшихъ къ упадку экономическому и нравственному благодаря незнанію законовъ природы. Той же судьбой грозитъ онъ и современному хозяйству, если оно во время не прекратитъ расхищеніе питательныхъ веществъ почвы, которое происходитъ, какъ указывалъ Либихъ, прежде всего въ слѣдующемъ направленіи. Большая часть хозяйствъ продаетъ въ городъ зерно и другіе

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

продукты, увозя вмѣстѣ съ ними и тѣ вещества, которые взяты были изъ почвы для ихъ образованія—возвращаются въ навозѣ лишь вещества, входящіе въ составъ соломы и сѣна, идущихъ на кормъ и подстилку животнымъ. Слѣдовательно, поля при исключительно навозномъ удобреніи ежегодно не дополучаютъ часть того, что отдають растенію; а такъ какъ есть разница въ составѣ зерна и соломы, то не всеми питательными веществами почва будетъ обѣднѣть 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 не содержалось въ почвѣ кали, азота, она не дастъ хорошаго урожая, если въ ней нѣтъ должнаго количества фосфора.

Проповѣдь Либиха вызвала обширную полемику и дала толчекъ ко многимъ опытнымъ изслѣдованіямъ. Около того времени, геттингенскій университетъ, въ виду отсутствія еще прочной почвы въ ученіи о питаніи растеній, назначилъ для полученія преміи слѣдующую тему: «такъ называемыя неорганическія вещества, которые находятся въ золѣ растеній, окажутся ли въ ней и тогда, когда онѣ не были предложены растенію? и представляютъ ли эти вещества столь существенныя части растительнаго организма, что этотъ послѣдній не могъ обойтись безъ нихъ для своего полного развитія». Тема, подобная той, какую 40 лѣтъ назадъ предложила Берлинская Академія, но отвѣтъ получился теперь иной. Премію получили въ 1842 г. Вигманъ и Польсторфъ, писавшіе въ своемъ сочиненіи, что «развитіе растенія задерживается и даже совершенно подавляется, если не будетъ ему доставлено въ почвѣ извѣстнаго количества неорганическихъ веществъ въ растворимомъ состояніи». Къ этому выводу они пришли выращиваніемъ растеній въ промытомъ царской водкой для удаленія усвояемыхъ веществъ пескѣ, причемъ одни растенія поливались де-стилированной водой, а другимъ давались смѣси различныхъ солей, встрѣчающихся въ почвѣ. Для большей убѣдительности Вигманъ и Польсторфъ произвели опытъ выращиванія кресса въ обрѣзкахъ платиновой проволоки, помѣщенной въ платиновомъ же сосудѣ. Полученныя при этихъ условіяхъ растенія (недоразвитыя такъ называемыя «предѣльныя») содержали ровно столько же золы, сколько было ея въ сѣменахъ. *Этой работой впервые было дано строгое доказательство воз-зрѣнію на зольныя вещества, какъ на пищу растеній, доставляемую имъ почвой.* Методъ рѣшенія физиологическихъ вопросовъ путемъ

выращиванія растеній въ искусственной, строго опредѣленной средѣ, которымъ шли Вигманъ и Польсторфъ и которой впоследствии получимъ широкое примѣненіе, методъ *синтетическій*, позволилъ окончательно установить то, что было лишь намѣчено впервые Соссюромъ, а затѣмъ Шпренгелемъ и Либихомъ, при помощи метода *аналитическаго*. Въ первой работѣ Вигмана и Польсторфа въ питательной смѣси участвовали и перегнойныя вещества, такъ что нельзя было рѣшить, нужны ли они для растенія. Этотъ пробѣлъ былъ пополненъ нѣсколько позднѣе Польсторфомъ, который показалъ, что *растеніе развивается нормально въ почвѣ не содержащей органическаго вещества*.

Послѣ того, какъ рѣшенъ былъ вопросъ о необходимости зольныхъ частей вообще, нужно было разобрать, все ли вещества, встрѣчающіяся въ растеніи, одинаково необходимы ему или и 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 все элементы золы, но не дано азота, то растеніе не развивается нормально; 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 де-стиллированной водѣ. Этотъ методъ получилъ въ то время предпочтеніе потому, что свободную отъ примѣсей воду получить легче, нежели совершенно чистый песокъ; кромѣ того к самая прозрачность среды, возможность вынимать изъ нея растеніе, не причиняя вреда ему, представляютъ извѣстныя удобства. Первые предложили замѣнить песокъ водой Саксъ и Кнопъ въ концѣ пятидесятихъ годовъ, затѣмъ Кнопъ, Ноббе, Вольфъ и др., продолжая работать этимъ методомъ въ 60 годахъ, обстоятельно выяснили какія изъ зольныхъ веществъ необходимы для растенія и какія нѣтъ. Извѣстно, что для этого растеній, культивируемыхъ въ совершенно одинаковыхъ условіяхъ,

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

даютъ въ одномъ случаѣ полную смѣсь солей, а въ другомъ—исключаютъ изъ нея испытуемое вещество и наблюдаютъ, какъ отзывается эта разница на ростѣ; («спрашиваютъ мнѣніе самого растенія» какъ выразился Буссенго). Оказалось, что корнямъ должны быть доставлены въ слабыхъ водныхъ растворахъ (1—3 на тысячу) соединенія слѣдующихъ веществъ: K_2O , MgO , CaO , Fe_2O_3 , P_2O_5 , N_2O_5 , SO_3 ; если хотя одно изъ этихъ веществъ отсутствуетъ, растеніе не развивается нормально, остается предѣльнымъ, какъ и въ томъ случаѣ, когда оно получаетъ одну дистиллированную воду ¹⁾. Въ подобныхъ растворахъ строго опредѣленного состава удалось достигнуть весьма значительнаго прироста органическаго вещества, часто значительно превышавшаго обычный приростъ при условіяхъ полевой культуры; такъ у Ноббе гречиха искусственно выращенная превышала въ 4 раза по вѣсу взятую съ плодородной почвы, у Вольфа для маиса получился вѣсъ вдвое болѣе и т. д. Этими опытами еще разъ подтверждена была такимъ образомъ ненужность органическаго вещества почвы, какъ таковаго, для правильнаго развитія растеній.

На ряду съ теоретической разработкой возбужденныхъ Либихомъ вопросовъ, его дѣятельность дала толчокъ цѣлому ряду опытовъ съ различными удобрениями въ полѣ и вызвала къ жизни новыя отрасли промышленности, какъ, напр., фабрикація суперфосфатовъ Либихъ указалъ на кости, какъ одно изъ важныхъ средствъ возвращать почвѣ взятую изъ нея фосфорную кислоту и предложилъ обрабатывать ихъ сѣрной кислотой, чтобы перевести нерастворимый въ водѣ трехъосновный фосфатъ въ форму растворимую; подъ влияніемъ этого указанія Лоозъ въ 1842 году открылъ въ Англіи первый суперфосфатный заводъ ²⁾.

Остановимся теперь на тѣхъ чертахъ ученія Либиха, которыя при столкновеніи съ дѣйствительностью должны были претерпѣть болѣе или менѣе существенныя поправки и дополненія. Прежде всего, вышеупомянутое требованіе возвращенія почвѣ всего изъ нея взятаго, выраженное въ такой крайней формѣ, сталкивается съ основнымъ правиломъ организаціи хозяйства допускать только тѣ приемы, которые окупаются въ хозяйствѣ; противиться этому «категорическому императиву» не можетъ послѣдовательно ни одинъ хозяинъ. Проведеніе же принципа возврата до конца требовало бы въ интересахъ потом-

¹⁾ Кнопъ нашелъ, что растеніе наилучше развиваются при такомъ соотношеніи питательныхъ веществъ: 4 части $Ca(NO_3)_2$, по 1 части KH_2PO_4 , KNO_3 и $MgSO_4$; или 1 грамма $Ca(NO_3)_2$ и по 0,25 gr. остальныхъ солей на одинъ литръ воды.

²⁾ Теперь въ одной Германіи работаетъ около 100 такихъ заводовъ.

ковъ примѣненія приѣмовъ, хотя бы и убыточныхъ въ настоящее время. Помимо трудной выполнимости этого требованія является еще вопросъ, насколько правильно мы теперь можемъ оцѣнивать интересы нашихъ потомковъ ¹⁾.

Другая поправка должна была быть внесена по вопросу значенія азотистыхъ удобрений. Либихъ первоначально утверждалъ, что расходъ на покупку азотистыхъ удобрений есть расходъ непроизводительный, что атмосфера содержитъ 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 удобренияхъ.

По этому вопросу цѣлая серія работъ принадлежитъ другому крупному представителю агрономической химіи—Буссенго ²⁾.

Опыты Буссенго въ 1837—38 годахъ, съ песчаными культурами, безъ внесенія азота, показали ему, что растенія усваиваютъ въ этихъ условіяхъ элементы углекислоты и воды (въ небольшихъ размѣрахъ), но что азота они содержали столько, сколько его было въ сѣменахъ или лишь немного болѣе. Предполагая, что этотъ малый приростъ азота могъ произойти отъ поглощенія изъ атмосферы слѣдовъ углекислаго амміака растеніями и почвой, Буссенго въ слѣдующихъ опытахъ выращивалъ растенія подъ колпаками, замѣнутыми 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 атмосфер-

¹⁾ Покойный Н. Е. Лясковскій, читая въ 1886 году въ Моск. Универ. курсъ агрономической химіи, такъ выразился по этому поводу: „какъ намъ думать объ интересахъ потомковъ, когда они очевидно будутъ знать больше чѣмъ мы, и быть можетъ будутъ умѣть азотъ атмосферы утилизировать для приготовленія бѣлковъ“.

Если до этого, въ прямомъ смыслѣ, еще повидимому и далеко, то все же появившаяся въ томъ же 1886 году работа Гельригеля уже указала путь для использования атмосфернаго азота въ цѣляхъ синтеза органическаго вещества при помощи растенія.

²⁾ Либихъ род. 1803. умеръ 1873: Boussingault род. 1802, ум. 1887 г. первыя работы Буссенго относятся къ 1838 году; непрерывной цѣпью продолжаются онѣ до конца его жизни, затрогивая основные вопросы физиологіи растеній и агрономіи (см. его *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, 8 томовъ).

ный азотъ культурнымъ растеніямъ недоступенъ (теперь же мы добавляемъ: безъ содѣйствія бактерій); къ тождественному-же выводу пришли Лоозъ и Джильтбертъ при повтореніи опытовъ Буссенго въ Ротамстедѣ. Напротивъ, азотъ связанный, внесенный въ формѣ нитратовъ, давалъ въ опытахъ Буссенго урожай, возраставшій пропорціонально его количеству; вотъ примѣръ:

Опытъ съ *Helianthus*.

Дано селитры:	0	0,02 gr.	0,04 gr.	0,16 gr.
Полученъ урожай	0,397 gr.	0,720	1,130	3,280
Приростъ урожая подвѣяннѣмъ селитры	—	0,323	0,733	2,883

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

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 отдѣльных элементовъ вносимыхъ съ удобреніями и уносимыхъ урожаями послѣдовательныхъ культуръ даннаго сѣвооборота, замѣтилъ, что урожай въ суммѣ уноситъ постоянно больше азота, чѣмъ его вносятся 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 поле (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 выяснитъ откуда берутся эти постоянные излишки.

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

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

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 добычанія селитры (выщелачиванье и выпариванье) или для полученія обильныхъ урожаевъ пшеницы; по анализамъ Буссенго для южно-американскихъ почвъ содержаніе селитры въ нихъ можетъ превышать 1% ²⁾.

Въ 1859 году Буссенго поставилъ опытъ съ цѣлью выяснитъ, 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 анализована.

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

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

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 связываньемъ азота атмосферы.

Нужно было искать другихъ путей прихода связаннаго азота въ почву. Буссенго обратился къ изученію состава атмосферныхъ осадковъ, чтобы судить насколько они могутъ обогащать почву нитратами и амміакомъ.

Оказалось, что дождь приноситъ съ собой около 1,5 mgr. NH_3 на литръ; впрочемъ, если дождь идетъ болѣе продолжительное время, то количество амміака падаетъ до 0,2 mgr. на литръ (атмосфера какъ бы промывается первыми порціями дожда). Также правильность наблюдается для содержанія азотной кислоты (2,0—0,2 mgr. на литръ).

Какъ же возобновляется въ атмосферѣ запасъ связаннаго азота? Буссенго указывалъ на грозы, (особенно частыя въ странахъ экваторіальныхъ) какъ на факторъ обогащающій атмосферу нитратами (известно, что подъ влияніемъ электрической искры азотъ соединяется съ кислородомъ, но все таки количество азота, такимъ путемъ поступающаго въ почву, не велико, даже если къ этому добавить тѣ количества амміака, которые поглощаются почвой или растеніями ¹⁾ изъ атмосферы непосредственно, помимо выпаденія осадковъ ²⁾).

1) Известно, что если обогатить атмосферу углек., амміакомъ искусственно, то можно констатировать замѣтное усвоеніе азота этимъ путемъ (опыты Шлезинга, Майера и др.).

2) Тщательныя опредѣленія количества амміака въ атмосферѣ принадлежатъ Шлезингу; (описаніе его своеобразныхъ приѣмовъ изслѣдованія интересующіеся могутъ найти въ вышеназванной книгѣ Grandeaу); онъ наблюдалъ измѣненія въ этихъ количествахъ въ зависимости отъ разныхъ факторовъ, между прочимъ отъ преобладающаго направленія вѣтра, а именно въ среднемъ, въ 100 кубич. метрахъ воздуха:

Вѣтеръ:	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 этихъ наблюденіяхъ Шлезингъ построилъ слѣдующія представленія о круговоротѣ связаннаго азота.

Кромѣ того, что этотъ источникъ связаннаго азота не обиленъ, важно отмѣтить еще что онъ одинаковъ для всѣхъ растений, а въ сельско-хозяйственной практикѣ все болѣе и болѣе накопились факты указывающіе, что одни изъ культурныхъ растений (бобовыя) используютъ какіе-то источники азота, недоступные для другихъ.

Весьма рельефно это сказалось у Лооза и Гильберта (Ротамстедъ) при слѣдующихъ опытахъ (1850—60 г.г.): на одномъ участкѣ (I) 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 внесли 574 kilogr. азота изъ почвы второго участка, причемъ почва отъ этого очевидно не обдѣлала азотомъ, если послѣдующіе урожаи пшеницы могли брать вдвое болѣе азота (каждый), чѣмъ при непрерывной культурѣ.

Благопріятное вліяніе культуры клевера на урожай послѣдующихъ хлѣбовъ (отзывчивыхъ къ азотистому удобренію) наблюдалось постоянно.

Амміакъ изъ атмосферы поглощается почвой, въ ней нитрифицируется и селитра вымывается въ подпочву, оттуда въ рѣки и съ ними приходитъ въ море; въ морѣ нитратами питаются водоросли, которыя или вполнѣдствіи прямо отмираютъ или служатъ пищей животныхъ, тоже умирающихъ и приходящихъ въ разложеніе, какъ и водоросли; продуктомъ разложенія является амміакъ, и онъ въ видѣ углекислаго амміака обратно отдается постепенно морской водой атмосферѣ—круговоротъ такимъ образомъ заканчивается.

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

Оказывается, что вмѣстѣ съ осадками и путемъ прямого поглощенія почва можетъ получить около 16 килогр. азота въ годъ, или около 1 пуда на десятину. (Для сравненія укажемъ, что урожай пшеницы беретъ около 4 п. азота съ десятины).

Эти цифрѣ установлены лишь приблизительно, по опредѣленію количества амміака, поглощеннаго за годъ сѣрной кислотой на единицу поверхности; принимаютъ, что размѣръ поглощенія почвой не отличается значительно отъ связыванія амміака кислотой. Подобныя опредѣленія дали въ разныхъ мѣстахъ результаты несовпадающіе.

Далге, Шульцъ (въ Люницѣ) показали, что можно получать на бѣдной песчаной почвѣ удовлетворительные урожаи ржи и картофеля, не примѣняя ни селитры, ни навоза, а культивируя lupinus на зеленое удобрение и внося подъ нихъ калии и фосфаты.

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

Причину этого различія выяснилъ, какъ извѣстно, Гелльригель. Онъ, заведя сельскохозяйственной опытной станціей¹⁾, поставилъ себѣ одной изъ главныхъ задачъ опредѣленіе количества отдѣльныхъ элементовъ пищи (N, K, P), какія необходимы для получения нормальныхъ урожаевъ сельскохозяйственныхъ культурныхъ растений. Оказалось, что установленіе такихъ нормъ для азота натолкнулось на непредвидѣнные затрудненія. Именно, при песчаныхъ культурахъ (въ пескѣ непрокаленномъ, въ отличіе отъ Буссенго) злаки обнаруживали извѣстную правильность, давая урожай тѣмъ болѣе, чѣмъ больше введено было въ сосуды азота въ формѣ селитры, но бобовыя развивались внѣ всякой зависимости отъ этого фактора; вотъ цифровая 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 ²⁾

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.

Такіе результаты Hellriegel получалъ въ 1883, 84 и 85 годахъ (первыя его наблюденія надъ бобовыми относятся даже къ 1863 году) около этого времени появилась работа Brunhorst'a, посвященная анатоміи клубеньковъ на корняхъ бобовыхъ³⁾, около того-же времени Бертелло сообщилъ о своихъ наблюденіяхъ, по которымъ почва, населен-

¹⁾ Сначала въ Dahme, потомъ въ Bernburg'ѣ.

²⁾ См. описаніе этой серіи работъ: „Untersuchungen über die Stickstoff-nährung der Leguminosen und Gramineen“, von Hellriegel und Willfarth, 1888.

³⁾ Клубеньки эти изслѣдовались еще въ 1866 году Воронинымъ, который признавалъ бактерій виновниками ихъ образованія; но ни въ какую связь съ усвоениемъ азота эти образованія не приводились.

ная микроорганизмами, 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—связь усвоенія азота съ зараженіемъ бактеріями и образованіемъ клубеньковъ была установлена.

Такимъ образомъ, Гелльригель доказалъ, что въ извѣстной мѣрѣ правы были старые авторы, давая нѣкоторымъ растениямъ 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 нормальнымъ навознымъ удобрениемъ (2400 п.).

Работы Гелльригеля повторились и дополнились цѣлымъ рядомъ другихъ изслѣдователей (Bréal, Beyerink, Prazmowsky, Schloesing и Laurent, Коссовичъ, Bouilhac, Mazé и др.) Отмѣтимъ, что Nobbe и Hiltner указали на различія между бактеріями разныхъ видовъ бобовыхъ, на возможность повысить урожай бобового зараженіемъ почвы соотвѣтствующей ему бактеріи; отсюда попытки примѣнены бактеріальныхъ удобрений (нитрагина; о немъ будетъ рѣчь позднѣе).

Обращая взгляды 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 координированіе 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 — ничто, — Либихъ училъ обратному; мы же признаемъ, вмѣстѣ съ Тэеромъ, какъ роль перваго (въ опредѣленіи физическихъ¹⁾ свойствъ почвы), такъ и вмѣстѣ съ Либихомъ, все значеніе вторыхъ въ дѣлѣ удобрения; вмѣстѣ съ Буссенго признаемъ значеніе азотистыхъ удобрений для большинства

¹⁾ Для изученія физическихъ условій, вліяющихъ на развитіе культурныхъ растений, многое сдѣлано было за послѣднее время Вольни (см. Wollny, Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik, 1878—98 г.г.).

сельско-хозяйственныхъ культурныхъ растений (въ противоположность первоначальной формулировкѣ Либиха), но къ факторамъ физическимъ и химическимъ добавимъ, на основаніи работъ Геллеригеля, признаніе значенія фактора біологическаго, не упуская изъ виду, что факторъ этотъ можетъ дѣйствовать какъ въ положительную сторону (усвоеніе азота, нитрификація), такъ и въ отрицательную (денитрификація).

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

Почва, какъ посредникъ между растеніемъ и удобреніемъ.

Поглотительная способность почвъ.

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

Исторію изученія явленій поглощенія ведутъ обыкновенно съ Гагцери (Италія), который въ 1819 г. издалъ сочиненіе озаглавленное «Новая теорія удобрения». Тамъ онъ описываетъ свои опыты процѣживания навозной жижи черезъ глину, причемъ происходитъ обезцвѣчиваніе жидкости, и приходитъ къ выводу, что «почва, въ особенности же глина, воспринимаетъ приходящія съ ней въ прикосновеніе вещества и удерживаетъ ихъ, чтобы передать растеніямъ по мѣрѣ надобности». Въ Германіи Броннеръ въ 1836 году производитъ такіе же опыты, не зная о работахъ Гагцери и пришелъ къ заключенію, что даже песчаная почва способна 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 удобрения касается лишь верхняго слоя почвы, не достигая подпочвы.

Въ Англіи 1845 г. Томсонъ наблюдалъ поглощеніе амміака изъ солей, причемъ замѣтилъ, что при дѣйствіи на почву растворомъ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ въ растворъ переходитъ гипсъ. Въ 1850 году въ Англіи же появились обстоятельныя изслѣдованія Уэ, который продѣлалъ опыты со многими почвами и различными веществами, пытаясь вы-

яснить, какая составная часть обуславливает поглощение. Прощивая через почву растворы калийных и аммиачных солей, он наблюдал поглощение оснований, кислоты же, связанные с ними (серная, соляная, азотная) оказывались в растворе, большей частью в виде солей извести, а частью и других оснований; фосфорная кислота вела себя иначе—она тоже задерживалась почвой; если кали и аммиак употреблялись в соединении с P_2O_5 , то они поглощались сильнее. Уэ объясняет это явление реакциями взаимного обмена между раствором и почвой; сначала он думал, что в почве вступает в эти реакции кремнекислая известь; но опыты с этим веществом не подтвердили его предположения. Тогда Уэ обратил внимание на такъ называемую цеолитную часть почвы—водная двойная соединения кремнекислого глинозема с другими кремнекислыми основаниями, которые образуются в почве, при процессах выветривания, непосредственно или путем вторичным, при соприкосновении веществ, являющихся продуктами этих процессов; он приготовил искусственный натровый цеолит, приливая раствор натрового стекла к раствору квасцов и констатировал его способность поглощать кали. Тоже показал он и для известкового цеолита. При этом наблюдалась эквивалентность оснований входящих и выходящих из состава цеолита. Таким образом опыты Уэ говорили за чисто химическую природу явления поглощения.

Опыты Уэ не обратили на себя должного внимания, пока Либих в 1858 г. не поднял вновь вопроса о поглотительной способности почвы и не подчеркнул важность его с точки зрения питания растений и удобрения. Он усумнился в правильности толкования Уэ относительно роли цеолитов в явлении поглощения; напротив Либих склонился к объяснению этих явлений чисто физическим путем. Основываясь он на следующих своих опытах. Прощивая слабые растворы сернокислого кали через почву разного состава, он наблюдал во всех случаях почти полное истощение раствора; работая другим методом (взбалтывание) с растворами K_2SiO_3 большей концентрации, он нашел разное поглощение у разных почв, но не замечал никакой связи ни с содержанием глинозема, ни с содержанием извести¹⁾; поэтому он решил, что явления поглощения не зависят от химического состава почвы, и должны отойти к категории явлений физических. Для сравнения

¹⁾ ср. Густавсонъ „Двадцать лекцій Агрономической химіи“ стр. 63.

он указывал на способность угля задерживать красящие вещества и обезцвечивать таким образом прощивенный раствор. Этой способностью действительно обладают многие вещества в тонко измельченном состоянии, как сфа, мышиакъ, но нельзя сравнивать поглощение солей почвой с этим поглощением, так как здесь задерживаются лишь трудно растворимые вещества, трудно диффундирующие, с высоким молекулярным весом, иногда даже не фильтрующиеся через обыкновенный фильтр. Соли же щелочных и щелочноземельных металлов не задерживаются ни этими веществами, ни углем, если уголь не содержит минеральных примесей. Адольф Майеръ приготовил свободный от золы уголь, осажда сажу от коптящей керосиновой лампы на дно чашки с холодной водой и затем прокаливая ее в закрытом тигле. Такой приготовленный уголь не поглощал веществ заведомо поглощаемых почвой, напр. кали из растворов KCl , K_2SO_4 , и т. д.; титры профильтровываемых жидкостей оставались без изменения, а красящие вещества этот же уголь осаждают.

Помимо того, что сравнение с углем является не подходящим, ряд работ по поглотительной способности, вызванных Либихом же, доставил ряд фактов, подтверждающих взгляд Уэ; тем не менее на выводах германских исследователей надолго отразилось влияние авторитета Либиха и многие из них старались доказать, что химических причин недостаточно для объяснения явлений поглощения.

Впрочем и о Либихе нужно сказать, что он не отрицал участия химических явлений; так он показал, что из слабых растворов K_2SiO_3 почвы богатые органическими кислотами поглощают много кали и много SiO_2 , так что фильтрат при выпаривании дает студень; если же почву прокалить, или прибавить $CaCO_3$, то и SiO_2 начнет поглощаться; химизм здесь очевидный, но Либих не находил возможным признать его в других случаях.

Переходим к описанию и количественному изучению явлений поглощения, как они выяснились на основании работ Генеберга и Стомана, Петерса, Раутенберга и др.

Поглощение щелочей. Не только кали, как мы видели из опытов Уэ, может поглощаться почвой, но тоже и натр, и аммиак, причем кислота остается в растворе (если только это не была фосфорная кислота или SiO_2) в связи с другими основаниями, замещающими поглощенные в эквивалентных количествах. Но энергия, с которой поглощается основание, различна, так, натр зна-

чительно уступаетъ въ этомъ отношеніи кали, какъ это можно видѣть изъ слѣдующихъ цифръ:

	Взято на 250 к. с.		Поглощ. въ % отъ взятаго колич.	Для кали		
	Na ₂ O въ формѣ.	въ гр.		K ₂ O.	Gr.	o/o.
100 гр. почвы. Сернокислой соли	0.1550	0.0216	—13.9%	0.2355	0.0977	41.0
Нитрата	0.1550	0.0228	—14.7	0.2355	0.0840	35.7
Фосфорнокислой	0.1550	0.0414	—26.7	0.2355	0.1271	53.9
Углекислой	0.1550	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 СаО вытѣснены были K₂O, (NH₄)₂O, Na₂O.

KCl	0.354 СаО
NH ₄ Cl	0.319 СаО
NaCl	0.168 СаО

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

Но нужно замѣтить, что размѣры поглощенія того или другого основанія зависятъ еще отъ предшествующаго состоянія или искусственной обработки (т. е. химической) почвы; такъ если обработать почву калийными солями, такъ сказать насытить ее кали, то ея поглощательная способность для натра возрастетъ, какъ показалъ Петерсъ: его почва поглощала вначалѣ изъ 250 к. с. раствора съ 0.3609 Na₂O (въ формѣ NaCl)—0.0270 Na₂O, а послѣ обработки растворомъ кали—0.0621 Na₂O. 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 K₂O, СаО, то Na₂O 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 концентрація раствора также сильно влияетъ: 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 0.585-mmг K ₂ O поглотилось 0.190-mmг.	
» » » » 1.170 » » » 0.250 »	
» » » » 2.340 » » » 0.390 »	

Какъ видно поглощеніе повышается не пропорціонально концентраціи, а медленно. Бедекеръ пытался 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. $\sqrt{2}$) получались слѣдующія величины при удвоеніи концентраціи отъ:

$\frac{1}{20}$ до $\frac{1}{10}$ нормальн. раствора для K₂CO₃—1.21 (min.)
для KNO₃—1.85 (max.).

Для высшихъ концентрацій отступленія еще сильнѣе.

Мы здѣсь имѣемъ дѣло съ условіями подвижнаго равновѣсія, подобно тому, какъ количество газа раствореннаго 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 взаимъ поглощаемого вещества выделяется другое и равновѣсіе опредѣляется не только количествами веществъ реагирующихъ, но и энергіей замѣненія, 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).

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:

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

Взято кали:	Растворено:	Поглощено:	%	Отношение.
100 гр. почвы 0.5888 гр. K_2O въ 250 к. с.	0.1990 гр.	$=33.8\%$	—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 а priori; положимъ, что изъ количества основанія А, раствореннаго въ 1 жидкости, почва поглотила a гр.; слѣдовательно въ жидкости осталось $\frac{A-a}{1}$ гр.; 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 выдѣленіе вещества изъ почвы въ растворъ; оно продолжается до нѣкоторой промежуточной между 1 и 2 ступени, 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 гр., черезъ 24—0.058 и черезъ 168—0.067 гр.

Зависимость отъ t^o нельзя еще считать достаточно выясненной; во всякомъ случаѣ влияние этого фактора не велико.

Относительно того, насколько отвѣчаютъ эквивалентамъ количества поглощаемыхъ основаній, даютъ возможность судить слѣдующія цифры Kellner'a, полученные имъ для 5 почвъ Японіи (анализы агрономической лабораторіи въ Токио) ¹⁾.

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

¹⁾ Landw. Versuchsstationen. XXXIII.

1	2	3	4	5
2.483	1.700	1.940	1.524	1.583
2.510	1.712	1.980	1.562	1.610

При обработкѣ NH_4Cl и перечисленіи $(NH_4)_2 O$ на K_2O получается:

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

		Эквивалент.	Поглощено
		основ.	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; магnezія поглощается съ болѣе энергіей, нежели известь, какъ это видно изъ слѣдующихъ цифръ:

Концентрація (норм. раств.=1).	Количество основанія.	Поглощено.
$MgCl_2$ 0.1	1 гр. на 250 к. с.	0.0985—9.8%
$CaCl_2$ 0.1	1.4 гр. »	0.0374—2.7%
$MgCl_2$ 0.01	0.1 »	0.0346—34.6%
$CaCl_2$ 0.01	0.14 »	0.0208—15%

Опыты эти произведены были съ почвой бѣдной известью и магnezіей: въ ней было 0.24 CaO (раств. въ HCl) и 0.28 MgO , въ почвахъ же богатыхъ этими веществами поглощеніе естественно будетъ равно 0, или даже, при извѣстныхъ условіяхъ, растворъ будетъ обогащаться известью или магnezіей.

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 невыветрившіеся минералы видимо должны быть исключены изъ числа факторовъ поглощенія ¹⁾. Первый, состоя изъ кварцевыхъ зеренъ, представляетъ почти неизмѣняемое химически тѣло, не поддаваясь дѣйствию даже сильныхъ реактивовъ. Остаются слѣдовательно слѣдующія вещества: силикаты водные (являющіеся продуктомъ сложнаго выветриванья), гидраты окиси желѣза и глинозема, свободная водная SiO_2 , карбонаты, сульфаты, фосфаты и гуматы.

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

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

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. Кремнекислые щелочи поглощаются каолиномъ цѣликомъ безъ разложенія, образуя двойные соли. Что же касается фосфорнокислыхъ соединений, то тутъ можетъ происходить отчасти обмѣнное разложеніе: образуется съ одной стороны 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 обрабаты-

¹⁾ Въ послѣднее время впрочемъ накопляются данныя показывающія, что безводные силикаты не такъ стойки и поддаются дѣйствию растворовъ въ большей мѣрѣ чѣмъ казалось ранѣе; значить ихъ роль въ поглощеніи можетъ быть не равна нулю.

валъ его при обыкновенной t° растворами поваренной соли (II), соды (III), хлористаго аммонія (IV), углекислаго аммонія (V) и KCl (VI). Вотъ составъ шабазита неизмѣннаго и послѣ обработки этими растворами:

	I (шабаз.)	II (NaCl)	III (NH_4Cl)	IV (Na_2CO_3)	V ($\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	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	—
$(\text{NH}_4)_2\text{O}$	—	—	6.94	—	5.91	—
K_2O	0.65	0.64	0.61	6.86	0.87	13.48
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 растворомъ 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, напр., шабазита или апофиллита; 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 основаніе, такъ какъ все, что можетъ разрушать цеолиты, уничтожаетъ и явленія поглощенія и наоборотъ, все способствующее образованію цеолитовъ вызываетъ и усиливаетъ эти явленія.

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

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 почвъ 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.

	Непрокаленная.	Прокаленная.
При постепенномъ увеличеніи соотношенія между количе- ствомъ почвы и употреблен- наго раствора:	0.0106	—
	0.0079	—
	0.0227	0.0095
	0.1228	0.0444
	0.2023	0.0444
	0.2796	0.1322

Поглощение аммиака изъ раствора NH_4Cl получилось следующее:

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

Поглощение цеолитами основаній изъ растворовъ подчиняется тѣмъ же законамъ, какъ и поглощение ихъ почвой. Armsby прослѣдилъ ⁴⁾ параллельно поглощение для нильской почвы и искусственно имъ приготовленнаго силиката, послѣдній представлялъ натрово-глиноземную водную соль кремниевой кислоты 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 кремниевой кислоты натра. Въ зависимости отъ измѣненія количества раствора поглощенія въ обоихъ случаяхъ увеличилось по одному и тому же закону:—кривыя, выражающія измѣненіе поглощенія для почвы и для цеолита, получились весьма близкія между собой.

Взято силиката	2.5	Поглощено безъ NaCl	0.1151	Поглощено + NaCl	0.1039
"	1.25	"	0.0663	"	0.0585
"	0.625	"	0.0859	"	0.0303
"	0.3125	"	0.0187	"	0.0143

Разъ цеолиты играют такую большую роль въ дѣлѣ поглощенія, естественно ожидать, что будетъ извѣстная пропорціональность между ихъ содержаніемъ въ почвѣ и поглонительною способностью. Но до сихъ поръ такой параллелизмъ строго не могъ 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, ко-

1) L. Versuchsstationen, XXI

нечно, карбонаты); но у него не получалось полной последовательности для всехъ отдѣльныхъ случаевъ; согласіе получалось лишь для среднихъ чиселъ. Да и трудно было бы ожидать здѣсь совершенной правильности; въ кислотахъ могутъ растворяться и другія основанія, напр., гидратъ окиси желѣза. Поэтому быть можетъ правильнѣе было бы опредѣлять поглощенные основанія, вытѣсня ихъ амміакомъ, путемъ промыванія почвы растворомъ NH_4Cl . Но и въ такомъ случаѣ, если бы могли точно опредѣлить поглощенные основанія, все же не имѣли бы точной мѣрки поглощенія, 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 также наблюдалъ этотъ приблизительный параллелизмъ между количествомъ цеолитовъ и поглощеніемъ въ почвѣ, принимая за мѣрило количество кремнекислоты, выдѣляемой кислотами въ свободномъ состояніи и являющейся результатомъ разложенія цеолитовъ ¹⁾.

Гидраты окиси желѣза и глинозема также участвуютъ въ явленіяхъ поглощенія; первый заслуживаетъ большаго вниманія, такъ какъ принимаетъ болѣе замѣтное участіе въ составѣ почвы. Но поглощеніе ихъ не похоже, конечно, на поглощеніе цеолитовъ, 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

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 соответственная 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 (К. Д. Глинка).

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 раннѣе разсмотрѣнныя явленія. Такъ

10 gr. $\text{Fe}_2(\text{OH})_6$ поглощали	0.0396 gr. NH_3 при концентраціи	0.8417 на 260 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 »

Кромѣ тѣхъ щелочей, глиноземъ способенъ еще поглощать кремнекислоту кали, образуя цеолитообразное соединеніе. Хлористыя же, сѣрниокислыя и азотнокислыя соли почти совершенно не задерживаются. (По Варингтону, сѣрниокислыя щелочи нѣсколько все-таки задерживаются, что нужно объяснить образованіемъ основныхъ солей).

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

Гидратная 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 $\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ¹⁾; при этомъ въ растворѣ остается KHCO_3 . Точно также въ случаѣ фосфорнокислыхъ щелочей возможно поглощеніи части основанія съ образованіемъ соответственныхъ 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

¹⁾ L. Versuchsstationen, XXIII.

кислотой, кипятилъ ее съ содой, чтобы удалить SiO_2 . Когда послѣ этой обработки онъ испыталъ дѣйствіе раствора KCl , то почва, вмѣсто ожидаемаго пониженія поглощенія показала увеличеніе его противъ почвы ничѣмъ не обработанной; именно, почва вначалѣ поглощала 0.0524 гр. 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 восстанавливается, но и увеличивается, то впервыхъ всѣ бывшія въ почвѣ основанія замѣнены однимъ — натромъ, поэтому отсутствующія будутъ усиленно поглощаться; а во вторыхъ кислота можетъ еще измѣнять не сполна 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* восстанавливала 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 образовывать сложныя соли; такъ, Детмеромъ, приготовлена была нерастворимая двойная известковоаммиачная 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 (происшедшей отъ разложенія буковаго дерева) растворомъ NH_4Cl : взамѣнъ поглощеннаго количества амміака выдѣлились въ соответствующемъ 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 болѣе всего перегнойныя вещества поглощаютъ ѣдкія и углекислыя щелочи. Такъ въ опытахъ König'a ¹⁾ перегной (изъ *Sphagnum*) поглотилъ слѣдующія количества амміака (въ % отъ раствореннаго количества).

Изъ NH_4OH	— 82.0%	изъ $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	— 65.3%
» NH_4Cl	= 7.6%	» $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	— 8.2%
» $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	— 11.6%	» $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	— 44.8%
» $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$	— 57.3%		

Карбонаты извести и магнезіи участвуютъ во 1-хъ въ поглощеніи кислотъ, дающихъ съ ними нерастворимыя соединенія, какъ фосфорная, кремневая, а во 2-хъ они обуславливаютъ 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 зависеть отъ количественнаго соотношенія реагирующихъ веществъ. Подобныя же реакціи карбонатовъ возможны, конечно, и съ азотнокислыми и сѣрниокислыми солями. Но эти явленія играютъ второстепенную роль, сравнительно съ вышеразсмотрѣнными.

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

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

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

	24 часа	3 недѣли
100 гр. изъ 0.892 гр. P_2O_5 раств. въ 250 к. с. погл.	0.3238 = 36.3%	0.5141 = 57.6%
„ 1.784 „ „	0.5168 = 29.0%	0.7196 = 40.3%

Кромѣ того данныя эти показываютъ, что вліяніе времени сказалось весьма существенно: увеличеніе срока дѣйствія оказалось равносильнымъ удвоенію концентраціи.

¹⁾ Biedermann's Centralblatt für Agriculturchemie, 1881.

При поглощении фосфорной кислоты может не происходить обмена, в том смысле что никакой кислоты вместо нея в раствор не переходит. Основание, в связи с которым дается фосфорная кислота, поглощается также, но в количествах не всегда стоящих в связи с количеством поглощенной кислоты; так, для Na_2HPO_4 оказалось, что поглощение было в случае различных почв:

	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

Таким образом не наблюдается какого либо постоянного соотношения между поглощением натра и P_2O_5 ¹⁾. Тоже оказалось и при опытах с калийными и аммиачными солями. Но всетаки поглощение оснований и кислоты не идут вполне независимо друг от друга; именно, первое может косвенно повышать второе, взаимно кали и натра в раствор переходить известь, магнезия, способная связывать P_2O_5 и поглощения ее усиливается. Обратное воздействие также может иметь место: раз P_2O_5 связывает известь, напряжение в растворе и стремление обратно замещать напр. натр—уничтожается и новое количество натра может выступить из раствора в реакцию.

Если мы употребляем кислую фосфорнокислую соль для опыта, то на величину поглощения может существенно влиять температура. Это объясняется разложением карбонатов кислыми фосфатами, энергия которого естественно увеличивается с температурой; это же относится и к вышеупомянутому влиянию *времени* на поглощение P_2O_5 .

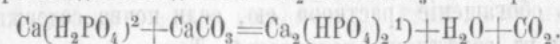
Кроме того силикаты могут отдавать основания кислым фосфатам и свободной P_2O_5 —известно что водные силикаты могут быть в различной степени насыщены основаниями; основания эти могут выходить из их состава, замещаясь водой, если для них является какое либо более сильно связывающее их вещество, каким и может явиться P_2O_5 для извести и магнезии.

Таким образом силикаты способствуют поглощению фосфорной кислоты двояко: или они отдают связывающие ее основания (Ca, Mg) *за обмен* на щелочи, если мы вводим в почву фосфорнокислые щелочи, или отдают их благодаря прямому действию свободной или не вполне связанной фосфорной кислоты.

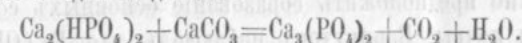
¹⁾ Это очевидно зависит от природы оснований, которые вытеснялись натром: если в одних почвах вытеснялась преимущественно известь, то фосфорная кислота связывалась больше; в других могло вытесняться кали, дающее растворимые соли с фосфорной кислотой.

Большая роль в поглощении P_2O_5 принадлежит CaCO_3 , $\text{Fe}_2(\text{OH})_6$, $\text{Al}_2(\text{OH})_6$; в виду важности этого вопроса для разъяснения превращений фосфорнокислых удобрений в поле рассмотрим его подробнее. Наипаче фосфорная кислота с целью удобрения вносится в почву в виде $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ —одноизвесткового фосфата, растворимого в воде (это соединение находится в суперфосфатах); затем существует еще двуосновной фосфат CaHPO_4 , нерастворимый в воде, но растворимый в солях аммиака (лимоннокислом аммиаке); его называют поэтому полурстворимым фосфатом; наконец, трехосновный фосфат $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ принадлежит к веществам нерастворимым ни в воде, ни в лимоннокислом аммиаке; он поддается лишь действию кислот.

Представим, что вносимый в почву монофосфат приходит в соприкосновение с CaCO_3 ; вследствие кислого характера первого соединения происходит выделение CO_2 из CaCO_3 и восприятие извести:



Реакция идет тем лучше, чем в более тонких частицах находится CaCO_3 . При благоприятных условиях (избыток CaCO_3) реакция может идти и дальше:



Но даже и в первой стадии фосфорная кислота является поглощенной, не переходящей в раствор.

С полтороокисями фосфорная кислота образует соединения вообще в воде нерастворимые, но они могут быть при меньшем количестве оснований растворимы в лимоннокислом NH_3 . Наипаче встречается в почве $\text{Fe}_2(\text{OH})_6$; смотря по количеству он отнимает большее или меньшее количество P_2O_5 у известкового монофосфата и переводит его в ди- или трифосфат. Железо также может выходить из состава силикатов и связываться с P_2O_5 , а в силикате войдет основание фосфорнокислой соли.

Гейденъ показал, что после обработки почвы HCl поглощение ею P_2O_5 спускается до незначительной величины; это совершенно понятно, так как HCl удаляет большую часть оснований связывающих P_2O_5 . Наоборот, при обработке почвы известковой водой или прибавлении к ней Fe_2Cl_6 —поглощение P_2O_5 увеличивалось.

Азотная, серная и соляная кислоты. Ни одна из этих кислот не поглощается сколько нибудь правильно и в заметных количествах. Вот цифры Кюпа для HNO_3 :

¹⁾ Или 2 CaHPO_4 .

	1) 100 gr почвы	дано 26 к. с. N найдено 24
	2) 100 »	» 13.5 » 15
Въ свободн. состоян.	3) 100 »	» 17.0 » 15
	4) 100 »	» 17.0 » 17
	5) 100 (черноз. изъ Россіи)	25.0 » 25
Въ видѣ KNO_3	1) 100	13.5 » 16
	2) 100	32.0 » 32
	3) 200	64.0 » 64

Незначительное уменьшеніе въ нѣкоторыхъ случаяхъ не можетъ быть цѣликомъ отнесено насчетъ поглощенія; отчасти оно можетъ быть слѣдствіемъ возстановленія подѣ влияніемъ органическихъ веществъ, или дѣятельности микроорганизмовъ, способныхъ разрушать нитраты при маломъ доступѣ воздуха.

Для сѣрной кислоты также не наблюдается поглощеніе, а часто происходитъ обогащеніе раствора ею, если почва содержала сѣрно-кислыя 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 полутороокисями почвы; Варингтонъ наблюдалъ, что $Fe_2(OH)_6$ дѣлаетъ щелочными растворы $(NH_4)_2SO_4$, NH_4NO_3 ¹⁾.

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 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 сводятся главнымъ образомъ къ причинамъ химическимъ; причины физическія не исключаются совершенно, но ихъ роль является подчиненной.

¹⁾ Jahresbericht 1868 г.

Остановимся на значеніи поглотительной способности для питанія растений и ея влияніи на дѣйствіе удобрень.

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

Точно также при внесеніи въ почву удобренья въ видѣ растворимыхъ солей концентрація повышалась бы чрезмерно, еслибы тѣ 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, какъ это ясно изъ вышесказаннаго: при внесеніи въ почву, напр., солей натра, часть его поглотится и взаменъ его выдѣлятся 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 удобренья употребляется известь).

Затѣмъ поглотительная способность сохраняетъ въ почвѣ цѣлый рядъ питательныхъ веществъ, противодѣйствуя ихъ вымыванію. Разсмотримъ поэтому отношеніе поглощенныхъ веществъ къ водѣ подробно.

Для изученія этого вопроса или дѣлаютъ опытъ въ совершенно определенныхъ 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 атмосферныя осадки, собранные проло-

женными 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.
Поглощенное 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 такое 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 ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	SiO ₂	Cl	SO ₃	P ₂ O ₅	NH ₃
Случай а) Слѣды	0.014	1.069	0.010	0.006	0.014	0.010	0.025	слѣд.	0.0003	
б)	0.003	0.020	0.083	0.013	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: уносящейся водами натръ—скопился въ ней въ гораздо большемъ количествѣ, нежели кали, тоже можно сказать объ извести; изъ кислотъ соляная и сѣрная преобладаютъ въ морѣ также сообразно съ отношеніемъ почвы къ нимъ).

Такія важныя питательныя вещества какъ кали и 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 поглощаемого NH₃ водою 1 часть его растворялась въ 15000 ч. воды). Но дѣло въ томъ, что въ формѣ амміака въ почвѣ находится обычно небольшая часть азота: амміакъ является лишь переходной ступеню при превращеніи азотистыхъ веществъ; образуется онъ отъ разложенія сложныхъ азотистыхъ соединений 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 нитра-

товъ представляетъ важный источникъ 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 растений. Сильно повышается количество N₂O₅ въ дренажныхъ водахъ при искусственномъ внесеніи селитры въ почву; въ одномъ случаѣ N₂O₅ было на 1000 ч. воды съ неудобреннаго участка 0.0056 и 0.0408—на удобренномъ селитрой; поэтому азотнокислыя соли не рекомендуютъ вносить задолго до посѣва, напр. съ осени, такъ какъ значительная часть 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, P₂O₅ и K₂O.

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 почвы съ 10% гипса и послѣ нѣкотораго времени промывалъ водою, и определялъ въ ней кали. Результатъ получился слѣдующій:

		Растворилось K ₂ O		
		съ гипсомъ:	безъ гипса:	
Почва	1	0.138 гр.	0.048 гр.	Изъ 1 вило 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 почвъ; если въ ней преобладаетъ натръ, то онъ и будетъ преимущественно вытѣсняться известью гипса, а на кали вліяніе окажется менѣе замѣтно.

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

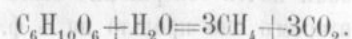
Такимъ образомъ явленія поглощенія необходимо принимать во вниманіе при внесеніи удобренья. Глинистая почва, богатая цеолитами, иначе относится къ удобренью нежели песчаная: послѣдняя обладающая малой поглотительной способностью, легко допускаетъ излишнее повышеніе концентраціи почвеннаго раствора; этимъ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

Органическое вещество почвы.

Мы познакомились съ тѣмъ какъ относится одна изъ главныхъ минеральныхъ составныхъ частей почвы къ вносимому удобренью.

Органическія вещества почвы также не ведутъ себя пассивно по отношенію къ вносимымъ въ почву матеріаламъ; помимо того, что они являются источникомъ углекислоты, дѣйствующей какъ слабый растворитель, они иногда обуславливаютъ кислотную реакцію почвы, и энергично растворяютъ напр. фосфаты; далѣе они являются источникомъ азота для растений, который выдѣляется при ихъ разложеніи въ видѣ амміака и превращается далѣе обычно въ азотную кислоту.

Органическія вещества мы также вносимъ въ почву въ видѣ удобренья, какъ навозъ, кровяная мука, зеленое удобрение и намъ важно составить представленія о дальнѣйшихъ ихъ превращеніяхъ. Характеръ разложенія органическихъ веществъ въ почвѣ зависитъ отъ большаго или меньшаго притока кислорода воздуха. При достаточномъ притока кислорода воздуха 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; оба процесса обычно изображаются такими схемами:



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

Энергія разложенія не одинакова въ обоихъ случаяхъ: при доступѣ воздуха обычное разложеніе происходитъ сильнѣе, нежели безъ него. Это видно напр. изъ опытовъ Гэйона (Gayon), который помѣщалъ навозъ въ ящики съ сплошными и 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 $11 - 12^\circ$ (была близка къ t° окружающей среды).

Продуктомъ разложенія органическихъ веществъ являются темноокрашенные вещества, носящія въ совокупности своей названіе *перемоя* или *гумуса*. При аэробномъ разложеніи получается нейтральный перегной, при анаэробномъ — кислый. Въ обоихъ этихъ случаяхъ происходитъ относительное обогащеніе азотомъ остатковъ разложенія по сравненію съ подвергавшимся разрушенію веществомъ. Напр. свѣжіе листья дуба содержали 1.7% азота, послѣ разложенія при доступѣ воздуха количество азота поднялось до 2.01. Въ листьяхъ бука до разложенія было 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.

	Сверху	на 7 ф. глуб.	на глуб. 14 фт.
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
» Зола	2.7	7.4	9.2

¹⁾ Омелянскій наблюдалъ при метановомъ и водородномъ броженіи клѣтчатки образованіе значительныхъ количествъ органическихъ кислотъ, слѣд. броженіе шло по болѣе сложной схемѣ. (Труды XI съѣзда 29).

Если наблюдать изменение не элементарного состава, а ближайших составных частей, то вообще раньше разрушаются менее 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, смолы, какъ вещества болѣе прочныхъ, по мѣрѣ разложенія органическихъ соединений накапливаются относительно больше; кромѣ того смолы, обволакивая и пропитывая другія вещества мѣшаютъ ихъ смачиванію водой и препятствуютъ ихъ разложенію. Вольни пробовалъ выдѣлять смолы изъ торфа эфиромъ и тогда разложение шло энергичнѣе; эфиръ извлекъ изъ торфа 5.1% смолы; до обработки торфа эфиромъ выдѣлялось углекислоты 25.9 объема на 1000 объемовъ протянутого черезъ него воздуха; послѣ обработки торфъ подвергнутый разложенію давалъ—50.6. Дубильныя вещества также трудно разлагаются и также задерживаютъ разложение: Вольни смачивалъ различные матеріалы растворомъ танина различной концентрации и чѣмъ больше была концентрація раствора, тѣмъ слабѣе шло разложение ¹⁾.

Въ результатѣ разложенія органическихъ веществъ являются темно окрашенные гуминовые соединения. 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 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; бактерии же не даютъ темноцвѣтныхъ продуктовъ, обозначаемыхъ общимъ названіемъ гуминовыхъ веществъ (Костычевъ). Всякая прибавка къ органическому веществу ядовитыхъ для микро-

¹⁾ Такъ, листья сен, смоченные растворомъ танина

	въ 1	2	4	8%
дали CO ₂	19.9	19.0	18.0	16.0

(Wollny Zersetzung der organischen Substanz 1897; отсюда же взяты и другія нижеприводимыя цифры для опытовъ Wollny).

организмовъ соединений, (карболовой кислоты, хлороформа), повышение температуры (за извѣстный предѣлъ) приближаютъ разложение къ нулю. Если принять за 100 количество выдѣляющейся углекислоты при нормальныхъ условіяхъ разложенія торфа, то послѣ прибавки карболовой кислоты углекислоты выдѣляется 5.7, послѣ нагреванія до 115—23. (То обстоятельство, что выдѣленіе CO₂ въ двухъ послѣднихъ случаяхъ не прекращается совсѣмъ объясняется отчасти тѣмъ, что ткани растений механически удерживаютъ CO₂, образовавшуюся ранѣе, и продолжаютъ затѣмъ отдавать ее окружающему воздуху).

Нѣкоторое влияніе на ходъ разложенія органическихъ веществъ оказываютъ животныя: слизи, дождевые черви, личинки мухъ и т. п. Дождевые черви напр. измельчаютъ растительныя остатки, пропускаютъ ихъ черезъ кишечникъ и тѣмъ измѣняютъ ходъ разложенія. Смотри по тому, присутствуютъ или нѣтъ дождевые черви, 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 растит. массы долго сохраняется.

Примѣръ энергичнаго участія личинокъ мухъ въ разрушеніи органическаго вещества находимъ между прочимъ въ работахъ Костычева («Почвы черноземной области Россіи, ихъ происхождение, 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, содержащей до 150 gr. вещества, листья превратились въ однообразный бурый порошокъ, въ которомъ было множество маленькихъ мухъ, принадлежащихъ къ роду *Sciara*. Въ другихъ чашкахъ, гдѣ мухъ не было, листья сохранили свое строеніе. Такъ какъ было очевидно, что измельченіе листьевъ было произведено личинками, то небольшое число ихъ пересажено было въ другую чашку съ неизмельченными листьями, которые вскорѣ превратились тоже въ однообразный черный порошокъ. Превращеніе это совершается чрезвычайно быстро, такъ что на первый взглядъ трудно повѣрить, чтобы такія мелкія наѣкомыя могли въ короткій срокъ измельчать такія значительныя количества растительныхъ остатковъ (150 gr. вещества измельчены были въ мѣсяцъ съ небольшимъ)».

Микроорганизмы работаютъ съ различною энергіей въ зависимости отъ температуры среды, влажности и притока кислорода воздуха.

При аэробномъ разложеніи прибавка кислорода увеличиваетъ энергію разложенія, но лишь до извѣстнаго предѣла. Вольни наблюдали разложение органическихъ веществъ при различномъ содержаніи кислорода:

	0	2	8	15	21%
Соотвѣтственно выдѣлилось 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 разложение тѣмъ энергичнѣе, чѣмъ больше содержаніе влаги; въ опытѣ Вольни, влажность, взятая въ процентахъ отъ полной влагоемкости почвы была:

	6.8%	26.8%	46.8%.
--	------	-------	--------

Соотвѣтственно выдѣлилось CO_2 на 1000 ч. протянутого воздуха	2	18	35 частей.
--	---	----	------------

При небольшомъ количествѣ влаги разложение особенно замедляется, если количество ея падаетъ ниже гигроскопическаго содержанія влаги въ органическомъ веществѣ: — повидимому 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,

	3.6%	11.7%	38.7%
выдѣлилось углекислоты:	0	0.0023	0.5184 gr. въ сутки.

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

	16%	42%	59%	72%	отъ влагоемкости
энергія разложенія:	126	1665	2066	1658 mgr. CO_2 .	

Это обстоятельство приходится имѣть въ виду напр. при храненіи навоза, гдѣ является возможность въ извѣстной мѣрѣ регулировать 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 оптимумъ энергіи разложенія, за которымъ начинается съ дальнѣйшимъ поднятіемъ температуры паденіе. Вотъ данныя одного опыта Костычева:

Температура разложенія	0.5°	17°	35°	50°	65°
Энергія разложенія въ mgr. CO_2	195	378	1491	518	381

Этотъ оптимумъ температуры связанъ, очевидно, съ оптимальной температурой для развитія микроорганизмовъ и не является постояннымъ, а зависитъ отъ рода разлагающихся веществъ и природы микроорганизмовъ, подъ вліяніемъ которыхъ происходитъ это разложение. Для болѣе стараго перегноя напр. оптимумъ температуры болѣе высокъ. Предполагали, что при повышеніи температуры выше оптимальнаго разложенія, наконецъ, прекращается выдѣленіе CO_2 , а наблюдаемая при этомъ слѣды ея объясняли цѣликомъ присутствіемъ ранѣе образовавшейся углекислоты, задержанной тѣнами; но еще у Костычева есть указанія, что при долгой обработкѣ почвы при 100° углекислота всетаки выдѣляется. Дегеренъ показалъ, что при высокихъ температурахъ начинается уже непосредственное воздѣйствіе кислорода воздуха на вещество; онъ замѣтилъ, что при нагреваніи почвы въ запаянныхъ трубкахъ кислородъ воздуха потребляется и замѣщается углекислотой. Исслѣдовавъ ближе это явленіе, онъ пришелъ къ слѣдующимъ выводамъ: За оптимумомъ 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 превышать энергію выдѣленія углекислоты подъ вліяніемъ микроорганизмовъ при оптимальныхъ условіяхъ ихъ дѣятельности. Въ лабораторныхъ опытахъ это обстоятельство необходимо имѣть въ виду, но оно имѣетъ малое значеніе въ обычныхъ условіяхъ. Здѣсь наблюдается почти исключительно законность разложенія, выражаемая поднимающейся съ повышеніемъ температуры части «біологической» кривой.

При разложеніи органическихъ веществъ играютъ роль и другіе факторы. Напр. кислая реакція среды 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 является препятствіемъ къ дальнѣйшему разложенію. Поэтому прибавка CaCO_3 обыкновенно повышаетъ разложение органическаго вещества если мы имѣемъ дѣло съ кислымъ перегноемъ. Внесеніе CaO можетъ создать въ началѣ сильно щелочную среду, задерживающую разложение; 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

известно иногда бывает сложным; ср. ниже главу о косвенных удобреніях).

Самый характер органическаго вещества также весьма сильно влияет на разложение: въ свѣжихъ матеріалахъ разложение идетъ энергичнѣе, такъ какъ части легче разрушаемыя исчезаютъ первыми, а остающіеся, какъ болѣе прочныя, труднѣе подвергаются разложению. Энергія разложения тѣмъ больше, чѣмъ выше содержаніе пентозановъ, углеводовъ, бѣлковъ и тѣмъ ниже, чѣмъ больше смоль и древесины въ разлагающемъ 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 выдѣлилось на 1000 ч. воздуха; 13, 11 и 8 частей.

Для торфа по мѣрѣ углубленія (и возрастанія относительнаго содержанія углерода) энергія разложения 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 разложения органическихъ веществъ еще Тэеромъ было предложено названіе *гумуса*. Гумусъ богаче углеродомъ и немного бѣднѣе водородомъ и кислородомъ, чѣмъ вещество, изъ котораго онъ произошелъ. До сихъ поръ гумусъ еще не изученъ достаточно. Несомнѣнно, что гумусъ есть смѣсь органическихъ (органоминеральныхъ) тѣлъ. Сложность этой смѣси, неспособность ея перегоняться и растворяться въ водѣ, а часто и въ другихъ реактивахъ, особенно же неспособность ея къ кристаллизациі до сихъ поръ не позволили сдѣлать удовлетворительной группировки ея составныхъ частей. За неимѣніемъ другой приведемъ обычную группировку по Мюльдеру. Онъ раздѣляетъ гумусъ на 2 части. — 1 *индифферентная* тѣла, куда относятся *ульмингъ* — желтоватобураго цвѣта, часто сохраняющій еще строеніе древесины, продуктомъ разложения которой является и *ульмингъ* — болѣе темный, продуктъ дальнѣйшаго разложения; оба имѣютъ нейтральную реакцію, не растворяются въ водѣ и щелочахъ.

При долгомъ кипяченіи со щелочами изъ этихъ тѣлъ образуются гумусовыя вещества *кислотнаго* характера — *ульминовая* и *гуминовая кислоты*, обычно являющіяся главными составными частями гумуса и въ природѣ; лучше изучена гуминовая кислота.

Въ почвѣ гуминовая кислота встрѣчается чаще всего въ видѣ каль-

ціевой соли, нерастворимой въ водѣ, какъ и самая кислота; щелочныя же соли гуминовой кислоты растворяются въ водѣ. Для извлеченія гуминовой кислоты изъ почвы послѣдняя обрабатывается HCl, а потомъ обработкой амміакомъ гуминовая кислота удаляется въ видѣ аммонійной соли. Можно также сразу обработкой (NH₄)₂CO₃ перевести гуминовую кислоту въ растворъ, при чемъ происходитъ обмѣнное разложение съ образованіемъ гуминово-кислаго аммонія и CaCO₃. Повторнымъ осажденіемъ HCl и раствореніемъ въ NH₄OH гуминовая кислота очищается. По элементарному составу гуминовую кислоту пытались приблизить къ углеводамъ (минусъ часть воды) и приписывали ей формулу C₂₄H₁₈O₉. (Мюльдеръ) Дѣло въ томъ, что Мюльдеръ, получивъ изъ сахара дѣйствіемъ крѣпкихъ кислотъ (HCl, H₂SO₄) вещества подобныя гумусу почвы, полагалъ, что и послѣдній въ чистомъ видѣ не долженъ содержать азота, какъ нѣтъ азота въ гумусѣ полученномъ изъ углеводовъ. Отсюда стремленіе многихъ авторовъ «очистить» гумусъ отъ «примѣси» азотистыхъ веществъ; но оказывается что изъ гуминовой кислоты даже сильныя кислоты не удаляютъ совершенно зольныхъ веществъ; содержаніе азота убываетъ также лишь постепенно, и до конца выдѣлать его не удастся. При такихъ условіяхъ наличность въ гуминовой кислотѣ азота, фосфорной кислоты и другихъ веществъ объяснять примѣсами было бы трудно ¹⁾.

Кромѣ того P₂O₅ ведетъ себя здѣсь обратно, нежели въ минеральныхъ соединеніяхъ: — она находится въ растворѣ, пока онъ имѣетъ щелочную реакцію, осаждается при подкисленіи. Безъ азота, и зольныхъ частей гуминовая кислота была получена также Бертло при дѣйствіи на сахаръ соляной кислоты, но она не вполне тождественна природной гуминовой кислотѣ.

Мюльдеръ получилъ еще двѣ растворимыя въ водѣ кислоты: *кренювую* и *апокренювую*. Апокренювая кислота является продуктомъ окисленія гуминовой кислоты и можетъ быть получена изъ нея искусственно, дѣйствіемъ HNO₃, а при возстановленіи ея получается кренювая (водородомъ *in statu nascendi*). Обѣ кислоты переходятъ въ растворъ вмѣстѣ съ гуминовой кислотой при обработкѣ почвы HCl и амміа-

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

	1.	2.	3.	4.
Въ торфѣ было:	3,61%	3,46	2,96	2,89% N.
Въ осажденномъ препаратѣ:	5,09	— 4,85	— 4,03	— 3,94.

комъ. Гуминовая кислота выдѣляется изъ раствора HCl; фильтратъ нейтрализуется и въ присутствіи уксусной кислоты основной уксусно-мѣдной солью осаждается апокрееновокислая мѣдь. Въ фильтратѣ остается креновокислая мѣдь, которая выдѣляется при нейтрализаціи раствора амміакомъ. Въ процессѣ образованія подзолистыхъ почвъ сѣвера Россіи этимъ кислотамъ приписываютъ значительную роль, благодаря ихъ способности давать растворимыя соли съ большею частью основаній.

При повтореніи работъ Мульдера Эггерцъ показалъ, что тождество искусственнаго и естественнаго гумуса не полное: если растворъ перегнойныхъ веществъ въ амміакѣ выпарить до суха, то остатокъ растворяется въ водѣ; если сдѣлать тоже самое съ 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 смѣшиваніи съ CaO амміакъ не выдѣлялся, какъ не выдѣлялся онъ и при отгонкѣ съ MgO.

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

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

C	40	— 56%
H	4.3	— 6.6%
O	35	— 40%
N	2.6	— 6.0%
SiO ₂	0.37—10	5%
P ₂ O ₅	0.15—	7.5%
S	0.5	— 2.09%
Fe ₂ O ₃ и Al ₂ O ₃	0.3	— 3.9%

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

Это постоянное присутствіе въ гумусѣ зольныхъ веществъ дало возможность предполагать нѣкоторымъ ученымъ, что гумусъ служитъ для питанія растений, если не непосредственно, какъ это думалъ Тэеръ, то какъ посредникъ между минеральными составными частями почвы съ одной стороны и растеніемъ съ другой, какъ это

предполагалъ Соссюръ, а болѣе опредѣленно и ясно высказалъ основатель органоминеральной теоріи питанія растений Грандо.

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

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.

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

Такимъ образомъ почва, которую Грандо считалъ очень плодородной, именно нашъ, черноземъ оказалась выдающейся по количеству matière

¹⁾ Если брать растворъ углекислаго аммонія, то предварительно промываніе почвы соляной кислотой становится не нужнымъ.

poire и содержанию золы въ последней; отсюда Грандо предположилъ, что содержаніе *matière poire* и % золы въ ней и является условіемъ опредѣляющимъ плодородіе почвъ. Если высчитать количество напр. фосфорной кислоты въ *matière poire* для черноземныхъ почвъ Россіи, то получается около 3150 килограммовъ на десятину, а въ вышеупомянутой мергельной почвѣ (I)—155 kg.

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

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

Чтобы еще больше подтвердить свои соображенія, Грандо помѣщалъ *matière poire* въ діализаторъ и при этомъ наблюдалъ, что иногда до 90% зольныхъ веществъ проходили у него черезъ перепонку; отсюда онъ заключилъ, что и корни (имѣющіе слегка кислыя выдѣленія) легко будутъ воспринимать эти зольныя вещества *matière poire*, которыя такъ легко проходятъ черезъ перепонку діализатора. Дальше Грандо показалъ на опытѣ, что если почву лишить *matière poire*, то она становится бесплодной и наоборотъ, при внесеніи въ бесплодную почву этого вещества плодородіе ея повышается. Такъ онъ извлекалъ изъ почвы, обработанной HCl, органическое вещество амміакомъ; — плодородіе почвы сильно падало. Внесеніе органическаго вещества повышало плодородіе почвы. Однако въ заключеніяхъ изъ этихъ опытовъ Грандо есть погрѣшность. При обработкѣ почвы въ вышеуказанныхъ условіяхъ многія другія вещества, помимо органическихъ, растворимыя въ кислотахъ, удаляются изъ почвы. Прибавленіе органическаго вещества въ свою очередь вноситъ много постороннихъ веществъ и кромѣ того азотъ, не говоря объ измѣненіи физическихъ свойствъ почвы; такъ что повышеніе урожая отъ внесенія перегноя можетъ быть объяснено независимо отъ органоминеральной теоріи. Точно также при промываніи почвы растворомъ углекислаго амміака уносятся изъ почвы, помимо *matière poire*, многія другія вещества, напр. основанія вытѣсняемыя изъ цеолитовъ. Далѣе показаніе Грандо относительно содержанія золы въ органоминеральномъ веществѣ не-

сомнѣнно преувеличено еще и по другой причинѣ: амміачная вытяжка содержитъ въ взмученномъ состояніи тонкій илъ ¹⁾.

При повтореніи опытовъ Грандо въ химической лабораторіи Петровской Академіи Гавриловымъ принятъ былъ во вниманіе первый источникъ погрѣшностей: чтобы отдѣлить *matière poire* 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 poire* содержитъ всего только 12% золы; а при дальнѣйшихъ опытахъ въ той же лабораторіи сдѣлана была поправка и на вторую погрѣшность—на взмученный илъ, отдѣлить который отъ раствора можно лишь протягивая его черезъ порозный глиняный фильтръ. Если сдѣлать это, то *matière poire* получается уже далеко не съ такимъ количествомъ золы, а значительно меньше (работа Г. Ф. Нефедова).

Позднѣ Эггерцъ ²⁾ произвелъ повѣрку опыта Грандо съ діализомъ и получилъ иные результаты; онъ бралъ взвѣшенное количество перегноя и наблюдая количество P_2O_5 , проходящей черезъ перепонку діализатора, нашелъ, что количества эти вообще не велики. Если брать вещество не обработанное соляной кислотой, то изъ навѣски 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 проходитъ черезъ перепонку только слѣды P_2O_5 . Напр., опытъ шелъ въ теченіе 64 дней и прошло только 0.005 gr. Замѣтимъ, что было бы и невѣроятно, чтобы минеральныя вещества не извлекаемыя соляной кислотой изъ органическаго вещества (при промываніи ею почвы), столь легко отщеплялись отъ него при подобныхъ опытахъ.

Далѣе Грандо указываетъ, что удаленіе изъ почвы *matière poire* 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 HCl	овесъ > 22 2 метелки
	вика > 6 0.

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

²⁾ См. работы Эггерца въ изложеніи Костычева: Сельское Хозяйство и Лѣсоводство 1889 г., октябрь.

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

Вообще можно думать, что минеральныя вещества гумуса, наоборотъ, менѣе доступны, чѣмъ минеральныя вещества почвы и только послѣ распада этихъ органическихъ веществъ, они становятся доступными для культурныхъ растений. Если почву оставить долгое время на воздухѣ, то будетъ происходить, какъ извѣстно, разложеніе органическихъ веществъ; 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, фосфорной кислоты получилоо уже 0.114 gr; въ другомъ опытѣ соответствующія 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 нагреваніи 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 нагреванія 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 нагреваніи выше 150°, Schmoeger высказалъ предположеніе, что фосфорная кислота органическаго вещества находится въ такомъ же состояніи, какъ и въ нуклеинахъ. 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 высушиванію до наполненія ею сосудовъ, или же нѣтъ; напр. высушенная почва при одина-

ковыхъ прочихъ условіяхъ дала урожай 59,9 gr., а несущеная 27,2 (опыты Taske); въ первомъ случаѣ въ урожай содержалось 249 mgr. P_2O_5 , а во второмъ—79 mgr.; однако факты эти требуютъ еще дальнѣйшаго подтвержденія на другихъ видахъ почвъ.

Все вышесказанное о фосфорѣ относится и къ сѣрѣ. 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 SO_2 , которую и можно обнаружить $BaCl_2$.

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

Органическое вещество почвы содержитъ и азотъ, въ связи съ чѣмъ нѣкоторыя почвы довольно богаты азотомъ. Черноземъ въ этомъ отношеніи превосходитъ многія почвы: такъ, онъ можетъ содержать до 0,5 и даже 0,6% азота, что не уступаетъ содержанію азота въ навозѣ средняго достоинства; уже одно такое сопоставленіе говоритъ за то, что азотъ въ черноземѣ находится въ формѣ не усвояемой растениями непосредственно. Если въ черноземѣ посчитать азотъ только на органическое вещество, то его получится отъ 5 до 10%, т. е. значительно больше, нежели въ растительныхъ остаткахъ еще неразложившихся. Оказывается, что большее или меньшее количество 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. получаютъ по Hilgard'у слѣдующіе результаты опредѣленія азота. Если почва лежитъ въ низинѣ, то азота содержится около 5,2%; для нѣкотораго промежуточного рода почвъ—10% и для возвышенныхъ (сухихъ) мѣстностей азота въ органическомъ веществѣ около 15,8%.

Относительно того вопроса, въ какомъ видѣ находится азотъ въ органическомъ веществѣ, Костычевымъ высказано было предположеніе, что азотъ этотъ принадлежитъ бѣлкамъ. При своихъ работахъ на эту тему онъ примѣнялъ методы опредѣленія азота бѣлковъ къ азоту почвы. Такъ, въ перегнившихъ листьяхъ онъ нашелъ, напр. 2,73% бѣлковаго азота и 0,25% азота не бѣлковаго. Тѣ черноземы, которые изслѣдовалъ Костычевъ, содержали около 5% азота въ органическомъ веществѣ. Почвы эти населены массой различныхъ микро-организмовъ, которые окисляютъ органическое вещество въ углекислоту и воду. Пусть почва получаетъ запасъ углеводовъ въ видѣ

соломистаго навоза, или поживныхъ остатковъ. Микроорганизмы дѣятельно принимаются за ихъ разложеніе и процентъ азота постепенно будетъ расти (вслѣдствіе траты углеводовъ на дыханіе) и дойдетъ, наконецъ, до 5%—это ровно столько азота, сколько содержится его въ тканяхъ самого организма (т. е. грибовъ и бактерій, по Костычеву). Дальше затрудняется размноженіе ихъ вслѣдствіе недостатка углеводовъ, начинается частичное отмираніе и азотъ будетъ освобождаться въ формѣ NH_3 и HNO_3 и будетъ усваиваться корнями растений или вымываться въ почву и содержаніе его въ органическомъ веществѣ не повысится болѣе, чѣмъ это отвѣчаетъ содержанію азота въ тѣлѣ грибовъ. Такимъ образомъ микроорганизмы почвы являются регуляторомъ содержанія азота въ органическомъ веществѣ ея.

Такова, въ основѣ, гипотеза Костычева, но нужно указать, что методы анализа, которыми онъ пользовался при своихъ работахъ, какъ напр. осажденіе бѣлковъ по Штуцеру, не могли быть примѣнимы въ данныхъ случаяхъ, 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. Можно указать еще, что кромѣ бѣлковъ организмы почвы могутъ оставлять и другія вещества содержащія азотъ; такъ, клѣточные стѣнки грибовъ состоятъ не изъ обыкновенной клѣтчатки а въ нихъ входятъ и азотистыя вещества, какъ это показалъ Винтерштейнъ, и эти вещества должны отличаться значительной стойкостью.

Были высказаны и другія предположенія о характерѣ азотистыхъ органическихъ веществъ почвы. Берто, 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_3 на органическое вещество почвы около половины азота его выделялось въ видѣ газообразнаго N, какъ это происходитъ при дѣйствіи HNO_3 на амидо--группу. Кромѣ того, еще въ 1881 году Тарховымъ было констатировано ¹⁾, что органическое вещество почвы способно удерживать азотъ амміака и переводить его въ состояніе болѣе прочное.

¹⁾ См. работы Тархова въ Извѣстіяхъ Петровской Академіи 1881 года и

Если, напр. на гуминовую кислоту дѣйствовать NH_3 и высушить это вещество, то не удастся уже отдѣлить весь амміакъ при помощи MgO , что говоритъ за то, что N удерживается уже болѣе крѣпко, чѣмъ если бы онъ находился въ видѣ гуминовоамміачной соли. Тоже самое подтверждено было Эггерцомъ въ 1888 году; при этомъ связываются не какіе-нибудь слѣды азота, а 4—5% отъ вѣса гуминовой кислоты. Этотъ переходъ амміачнаго азота въ форму болѣе стойкую (азотъ амидовъ) идетъ и въ растворахъ (безъ высушиванья), но не въ столь сильной мѣрѣ.

Извѣстно что для высшихъ растений наиболѣе доступнымъ источникомъ азота являются не органическія соединенія, а простѣйшія и при томъ главнымъ образомъ окисленные, именно азотнокислыя соли. Поэтому для насъ важно знать тѣ условія, при которыхъ азотъ перегной 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 содержаніи въ органическихъ веществахъ азота въ 1.43 gr. (на 1 кило почвы) на долю амміака приходилось 0.004 а на долю нитратовъ—0.040. Такое распределеніе азота является обычнымъ для большинства почвъ; но не смотря на малое количество нитратовъ, обнаруживаемое анализомъ, культурныя растения могутъ (часто) довольствоваться этимъ источникомъ, благодаря его постоянству: взаимнѣе потребленной (или вымытой дождемъ, при отсутствіи растений) азотной кислоты образуются новыя количества ея.

Нитрификация. Какъ уже было говорено выше, процессъ *нитрификации* давно обратилъ на себя вниманіе, но лишь Буссенго показавъ, что источникомъ азота въ данномъ случаѣ является именно перегной (а не атмосферный воздухъ). Изъ его опытовъ обнаружилось также, что необходима прибавка непрокаленной *почвы*, чтобы вызвать нитрификацію какого-нибудь азотистаго матеріала; что отдѣльныя составныя части почвы, (песокъ, известь) сами по себѣ нитрификации не вызываютъ. Буссенго высказывалъ предположеніе, что причина здѣсь биологическая, что виновниками являются вѣроятно «les champignons de Pasteur». Самъ Пастеръ также указывалъ (1862 г.) на

Дояренко въ „Извѣстіяхъ“ Института 1901. Изъ послѣдней работы слѣдуетъ, что большая часть азота гумуса находится въ той же формѣ, какъ въ амидокислотахъ (RNH_2COOH), именно 40—50%, гораздо меньше приходится на азотъ амидовъ (RCONH_2), всего около 10% отъ общаго количества азота; но когда гуминовая кислота фиксируетъ амміакъ, то растетъ именно послѣдняя категория.

необходимость разработки вопроса о нитрификации на почвѣ новаго учения о броженіи. Осуществленіе этого дано было въ работахъ Шлезинга и Мюнца съ одной стороны, Виноградскаго—съ другой.

Шлезингъ и Мюнцъ¹⁾ натолкнулись на это явленіе, занимаясь вопросомъ объ обезвреживаніи сточныхъ водъ города Парижа. При фильтраціи черезъ почву такихъ водъ азотъ органическаго вещества переходитъ въ форму окисленную, т. е. идетъ нитрификація. Шлезингъ и Мюнцъ, изучая роль отдѣльныхъ составныхъ частей почвы въ обезвреживаніи водъ, повторили опыты Буссенго съ прокаленнымъ пескомъ, фильтруя черезъ него kloачныя воды, но вели опытъ значительно дольше, чѣмъ Буссенго; при этомъ оказалось, что черезъ 20 дней послѣ фильтрованія у нихъ начали появляться нитраты. По аналогіи съ уксуснокислымъ броженіемъ, которое начинается, при приготовленіи уксуса изъ разведеннаго спирта на буковыхъ стружкахъ, не сразу, а спустя нѣсколько дней (когда размножится ферментъ), Шлезингъ и Мюнцъ сдѣлали допущеніе, что нитрификація обязана своимъ существованіемъ организмамъ почвы. Они стали примѣнять стерилизацію и констатировали, что все, что подавляетъ жизнедеятельность бактерий, останавливаетъ и процессъ нитрификаціи. Достаточно было ввести хлороформъ — нитрификація останавливалась. Точно также нагреваніе почвы до 100° останавливало нитрификацію; но достаточно было прибавить къ такой почвѣ немного почвы нестерилизованной (или водной вытяжки изъ нея)—процессъ возобновлялся, очевидно вслѣдствіе зараженія соотвѣствующимъ микроорганизмомъ. Однако Шлезингу и Мюнцу не удалось выделить этихъ микроорганизмовъ въ совершенно чистомъ видѣ. Это сдѣлалъ Виноградскій, показавшій, что процессъ идетъ въ двѣ фазы подъ влияніемъ двухъ организмовъ: сначала образуется азотистая, а затѣмъ уже азотная кислота.

Извѣстно, что Виноградскій воспользовался для изолированія нитрифицирующихъ бактерий именно той ихъ отличительной чертой, которая явилась препятствіемъ для другихъ авторовъ, работавшихъ въ томъ же направленіи: нитрифицирующія бактерии не растутъ на желатинѣ (столь благоприятной средѣ для развитія большинства микроорганизмовъ), но развиваются хорошо лишь на минеральныхъ субстратахъ (непригодныхъ для другихъ бактерий). Виноградскій культивировалъ ихъ сначала въ водѣ, содержащей $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 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,

¹⁾ Cp. *Chimie agricole* par Schloesing (X т. Энциклопедія Fremy).

чтобы не затруднить доступа воздуха, даетъ черезъ 2—3 дня интенсивное синее окрашиванье съ дифениламиномъ (извѣстная реакція на азотную кислоту); черезъ 2 недѣли весь амміакъ оказывается уже окисленнымъ, а бактерии—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, замѣнивъ желатину также студнеобразной, но минеральной средой — студенистой кремнекислотой, позволяющей вызвать образованіе отдѣльныхъ колоній этихъ своеобразныхъ бактерий. Этимъ путемъ удалось показать, что въ процессѣ превращенія амміака въ азотнокислыя соли участвуютъ два рода бактерий: 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 объ формы встрѣчаются совмѣстно, то азотистая кислота не накапливается въ почвахъ, но тотчасъ превращается въ азотную.

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 бактерии способны разлагать углекислоту карбонатовъ или углекислоту воздуха (cp. Godlewsky, O nitrification); 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 бактерий на горныхъ вершинахъ, непокрытыхъ почвой: углекислый амміакъ, приносимый въ небольшихъ количествахъ дождемъ и чисто минеральный субстратъ (горныя породы) доставляютъ имъ пищу, и онѣ энергично воздѣйствуютъ на этотъ субстратъ выделяемый азотной кислотой, ускоряя процессъ вывѣтриванья.

Чтобы познакомиться съ зависимостью процесса нитрификаціи отъ

окружающихъ условий, возвратимся еще къ работамъ Шлезинга и Мюнца.

Шлезингъ и Мюнцъ старались точно опредѣлить вліяніе на ходъ нитрификаціи вѣшнихъ условий, 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:	45.7	95.7	132.5	162.6	246.6	mgr. NH_3

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

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

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

t°:	5—8°	14—16°	23°	27°	33°	37°	43°	49°	56°	C
	2.3	19.5	39.4	59.7	81.8	98.9	40.3	5.1	0.0	mgr. N_2O_5

Кислая реакція задерживаетъ нитрификацію, такъ же какъ и сильно щелочная. Слабо щелочная реакція напротивъ благоприятна для нитрификаціи, такъ какъ благодаря ей нейтрализуется получающаяся свободная азотная кислота; избытокъ которой вредилъ бы нитрификаціи. При опытахъ съ KHSO_4 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.

Избытокъ органическаго вещества также вреденъ для этого процесса. Этотъ фактъ стоитъ въ связи съ особенной способностью нитрифицирующихъ организмовъ разлагать углекислыя соли и усвоить изъ нихъ углеродъ (Виноградскій).

Первоначально Шлезингъ и Мюнцъ наблюдали лишь образованіе нитратовъ насчетъ 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 ступенію 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 погибаютъ 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 бактерий и плѣсней способенъ развиваясь на органическомъ веществѣ переводить азотъ бѣлковъ и другихъ сложныхъ соединений въ форму амміака.

Процессъ нитрификаціи является общимъ для всякаго рода почвъ болѣе или менѣе вентилируемыхъ; въ почвахъ 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 къ нитрификаціи, кровавая мука.

Послѣ прибавленія кровавой 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) за- ключала 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 удобрения (кожаной муки).

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

Потери нитратовъ. Благодаря важной роли, которую играютъ въ дѣлѣ питанія растений азотнокислыя и амміачныя соединенія поч-

вы, вопросъ о разрушеніи нитратовъ, потеряхъ ихъ изъ почвы привлекъ вниманіе многихъ изслѣдователей. Въ общемъ, способы, при помощи которыхъ нитраты могутъ тратиться бесполезно для растеній, сводятся къ слѣдующимъ: возстановленіе нитратовъ, связанное съ образованіемъ свободного азота (денитрификація), и вымываніе ихъ изъ почвы, какъ легко растворимыхъ въ водѣ соединеній азотной кислоты, непоглощаемыхъ почвой.

Вымываніе нитратовъ сильно зависитъ отъ различныхъ условій:—большаго или меньшаго количества осадковъ 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). Растенія потребляютъ нитраты и тѣмъ предохраняютъ ихъ отъ вымыванія, между тѣмъ какъ жизнедѣятельностью бактерий постепенно накапливаются значительныя количества нитратовъ въ паровомъ полѣ. За отсутствіемъ растеній они не потребляются и паръ не въ состояніи предотвратить ихъ отъ этого вымыванія. Если паръ былъ удобренный, то потери нитратовъ достигали значительно большей величины ¹⁾ (для условій Англіи).

Во влажномъ климатѣ, съ продолжительной и теплой осенью, является возможность вымыванія нитратовъ, такъ какъ большое количество осадковъ, при маломъ испареніи, имѣетъ прямымъ слѣдствіемъ увеличеніе количества дренажныхъ водъ; а насколько потери нитратовъ зависятъ отъ количества дренажныхъ водъ, показываютъ такіа 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.

¹⁾ 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 органич. веществомъ, поддерживается въ извѣстномъ состояніи скважности, содержаніе влаги стараются регулировать etc. только въ пару производство селитры является гораздо болѣе экстенсивнымъ.

Значить, чѣмъ больше было дренажныхъ водъ, тѣмъ больше терялось нитратовъ. Вольни оцѣниваетъ въ среднемъ эти потери въ 60 марокъ на гектаръ (около 30 р. на десятину), считая азотъ нитратовъ по рыночной цѣнѣ азота въ формѣ чилийской селитры. 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 влияетъ степень развитія растеній на вымываніе нитратовъ, можно видѣть изъ слѣдующаго опыта (Петермана).

На неудобренномъ участкѣ урожай	64 кило;	дренаж. водъ	281 kg.	Потеря N	0.229 kg.
„ минеральн. удобр. безъ N	236	„	237	„	0.176
„ минер. удобр. + N (селитра)	445	„	191	„	19.025
„ „ „ + N (въ видѣ NH ₃)	447	„	184	„	12.869
„ „ „ + кровя. 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 удобрения или нѣтъ, и въ какой формѣ: внесеніе селитры вызываетъ большія потери, чѣмъ внесеніе сѣрниоислаго амміака, но 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 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 расчетовъ надо имѣть въ виду, что вода, получающаяся весной отъ таянія снѣга, вода большихъ дождей лишь весьма въ небольшомъ количествѣ про-

сачиваются 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'a. Такъ въ опытахъ Шлезинга количество азотной кислоты въ водахъ р. Сены въ зависимости отъ времени года колебалось такимъ образомъ (миллиграммы на литръ):

	р. Сена.	р. Москва. (по Ключареву).
Февраль 1895 г.	8.67 м.	1,27 м.
Апрѣль	5.15 »	0,99 »
Іюль	4.15 »	0,87 »
Сентябрь	3.85 »	0,57 »
Декабрь	7.13 »	1,40 »
Февраль 1896 г.	8.94 »	— »

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

Шлезингъ принимая во вниманіе цифры, относящіяся къ холоднымъ мѣсяцамъ года рассчитывалъ годовую потерю на 1 гектаръ; оказалось, что потери нитратовъ въ такомъ случаѣ равнялись отъ 5 до 8 килограммовъ азота съ общей площади полей. Шлезингъ считаетъ, что потери эти съ избыткомъ покрываются тѣмъ азотомъ, который 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 расчету на гектаръ):

Въ пару	42 кил.
Подъ виной	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⁾, за годъ благодаря вымыванію.

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

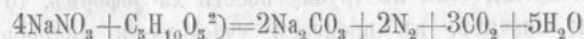
Аналогичное наблюденіе сдѣлалъ Дегеренъ (около 1882 г.) именно, онъ запаивалъ почву, содержащую нитраты, въ стеклянные трубки; черезъ нѣкоторое время нитраты исчезали, (небольшое количество воздуха въ трубкахъ оказывается вскорѣ потребленнымъ на образованіе углекислоты); если въ трубку ввести хлороформъ, 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 органич. 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 Abersol (Голландія) нашли форму распространенную въ воздухѣ, въ водѣ и почвѣ, обладающую той же способностью; частью подъ вліяніемъ работъ Вагнера (Дармштадтъ) Stutzer и Burri, (а также Широкихъ, Егунцовъ, Северинъ и др.), занимаясь изученіемъ бактерій соломы и твердыхъ экскрементовъ с. х. домашнихъ животныхъ, нашли и въ этихъ матеріалахъ нѣсколько формъ близкаго физиологическаго типа; словомъ, бактеріи этой группы оказываются довольно распространенными и при томъ бактеріи почвы и навоза между собой обыкновенно не тож-

¹⁾ См. Извѣстія нашего Института, 1901 и 1902 г. Отчасти эта потеря покрывается тѣмъ приходомъ, который даютъ осадки (ср. примѣчаніе на стр. 17); вполне сравнимыхъ данныхъ, правда, мы не имѣемъ, но по опредѣленіямъ Плотанской станціи почвой получается около $1\frac{1}{2}$ пуда связаннаго азота за годъ съ осадками.

дественны ¹⁾. Одни изъ этихъ бактерій способна разлагать селитру выдѣленіемъ свободнаго азота, какъ организмы выдѣленные Gayon'омъ и Dupetit; другіе же достигаютъ того же эффекта лишь при совместной работѣ, такъ что одна фирма 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 условий; такъ, нитрификація требуетъ доступа воздуха, а типичные денитрификаторы являются наиболее энергичными именно въ отсутствіи кислорода. Далѣе, нитрифицирующій ферментъ страдаетъ отъ избытка органическаго вещества, а денитрификація необходимо связана съ наличностью такихъ веществъ; денитрифицирующие ферменты пользуются кислородомъ селитры для окисленія органическаго вещества, съ образованіемъ углекислоты и воды; углекислота соединяется съ основаніемъ нитрата, а азотъ выдѣляется какъ таковой. Приблизительно процессъ этотъ можетъ быть выраженъ такимъ уравненіемъ:



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

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

Такъ, Дегеренъ показалъ, что крахмалъ способенъ сильно увеличивать денитрификацію; напр., при внесеніи крахмала количество нитратовъ понижается такимъ образомъ:

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

¹⁾ Такъ по Kühnemann'у въ почвѣ чаще встрѣчаются *Bacillus pumilus*, *Bacillus fluorescens liquefaciens* и *Bac. denitrificans* III; въ навозѣ рогаго скота — *Bac. denitrificans* I + *Bacterium coli*; въ навозѣ лошадей — *Bacillus denitrificans* II (Landw. Versuchs-Stationen, 1898 г.).

²⁾ По нѣкоторымъ наблюденіямъ, пентозаны являются веществами особенно благоприятными для денитрификаціи.

Обстоятельство это имѣетъ серьезное значеніе при удобреніи неперепрѣвшимъ навозомъ, съ которымъ вносятся пентозаны, клетчатка и др. углеводы.

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

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

Здѣсь потери нитратовъ уже не такъ велики, но во всякомъ случаѣ избытокъ неперепрѣвнаго матерьяла въ навозѣ можетъ сказываться дурно на содержаніи нитратовъ въ почвѣ (а значитъ и на урожаяхъ) если количества вносимаго удобренія велики. Подробнѣе объ этомъ будемъ говорить въ главѣ о навозѣ.

Какъ было ранѣе сказано, подъ удобреніями мы понимаемъ вещества, вносимыя въ почву съ цѣлью повышенія урожаявъ. Повышеніе это въ однихъ случаяхъ происходитъ потому, что вносимымъ удобреніемъ мы повышаемъ въ почвѣ непосредственно содержаніе какого либо необходимаго питательнаго вещества; такія удобрительныя средства называются *прямыми удобреніями*.

Прямые 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 результатъ которыхъ освобождается то или другое необходимое для растеній питательное вещество; 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, одностороннія удобренія.

Смотря по содержанію одного какого либо вещества въ прямыхъ одностороннихъ удобреніяхъ, они дѣлятся на *азотистыя*, *фосфорнокислыя* и *калійныя*; въ такомъ порядкѣ мы ихъ и разсмотримъ.

Одностороннія удобрительныя вещества.

А. Азотистыя удобрения.

1. Чилийская селитра.

Чилийская селитра привозится въ Европу изъ Южной Америки, гдѣ наиболѣе богатые залежи ея находятся въ Боливіи (пустыня Атакама) и Перу (плоскогоріе Рампа Negra, на 1000 м. надъ уровнемъ моря, между Кордильерами и грядою прибрежныхъ возвышенностей), а также и въ нѣкоторыхъ районахъ Чили. 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 условіяхъ; матеріаломъ для нитрификаціи могли послужить, напр., отложения гуано, или, по предположенію другихъ авторовъ, массы морскихъ водорослей, выбрасываемыхъ на берегъ океаномъ. 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 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; 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 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 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) іодовато и бромноватовислыхъ K и Na. Но въ послѣднее 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 кристаллическихъ породъ и препятствію къ дальнѣйшему движенію въ видѣ береговой цѣпи возвышенности, должны были скопляться и выступая на поверхность испаряться и выдѣлять отложения 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. Кромѣ того, въ мѣстахъ отложения 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, сѣрникоислымъ натромъ, глиной, пескомъ и др. примѣсями; иногда встрѣчаются и калийныя 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%
песокъ, глина	18.7%
0.73 Іодноватовислыхъ соли	0.2—0.6%

При добываніи обычно твердую массу взрываютъ порохомъ; крупные комки примѣсей отбираютъ руками, а потомъ обрабатываютъ полученную массу горячей водою; послѣ декантациі растворъ выпаривается, изъ него при охлажденіи выкристаллизовывается селитра, представляющая продажный матеріалъ содержащій около 95% NaNO_3 . Высушенная на солнцѣ перекристаллизованная масса нагружается въ мѣшки и часто въюками (на ослахъ) доставляются къ гаванямъ (Piragna и Iquique).

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 (благодаря высокой цѣнѣ селитру часто фальсифицируютъ

различными малоцѣнными веществами, какъ-то: поваренной солью, глауберовой солью, пескомъ и т. п.).

Что касается потребления селитры, то главная масса ея употребляется не въ Америкѣ (лишь около $\frac{1}{10}$ части), остальное количество вывозится въ Европу, главнымъ образомъ Англію, Германію, Францію. Въ концѣ 80-хъ годовъ въ Европу ввозилось ежегодно до 30 миллионѣвъ пудовъ селитры и рассчитывали, что при такомъ потребленіи однихъ залежей въ Таранахъ хватитъ на 100 лѣтъ; но ввозъ ея быстро повышается и теперь предсказываютъ истощеніе залежей черезъ 40—50 лѣтъ, а быть можетъ ранѣе; тогда предстоитъ обратиться къ приготовленію селитры изъ азота и кислорода воздуха (электрическій разрядъ); въ этомъ направленіи уже имѣются благоприятныя опыты. Для Россіи это удобрение считается обычно еще экономически невыгоднымъ, такъ какъ пудъ селитры у насъ стоитъ пока не менѣе 1 р. 50 к.; тѣмъ не менѣе намъ важно съ нею познакомиться, такъ какъ селитра является прототипомъ всѣхъ азотистыхъ удобрений и съ ней сдѣлано больше всего опытовъ, позволяющихъ судить о вліяніи азотистыхъ удобрений на растенія. Изученіе ее важно еще потому, что всякое азотистое удобрение, будучи внесено въ почву, прежде чѣмъ подѣйствовать, образуетъ въ почвѣ азотно-кислыя соли благодаря процессу нитрификаціи. Кромѣ того, и прямое употребленіе селитры у насъ уже начинаетъ практиковаться и расширеніе его есть вопросъ ближайшаго будущаго.

Дѣйствіе селитры на растенія. Ни одна группа удобрений не представляетъ такихъ различій въ отношеніи къ разнымъ растеніямъ, какъ группа удобрений азотистыхъ, селитра — въ частности: намъ 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 остальные 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 «Удобрение азотомъ», 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 соответствуетъ приростъ 125 пуд. соломы; если считать въ среднемъ въ зернахъ два процента азота, то потребуется 1 пудъ азота для прироста 50 пуд. зерна и (примѣрно) 1 пудъ азота на 125 пуд. соломы, всего 2 пуда азота, слѣдов. около 12 пуд. селитры.

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

Чтобы взять примѣръ изъ русской дѣйствительности, приведемъ результатъ 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 удобрения	88 п.	83 п.	78	102
Селитры	132	105	147	205
Томасовъ шлакъ	—	—	108	140
Шлакъ и селитра	—	—	177	227

Если такія благоприятныя результаты и способны окупить внесеніе 15—20 пудовъ селитры, то все же постоянными они являются не будутъ; отсюда стремленіе — понизить дозу селитры у насъ, давать небольшое ея количество весной, въ качествѣ импульса къ болѣе энергичному росту; имѣющіеся благоприятныя случаи такого внесенія мелкихъ 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 поддержа 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 ржи, 4 для ячменя, 5 для пшеницы и 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.

Азотистое удобреніе вліяетъ и на качество урожая. «Внутренняя часть зеренъ нашихъ хлѣбныхъ растений 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 мучнистыми, а при большомъ содержаніи ихъ — стекловидными. Азотистыя удобрения, 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 удобрения 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 специальный, въ большинствѣ же случаевъ увеличить содержаніе бѣлковъ въ зернахъ желательно у Kreusler'a наблюдалось для пшеницы повышеніе съ 16,3% до 22,6% бѣлка въ зернахъ. Не останавливаясь далѣе на результатахъ полевыхъ опытовъ, для примѣра

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

приведемъ результаты песчаныхъ культуръ 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.

Одностороннее внесеніе селитры измѣняетъ также отношеніе зерна къ солому, — хотя количество зерна абсолютно увеличивается, но приростъ соломы идетъ еще въ большей степени, и тѣмъ больше вносится въ почву азота, тѣмъ отношеніе зерна къ солому становится менѣе выгоднымъ: это довольно общее правило для полевыхъ опытовъ. Изъ опытовъ Штутцера оказалось, что если считать количество соломы пшеницы за 100, то безъ азотистаго удобрения зерно будетъ 57%, при удобреніи 47%; для ржи соответствующія цифры будутъ 62 и 53. Нѣкоторые авторы возражаютъ противъ высказаннаго положенія; такъ, Вагнеръ говоритъ, что вышеуказанное отношеніе зерна къ солому при удобреніи азотомъ зависитъ просто отъ способа внесенія азотистыхъ удобрений, — они вносятся при началѣ развитія растений, 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 растений. Его опыты, дѣйствительно, подтверждаютъ въ извѣстной мѣрѣ справедливость его предложеній. 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 кушенія, то зерна 53; если вся селитра внесена послѣ кушенія, зерна получилось 57, и, наконецъ, при внесеніи всей селитры передъ созрѣваніемъ, зерна получилось 64. Слѣдовательно, внесеніемъ азота въ послѣдній періодъ роста растений можно увеличить отношеніе зерна къ солому. Но практически положеніе Вагнера не примѣнимо вслѣдствіе необходимости внесенія азотистыхъ удобрений въ началѣ роста растений, такъ какъ коэффициентъ использованія удобрения 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 неже-

зательнымъ уменьшеніемъ отношенія между зерномъ и соломою практичѣе бороться одновременнымъ внесеніемъ другихъ (фосфорнокислыхъ) удобрень.

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

Въ нѣкоторыхъ (исключительныхъ) случаяхъ замѣчается даже пониженіе урожая отъ употребленія селитры. Въ сухое лѣто, напр., удобренные селитрой участки могутъ сильнѣе пострадать, чѣмъ неудобренные, такъ какъ на первыхъ сильнѣе развивается листва и почва сильнѣе иссушается, при чемъ возможно и излишнее 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 обуславливаетъ малое развитіе древесины и недостаточную толщину клѣточныхъ стѣнокъ. Такимъ образомъ, комбинаціи различныхъ условій могутъ дать иной разъ отрицательные результаты при внесеніи азотнокислыхъ удобрень и съ этимъ необходимо считаться при примѣненіи селитры.

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

	въ первую полови- ну срока опытовъ	во вторую полови- ну срока опытовъ
На участкахъ не получившихъ удобренья	14.6	11.8
На участкахъ съ минераль- нымъ удобреніемъ.	20.0	13.0
На участкахъ съ минераль- нымъ и азотист. удобрен. . .	30.0	29.3

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

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

т. е., урожай его быстро падали ¹⁾.

На той же почвѣ азотистое удобрение давало напр. такой результатъ:

	урожай турнепса
Безъ азота	13.558 klg.
Съ азотомъ	25.637 klg.

У корнеплодовъ подъ вліяніемъ азотистаго удобренія 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 удобрень 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%; соответствующія цифры другого опыта 1.0% и 1.3%. Въ одномъ опытѣ напр. получилась свекловица слѣдующаго состава:

Въ сухомъ веществѣ содержалось %	
При удобреніи селитрой азотистыхъ веществ.	8.70; сахара 52.45
На неудобренномъ полѣ	» » 4.35 » 67.39

Еще примѣръ:

	урожай свеклы	% сахар. въ сокѣ
Безъ удобренія.	20.725 кил.	15.2%
Селитры 20 п.	28.160 кол.	14.8%
Селитры 30 п.	33.363 кил.	14.2%

Съ картофелемъ получаютъ подобные же результаты.

Такимъ образомъ азотистыя удобренія, увеличивая урожай, повышаютъ содержаніе въ свекловицѣ и картофелѣ азотистыхъ веществъ

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 на-сѣкомыхъ, развивающихся при долговременной культурѣ корнеплодовъ на томъ же мѣстѣ.

(бѣлковыхъ и небѣлковыхъ) и нѣсколько понижаютъ содержаніе углеводовъ (крахмала и сахара). Въ виду того, что высокое содержаніе азотистыхъ веществъ въ заводскихъ сортахъ свекловицы нежелательно, не рекомендуется вносить большихъ количествъ азотистыхъ удобрений подъ нихъ, тѣмъ болѣе, что одностороннихъ избыточнымъ удобрениемъ можно понизить содержаніе сахара и крахмала. Наоборотъ, подъ кормовые сорта свеклы и картофеля можно смѣлѣе вносить азотистыя удобрения, такъ какъ повышеніе содержанія въ продуктѣ урожая бѣлковыхъ веществъ только желательно.

Вышеупомянутыя слѣдствія односторонняго внесенія азота, какъ излишнее развитіе листва, малое содержаніе сахара (или крахмала), большое содержаніе азотистыхъ веществъ позволяютъ заключить, что мы имѣемъ въ этихъ случаяхъ дѣло съ растениями недозрѣвшими; дѣйствительно, опытъ показываетъ, что избытокъ азотистаго питанія удлиняетъ періодъ развитія растений. Необходимо вносить вмѣстѣ съ азотистыми удобрениями и другія (особенно фосфорнокислыя) для парализованія односторонняго дѣйствія ихъ.

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

	Безъ удобрения	Суперфосфатъ	Суперфосфатъ и селитра
Урожай. . .	100	120.1%	133.2%

(среднее изъ 10 опытовъ 1902 года въ Пархомовскомъ имѣніи).

Такимъ образомъ 2 пуда селитры при рядовомъ внесеніи даютъ приростъ въ нѣсколько разъ окупающій стоимость удобрений, при томъ безъ пониженія качествъ, насколько позволяютъ судить имѣющіеся опыты. Вѣроятно, и здѣсь сказывается потребность растений въ усвоимомъ азотѣ ранней весной, а затѣмъ хорошо укоренившееся растение лучше обезпечиваетъ себя азотистой пищей въ видѣ образующихся по наступленіи теплаго времени нитратовъ. Способъ этотъ заслуживаетъ широкаго испытанія при различныхъ культурахъ, помимо свеклы.

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

отъ неблагоприятнаго дѣйствія азота, не говоря уже объ экономическихъ соображеніяхъ.

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

При опытахъ на Жабенскомъ лугу нашей фермы, нами получены такіа результаты:

Участки	безъ удобрения	удобренныя N (селитрой), P (суперф.) K (каинитъ)		
Урожай	18	65	24	15
% бобовыхъ	12	5	8	24
% злаковыхъ	53	67	51	32

Итакъ, безъ подсева травъ мы можемъ однимъ поверхностнымъ удобрениемъ вліять на составъ луговой смѣси въ ту или другую сторону, смотря по характеру удобрения. (Послѣднія цифры, относящіяся къ калийному удобрению, указываютъ на большее значеніе для бобовыхъ минеральныхъ удобрений, чѣмъ азотистыхъ).

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. Говоря вообще, въ сухомъ климатѣ полезно селитру не разбрасывать по полю въ видѣ поверхностнаго удобрения, а запахивать, или вносить съ помощью комбинированныхъ сѣялокъ рядовымъ способомъ. Иногда селитру смѣшиваютъ съ торфянымъ порошкомъ, пескомъ, сухой землей для болѣе равномернаго распредѣленія. Если вносятъ селитру и суперфосфатъ, то не рекомендуется смѣшивать эти удобрения задолго до внесенія, во избѣжаніе потерь азота. Примѣнять ее въ качествѣ поверхностнаго удобрения полезно тогда, когда запахать ее уже нельзя, напр., когда желаютъ весной поправить пострадавшіе озимые хлѣба. Запахать (или инымъ способомъ хорошо смѣшать съ почвой, напр., съ помощью экиртиратора) селитру передъ посѣвомъ полезно, потому что она внесенная поверхностно способствуетъ образованію корки, особенно при слабомъ дождѣ, смачивающемъ только поверхностные слои почвы. Такая

корка можетъ вызвать запаздываніе появленія всходовъ и иногда даже пониженіе урожая вмѣсто повышенія.

Такъ какъ азотная кислота не поглощается почвой, то внесеніе селитры осенью подъ озимые хлѣба, говоря вообще, не рекомендуется, потому что осеннія и весеннія воды могутъ выщелочить селитру еще не использованную растеніями. Однако, Костычевъ справедливо замѣчаетъ, что «у насъ въ черноземной полосѣ можно ожидать лучшаго дѣйствія селитры отъ осенняго удобренія, но тоже поверхностнаго передъ самыми морозами. Въ черноземѣ влага вообще не проникаетъ глубоко и потому опасаться выщелачиванія нельзя. Раннее осеннее употребленіе было бы неудобно 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 почти не примѣняется, то для практики эти соображенія имѣютъ лишь косвенное значеніе.

Въ послѣднее время обращено вниманіе еще на одно неблагоприятное обстоятельство при употребленіи недостаточно чистой продажной селитры, именно, вредное дѣйствіе примѣси къ ней хлорнокислаго кали (KClO_4). Достаточно 1—2% этой соли въ селитрѣ для отравленія растеній; повидимому хлѣба (особенно рожь) чувствительнѣе въ этомъ отношеніи, чѣмъ напр. свекла. Поэтому необходимо при покупкѣ требовать гарантіи какъ извѣстнаго содержанія азота, такъ и отсутствія вредныхъ примѣсей.

2. Сѣрноокислый амміакъ.

Сѣрноамміачная соль встрѣчается въ природѣ въ небольшихъ количествахъ. Эти естественные источники сѣрноамміачной соли замѣтнаго практическаго занятія не имѣютъ; получается же сѣрноокислый аммоній преимущественно какъ отбросъ нѣкоторыхъ заводскихъ производствъ, или же добывается попутно изъ городскихъ нечистотъ при приготовленіи пудретовъ. При прежнемъ способѣ приготовления 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 утилизациі подвергаютъ отгонкѣ съ известью цѣликомъ нечистоты, не прибѣгая къ предварительному отстаиванію твердыхъ веществъ, связанному съ потерями амміака при разложеніи.

Другой крупный источникъ сѣрноамміачной соли есть газовое производство. Каменный уголь содержитъ отъ $\frac{1}{2}\%$ до $1\frac{1}{2}\%$ азота. При сухой перегонкѣ его (въ ретортахъ) часть азота получается въ отгонѣ въ видѣ воднаго раствора амміака, преимущественно углекислаго; часть же амміака уносится газообразными продуктами; при промывкѣ сѣрительнаго газа водой собираются значительныя количества амміака. Иногда прямо употребляютъ газовыя воды на удобреніе, но чаще выпариваютъ ихъ съ прибавкой сѣрной кислоты, а еще лучше подвергаютъ ихъ перегонкѣ съ известью и улавливать амміакъ сѣрной кислотой, потому что получается продуктъ болѣе чистый и удобный для перевозки. Надо замѣтить, что очистка нужна еще и потому, что при сухой перегонкѣ угля часть азота его превращается въ синеродистыя и роданистыя соединенія, 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.

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

При разсмотрѣніи поглощательной способности почвъ было указано, что амміакъ хорошо поглощается, а потому нѣтъ основаній опасаться вносить его съ осени; въ этихъ случаяхъ амміакъ постепенно будетъ переходить въ азотную кислоту и постепенно усваиваться растеніями. Однакоже и при внесеніи амміака по мѣрѣ нитрифицированія, азотъ все-таки переходитъ въ дренажныя воды, хотя конечно гораздо медленнѣе, чѣмъ въ случаѣ селитры.

Вотъ данныя одного анализа дренажныхъ водъ:

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

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

Въ извѣстныхъ условіяхъ амміакъ можетъ быть непосредственно использованъ растеніями. Въ опытахъ Müntz'a при устраненіи возможности перехода амміака азотную кислоту (убиваніемъ нитрифицирующихъ ферментовъ) растенія развивались хорошо въ присутствіи сѣрнокислаго амміака; тоже было въ опытахъ Коссовича¹⁾. Въ заболоченныхъ почвахъ нѣтъ условій, благоприятствующихъ переходу амміака въ азотную кислоту, однакоже растенія растутъ на нихъ и питаются азотомъ, очевидно, амміачнымъ. Во всякомъ случаѣ, этотъ переходъ для растеній очень желателенъ и совершается тѣмъ легче, чѣмъ (до извѣстныхъ предѣловъ) выше температура и влажность, чѣмъ больше нитрифицирующихъ бактерий и чѣмъ болѣе обезпечена

1) Необходимымъ условіемъ успѣха такого опыта является наличие основанія, которое связывало бы сѣрную кислоту, остающуюся въ избыткѣ послѣ использования растеніемъ амміака: нужно имѣть въ виду, что растеніе требуетъ гораздо больше азота, чѣмъ сѣрной кислоты, поэтому сѣрнокислый аммоній есть соль *физиологически-кислая*. Въ опытахъ Mazé и Коссовича, при соблюденіи стерильности, амміакъ хорошо использовался потому, что въ первомъ случаѣ вводился мѣлъ, а во второмъ — гидратъ окиси желѣза въ качествѣ нейтрализующаго вещества; при несоблюденіи этого условія накопляющаяся сѣрная кислота губитъ растеніе и простой пробой на лакмусъ не трудно убѣдиться, что получается очень кислая реакція среды. Этимъ очевидно и объясняются раньше наблюдавшіеся неблагоприятные результаты для солей аммонія въ качествѣ источника азота. Этимъ же объясняется съ другой стороны разнообразіе результатовъ отъ удобренія селитры и съ амміакомъ въ полевыхъ опытахъ: что амміакъ оказывается хуже селитры, понятно изъ вышеизложеннаго, но иногда онъ оказывается лучше ея; можно думать, что въ этомъ случаѣ азотная кислота (продуктъ нитрификации) и сѣрная (оставшаяся свободной) дѣйствуютъ какъ растворители на минеральную часть почвы (между прочимъ фосфаты) и такимъ образомъ къ прямому вліянію присоединяется благоприятное косвенное; если кислотность все-таки въ концѣ концовъ будетъ нейтрализована, то и можетъ получиться лучший эффектъ отъ амміака, нежели отъ селитры. Неблагопріятныя вліянія, кромѣ кислотности, могутъ иногда зависѣть отъ обратной причины: если мы вносимъ сѣрнокислый аммоній въ почву состоящую главнымъ образомъ изъ 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 известковыхъ почвахъ не совѣтуютъ примѣнять соли амміака въ значительныхъ количествахъ.

нейтрализаціи (чаще всего при помощи Ca CO_3) образующейся азотной и остающейся сѣрной кислоты (если мы внесли $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$).

Было много попытокъ сравнить дѣйствіе солей амміака и азотной кислоты, какъ удобрительныхъ веществъ. По даннымъ Вагнера, если принять эффектъ отъ дѣйствія селитры за 100, то для азота амміака онъ будетъ въ опытахъ съ пшеницей 97, ячменя — 79, для картофеля 82, для моркови 90. У Будрина получилось для пшеницы и овса 91, ржи 80. Сравняются, конечно, не равныя количества той и другой соли, а равныя количества азота въ нихъ. Разница дѣйствій амміака и азотной кислоты зависитъ отъ распредѣленія удобрительнаго матеріала и отъ условій нитрификаціи въ данной почвѣ. 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 болѣе высокой концентрации, что обуславливаетъ 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 амміакъ далъ въ опытахъ Вагнера только 28% эффекта, сравнительно съ азотной кислотой. Явленіе это зависѣло вѣроятно оттого, что сѣрнокислый амміакъ есть соль физиологически кислая и по мѣрѣ усвоенія NH_3 освобождающаяся кислота не связывается въ торфянистыхъ почвахъ основаніями (за ихъ отсутствіемъ) и тѣмъ увеличиваетъ кислотность торфянистыхъ почвъ, которая угнетающимъ образомъ дѣйствуетъ на растенія. Дѣйствительно, у Вагнера при внесеніи въ такую почву извести амміакъ далъ до 90% отъ дѣйствія N азотной кислоты.

Лучше амміакъ запахивать, такъ же какъ и селитру, для равномернаго распредѣленія. Необходимымъ условіемъ примѣненія сѣрноамміачной соли, какъ видно изъ вышеуказаннаго, является достаточное (но не избыточное) содержаніе въ почвѣ извести; въ этихъ условіяхъ сѣрноамміачная соль почти замѣняетъ селитру; но практическое примѣненіе ее у насъ есть еще дѣло будущаго.

На десятину употребляется отъ 6 до 12 пуд. сѣрнокислаго амміака, и болѣе, смотря по роду растенія, почвы, и по соображеніямъ экономическимъ.

3. Отложения и отбросы непосредственно органического происхождения.

Гуано. Гуано представляет удобрение, содержащее вместе с азотом и фосфорную кислоту. Оно представляет скопление извержений морских птиц, подобные тем, как образуются в наше время, если извержения птиц защищены от действия дождя, напр., под крышами. Гуано образовалось в южных странах, на берегах и островах южной Америки, где дожди бывают очень редко. Морские птицы, из экскрементов которых образовалось гуано, питаются преимущественно рыбой и, отличаясь прожорливостью, откладывают массу экскрементов. Считают приблизительно, что население в 600.000 морских птиц могли в 5.000 лет отложить наблюдавшуюся в Перу толщу гуано.

Пища этих птиц богата азотом и фосфором; еще в большей мере это относится и к их экскрементам, так как после окисления органического вещества переваримой части в организм на воздух выделяются только CO_2 и H_2O (но не N и P, целиком переходящие в выделения). К экскрементам птиц отчасти примешиваются перья, кости и другие посторонние вещества.

Впервые гуано стало употребляться в Европу только в этом столетии, но на местах нахождения примешивалось туземцами издавна. Первые партии его отличались большим содержанием азота, чем последующие, так как эксплуатацию начали с более цѣнных залежей (Перу), а по их истощении перешли к видам гуано менее богатым азотом. Перуанское гуано, очень редко подвергалось действию дождей; другие же виды, напр. Джервис, Бакер-гуано, подвергались значительному действию дождей, причем органическое вещество разлагалось, азот улетучивался в виде NH_3 и вымывался, а фосфорная кислота, связанная с Са, оставалась на месте, так что гуано, смачиваемое дождями, становится все более и более относительно богатым фосфорнокислой известью.

Азот в экскрементах птиц главным образом находится в форме мочевого кислоты. Мочевая кислота в гуано более или менее разложилась до аммиака и щавелевой кислоты, поэтому содержание в гуано мочевого кислоты и щавелевой кислоты с аммиаком находится в обратной зависимости. Вообще, содержание азота в различных сортах гуано колеблется в значительных пределах —

от 4 до 20%. Примерный состав гуано, неподвергавшегося выщелачиванию дождями (старого перуанского), таков:

Азота 15.3%.
 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 25.0% (или около 12% P_2O_5).
 Органического вещества 50—60%.

Современное же гуано, из залежей подвергавшихся влиянию дождей, содержит:

Азота 7—8% (или еще меньше).
 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 20—40% (или 10—20 P_2O_5) и более.

Благодаря тому, что гуано содержит азот в форме легко и постепенно переходящей в аммиак и азотнокислые соли, это удобрение не повышает концентрации раствора, и в этом смысле имеет некоторые преимущества перед селитрой (не говоря о содержании P_2O_5).

На рынках 3. Европы обращается еще так называемое *рыбное гуано*, которое представляет высушенные и измельченные остатки рыб. Иногда, как местами в Англии (Суссекс), специально для этого ловят массами мелкую рыбу, сушат, толкут и употребляют для удобрения; тоже в больших размерах издавна делается в Японии. Чаще же пользуются отбросами рыбного промысла, напр., остатками от приготовления сардинок (головки, внутренности); во Франции существуют заводы где на отбросы рыбного промысла действуют паром под давлением чтобы удалить жир; затем эти отбросы отжимаются и полученные лепешки размалываются и сушатся. Нередко с той же целью употребляются отбросы китобойного промысла после выварки из них жира; а в некоторых местах Западной Европы на гуано потребляются даже ракообразные (так называемое *гранатовое гуано*).

Перечисленные виды гуано содержат кроме азота и фосфорную кислоту; в среднем азота содержится от 7 до 8%, а количество фосфорной кислоты тем больше, чем больше было костей в гуано.

Близко к описываемой группе удобрений стоит *помет домашних птиц*. Еще древние придавали большое значение голубиному помету и употребляли его на удобрение. Помет этот содержит в сухом веществе 5—6% азота и 7—14% фосфорнокислой извести. Экскременты различных домашних птиц неодинаковы по составу: гуси и утки, напр., дают продукты наиболее водянистые, содержание до 75% воды и от $\frac{1}{2}$ до $\frac{3}{4}$ % азота.

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

	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 ₂ O ₅	1,8	1,1	1,2	2,0	2,0	1,5	0,4
Органич. веществъ	49,0	20,1	26,0	—	—	—	—

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

Если эти матерьялы получаютъ въ небольшомъ количествѣ, то ихъ обыкновенно примѣшиваютъ къ компосту. При употребленіи въ отдѣльности, нужно заботиться о хорошемъ измельченіи матерьяла, для обезпеченія возможности равномернаго распределенія, иначе растенія на мѣстахъ переудобренныхъ могутъ выгорать. На десятину владуть отъ 40 до 100 пудовъ (смотря по составу), въ виду значительной усвояемости N и P₂O₅ въ этихъ удобренияхъ.

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

Какъ азотистыя удобрения употребляются различнаго рода отбросы животнаго происхожденія, въ особенно значительныхъ количествахъ доставляемыя бойнями большихъ городовъ въ видѣ костей, крови, нерѣдко цѣлыхъ тушъ. Напр., въ Парижѣ по Мюнцу получается около 500.000 пуд. сырой крови въ Москвѣ—около 300.000 п.

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 навозными и компостными 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 нагревается 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. Fe₂(SO₄)₃ (обыкновенно берутъ смѣсь FeSO₄ съ H₂SO₄ и NaNO₃); образующіеся при этомъ сгустки отдѣляются лопатой и высушиваются безъ риска загниванія. Смотри 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 удобрения употребляется не только кровь, но и мясо, напр., полученное отъ животныхъ больныхъ или по другимъ причинамъ не идущихъ въ пищу (мясо лошадей), обыкновенно такое мясо послѣ выварки 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 пѣсляхъ кормленія, частью—въ цѣляхъ удобрения (иногда смѣсь такихъ мясныхъ отбросовъ, костей, сухожилій обозначается именемъ гуано Fray-Bentos).

Вещества, образующія рога, копыта, также употребляются какъ азотистое удобрение. Для этой цѣли служатъ обычно остатки отъ производства различныхъ издѣлій изъ рога (гребней, 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 удобрения его иногда обрабатываютъ паромъ подъ давленіемъ причемъ получается стекловидная легко размалывающаяся масса съ значительной растворимостью; или же рогъ подогреваютъ (поджариваютъ), причемъ онъ вспучивается, рыхлится и въ такомъ состояніи легко размалывается. Если нагревать рогъ не выше той температуры, при которой идутъ указанные процессы, но не наступаетъ обугливаніе, то потеря азота бываетъ незначительна; даже бываетъ замѣтно повышеніе % содержанія азота, вслѣдствіе разрушенія части органическаго вещества.

Обрѣзки кожи, будучи измельчены, подъ именемъ *кожаной муки* также поступаютъ въ продажу, какъ удобрение; но эти матерьялы 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 состоянiи. При нагреванiи съ щелочами или при дѣйстви пара при 5 или 6 атмосферахъ давленiя получается изъ этихъ матерьяловъ масса довольно растворимая и гораздо легче разлагающаяся въ почвѣ.

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

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

Получаемые въ хозяйствѣ отбросы этого рода чаще всего компостируютъ, при чемъ при переработки роговыхъ, шерстяныхъ отбросовъ рекомендуется смѣшенія ихъ съ щелочными веществами (известь, зола). Иногда примѣняютъ способъ подобный тому, какой предложенъ Энгельгардомъ, для разложенія костей и который, состоитъ въ томъ, что на каждые 10 п. органическаго вещества берутъ 2 п. СаО и 1½ п. поташу; смѣсь въ кадкѣ обливается достаточнымъ количествомъ воды и перемѣшивается. Послѣ разложенія матеріаловъ полученная студенистая масса смѣшивается съ торфомъ или перегноемъ или ихъ оставляетъ для избѣжанія потерь амміака.

Во всѣхъ упомянутыхъ матеріалахъ органическаго происхожденія азотъ находится въ формѣ непосредственно не усвояемой, почему они и должны предварительно подвергаться разложенію. Чѣмъ скорѣе идетъ этотъ процессъ разложенія, тѣмъ получаемый эффектъ удобренія выше. Мюнцъ удобрялъ почву разными вышеупомянутыми азотистыми матеріалами и получилъ слѣдующія цифры, характери-

зуюція легкость перехода азота разныхъ органическихъ соединеній въ усвояемую форму:

Количество HNO ₃ въ почвѣ до удобренія	5 mgr.
" " черезъ 4 мѣсяца послѣ удобренія кожаной мукой	5 "
" " " сушеной кровью	75 "
" " " пудретомъ	19 "
" " " поджар. рогомъ	84 "

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

Количество NH ₃ въ почвѣ безъ удобрения	3.5 mgr.
" " " послѣ удобрения кожаной мукой.	5.6 "
" " " " " сушеной кровью	29.2 "
" " " " " пудретою	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 коэффициенты использованія азота разныхъ азотистыхъ удобрень.

Если принять эффектъ отъ азота селитры за 100, то для азота кровяной муки коэффициентъ приблизительно 60%; для жмыховъ — 60—70% (они содержатъ отъ 5 до 7% азота и какъ удобрительное средство подходить нѣсколько къ животнымъ отбросамъ); костяная, рыбная мука—50—60 (по отношенію къ азоту); шерстяные отбросы 25%; навозъ 25; кожаная мука—15%. Но эти коэффициенты не одинаковы при разныхъ условіяхъ и при разныхъ почвахъ. Напр., кровяная мука можетъ при нѣкоторыхъ условіяхъ — при большомъ количествѣ осадковъ и рыхлой почвѣ—имѣть коэффициентъ использованія даже больше 100 по сравненію съ селитрой. 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 накапливается въ значительныхъ количествахъ и почти не выщелачивается, быстро потребляясь растеніями.

Пользуясь вышеприведенными коэффициентами использования азота различных удобрительных веществ, для обычных условий все-таки являющимися средними, можно количество их для удобрения рассчитывать приблизительно, какъ, напр., въ слѣдующемъ случаѣ.

и запахиваются, или передъ запахиваніемъ прикатываются катками по направленію движенія плуга. Считаютъ, что запахка 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. Костычевъ высказалъ нѣкоторые 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 запахиваніи же мертвой растительной массы для полученія этихъ продуктовъ надо ждать еще дѣйствія микроорганизмовъ. Проверки этихъ предположеній путемъ опыта въ большихъ размѣрахъ не было сдѣлано, но нѣкоторые опыты, сдѣланные у насъ (въ сосудахъ), говорятъ за то, что значительной разницы между дѣйствіемъ высушенной и невысушенной зеленой массы, запаханной въ почву, не оказывается ¹⁾.

Эффектъ зеленого удобрения 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 запахки растительной массы выпадетъ хорошій дождь, то, конечно, и здѣсь могутъ быть хорошіе результаты, но приходится рассчитывать на среднія метеорологическія условія данной мѣстности.

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 зеленого удобрения возможно въ широкихъ размѣрахъ.

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

Затѣмъ, потеря влаги изъ почвы при посѣвѣ по зеленому удобренію чувствительна для озимыхъ, но въ гораздо меньшей мѣрѣ то же относится къ яровымъ, такъ какъ за зиму въ большинствѣ случаевъ почва успѣетъ запасть влагой. При удобреніи подъ яровыя возможно примѣненіе зеленого удобрения и не въ паровомъ полѣ: такъ, возможно разводить растенія на зеленое удобренія, подставляя ихъ подъ главное растеніе, тогда развитіе падаетъ главнымъ образомъ на время послѣ уборки хлѣбовъ и запахка—на осень; иногда возможна пожнивная культура растеній на зеленое удобреніе, т.-е. посѣвъ ихъ тотчасъ послѣ уборки хлѣбовъ и запахка опять осенью же. Наконецъ, возможенъ посѣвъ озимой вики и инкарнатнаго 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 расчеты, 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 десятину (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 замѣнить по количеству азота 18 пуд. селитры и болѣе.

Насколько важно брать именно бобовыя (не считывая, 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 былъ 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 удобрения	0	89 гр.
Гречиха	0,270	49,2
Горчица	0,123	65,4
Сераделла	0,914	142,5
Люпины	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 посѣянные растенія использовать какъ кормъ для скота и полученный навозъ употребить на удобрение, то азотъ для почвы не потеряется, а между тѣмъ будетъ достигнута двойная цѣль:—удобрение съ одной стороны и кормъ для животныхъ—съ другой.

Но это соображеніе справедливо не для всѣхъ условій; а именно, возможно, что потребность въ удобрении превышаетъ то количество навоза, каковое доставляется скотомъ, а увеличить количество скота мѣшаютъ соображенія экономическія; затѣмъ, на участкахъ отдаленныхъ вывозка навоза можетъ быть невыгодной и приходится подумать о производствѣ удобрения на мѣстѣ (въ формѣ зеленого удобрения). Наконецъ, не всѣ растенія воздѣлываемыя на зеленое удобрение являются хорошимъ кормомъ; не является таковымъ, напримеръ, люпинъ, незамѣнимый на нѣкоторыхъ почвахъ по своей способности использовать малодоступные источники минеральной пищи, накапливать значительныя количества азота органическаго вещества. Во всякомъ случаѣ вопросъ о примѣненіи зеленого удобрения рѣшается лишь въ тѣсной связи съ мѣстными условіями для каждаго отдѣльнаго случая.

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

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

Lathyrus Wagneri . .	87
Эспарцетъ	80

Синій люпинъ . . .	87
Желтый »	49
Горохъ	56
Красный клеверъ .	31
Бѣлый »	29
Люцерна	27

Эти коэффициенты 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 зеленого удобрения используется довольно хорошо: не разъ наблюдалось (въ нашихъ культурахъ), что при внесеніи двойного количества азота въ формѣ зеленого удобрения по сравненію съ селитряннымъ эффектъ получался болѣе, чѣмъ при удобрении селитрой, значитъ, коэффициентъ использованія былъ выше 50%; можно принять его равнымъ 70% для очень многихъ случаевъ.

Совмѣстно съ ранѣе описанными специальными азотистыми удобрениями могутъ быть разсмотрѣны удобрения *бактеріальныя* (хотя ихъ можно разсматривать и какъ косвеннодѣйствующія). Исторія этихъ удобрений 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 измѣненій свойствъ среды (осушкой и другими мѣрами) бобовыя растутъ 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.

Исслѣдованія Nobbe и Hiltner'a показали, что въ клубенькахъ разныхъ бобовыхъ развиваются и разныя бактеріи. При зараженіи одного и того же растенія бактеріями, живущими на разныхъ видахъ растеній, эффектъ получался разный: чѣмъ ближе стоятъ растенія въ ботанической системѣ другъ къ другу, тѣмъ и бактеріи ихъ

болѣе сходны по дѣйствию. Вотъ опытъ съ *Robinia Pseudoacacia*: при зараженіи подѣ нее почвы бактеріями:

Гороха	урожай былъ	1,56 gr.
Люпиновъ	»	1,63 »
Гледичи	»	3,45 »
Робиніи	»	3,70 »
Cytisus'a	»	2,76 »

Хотя мы не въ состояніи утверждать что это—разные виды бактерій (у разныхъ растений), такъ какъ не констатировано морфологическихъ различій между ними, но несомнѣнно, что существуютъ нѣсколько разновидностей или быть можетъ расъ этихъ бактерій.

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 подѣ именемъ „нитрагина“. Результаты примѣненія его часто были очень удовлетворительны. Дитрихъ, напр., 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 объясняется тѣмъ, что замѣтное дѣйствіе нитрагинъ можетъ обнаружить лишь тогда, когда въ заражаемой почвѣ нѣтъ или очень мало тѣхъ бактерій, какія содержатся въ примѣняемомъ нитрагинѣ и нужны для даннаго бобоваго. Такъ внесеніе нитрагина подѣ 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 бактерій) отъ внесенія нитрагина нужно чаще ожидать замѣтнаго эффекта, если, конечно избытокъ влаги удаленъ и кислоты почвы нейтрализованы.

Полагали (Julius Kühn), что неудачи при употребленіи нитрагина зависѣли еще оттого, что бактеріи при культурѣ на желатинѣ теряли значительную долю своей силы, но лабораторные опыты этого не подтверждаютъ; перезимовавшія на желатинѣ бактеріи дѣйствуютъ хорошо, вызывая образованіе клубеньковъ. Скорѣе неудачи зависятъ оттого, что нитрагинъ сохраняется въ склянкахъ плохо; бактеріи, въ немъ заключающіяся, долго безъ кислорода, какъ аэроб-

ные организмы, жить не могутъ. Кромѣ того, онѣ требуютъ отсутствія свѣта для сохраненія жизни; при употребленіи же нитрагина его смѣшиваютъ съ сѣменами, съ землей, причемъ дѣйствіе свѣта не всегда въ должной мѣрѣ ограничивается. Важными также являются условія влажности почвы, въ которую вносится нитрагинъ. Понятно, что подѣ вліяніемъ суммы указанныхъ причинъ многие изъ опытовъ по примѣненію нитрагина легко могли оказаться безрезультатными.

Кромѣ зараженія почвъ, совсѣмъ не содержащихъ клубеньковыхъ бактерій, нитрагинъ съ соответствующими бактеріями полезно употреблять тогда, когда въ данной мѣстности вводится культура новаго бобоваго растенія, бактерія котораго въ данной почвѣ не содержится (напр. *Soja*, иногда люпины). Во всякомъ случаѣ, нитрагинъ въ основѣ имѣетъ за собой нѣчто положительное, чего нельзя сказать о другомъ бактеріальномъ удобреніи—алинитѣ.

Алинитъ—долженъ якобы представлять культуру бактерій, обогащающихъ почву азотомъ и полезныхъ не только для бобовыхъ, но и для злаковыхъ хлѣбовъ.

Исторія алинита вкратцѣ такова. Нѣкто Каронъ (владѣлецъ имѣнья Эленбахъ близъ Касселя) зная, что въ почвахъ встрѣчаются бактеріи, усвояющія азотъ воздуха помимо бактерій клубеньковыхъ, сталъ изучать бактеріальное населеніе своей почвы и обратилъ вниманіе на обильное 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, благоприятные результаты; повторяя опытъ въ поляхъ, онъ пришелъ къ тому же выводу относительно благоприятнаго вліянія этой бактеріи на урожай хлѣбовъ. Тогда Каронъ рѣшилъ, что благоприятное дѣйствіе этой бактеріи зависитъ отъ обогащенія почвы азотомъ; онъ назвалъ ее *Bacillus ellenbachensis* и сталъ рекомендовать культивировать эти бактеріи и вносить въ почву для обогащенія ея азотомъ.

Одна фабрика купила право на пользованіе открытіемъ и стала выпускать алинитъ въ продажу при соответствующей 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 отно-

сительно связыванья азота (кроме сомнительных опытов Карона) не было приведено.

При изучении алинита другими исследователями результаты были довольно разноречивы. Такъ Stoclasa пришелъ къ выводу, что бацилла Карона есть ничто иное, какъ *Bacillus megatherium*, ранее 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 бацилла энергично образуетъ аммиакъ насчетъ бѣлковъ; усвоенія азота атмосферы они констатировать не могли.

Лаухъ утверждаетъ что *B. ellenbachensis* ничто иное какъ обыкновеннѣйшій *Bac. subtilis* (сѣрной бациллѣ), алинить представляетъ высушенную культуру этого бацилла на картофелѣ.

Мичинскій находитъ, что культура Карона состоитъ изъ нѣсколькихъ организмовъ, въ томъ числѣ и *Bac. subtilis*.

Итакъ, составъ алинита неопредѣленный и ожидать эффекта отъ его примѣненія, вообще говоря, основаній нѣтъ; исключенія, впрочемъ, возможны. Приведемъ результаты опытовъ П. С. Косовича¹⁾, произведенныхъ въ лабораторіи министерства земледѣлія на разныхъ почвахъ.

Урожай.

Съ алинитомъ.	Безъ алинита.	
Песокъ	2,6	3,0
Песчаная почва	12,6	11,3
Подзолъ	33,2	33,3
Торф. почва (кислоты нейтрализованы CaCO_3)	31,5	25,6
		(овесъ)
		(гречиха)
		(овесъ).

На большинствѣ почвъ алинить 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 большому разложенію органическаго вещества и полученію удобоусвояемаго N. Вообще вопросъ объ алинить можно считать конченнымъ; но этимъ не отрицается важность изученія условий, при которыхъ почвенныя бактеріи независимо отъ бобовыхъ усваиваютъ азотъ атмосферы.

¹⁾ См. „Хозяинъ“ 1899 г., №№ 30 и 31, а также „Отчетъ с.-х. лабораторіи Мин. Земл.“, годъ II.

В. 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 озолѣніи, при разложеніи. Теперь переходимъ къ фосфорной кислотѣ, которая съ урожаемъ берется изъ почвы окончательно и естественнымъ путемъ въ нее не возвращается. Возможно только относительное обогащеніе почвы усвояемой фосфорной кислотой на счетъ вывѣтриванія остатковъ неразрушившихся еще минераловъ, содержащихъ P_2O_5 .

Значеніе фосфорной кислоты для жизни растенія достаточно извѣстно изъ физиологіи растеній; въ песчаныхъ или водныхъ культурахъ легко обнаружить пропорціональность урожаевъ внесенной P_2O_5 , если поставить ее въ положеніе фактора, находящагося въ minimumѣ.

Фосфорная кислота значительно распространена въ природѣ, хотя бы въ небольшихъ количествахъ. Большинство кристаллическихъ горныхъ породъ пронизано игольчатыми кристаллами апатита и содержать 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 соединений съ Ca, Fe; бывають случаи, что содержаніе P_2O_5 при вывѣтриваніи относительно увеличивается. По анализамъ Вольфа, напр., въ одномъ случаѣ 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 удобрѣніи фосфорной кислотой пытались дать группировку почвъ по содержанію P_2O_5 , напр.

Содержаніе P_2O_5	Характеристика почвъ:
$> 0,2\%$	очень богатая.
$0,1 - 0,2\%$	богатая.
$0,05 - 0,01\%$	средняя.
$0,01 - 0,05$	бѣдная.
$< 0,01$	очень бѣдная.

Иногда считаютъ возможнымъ судить по этимъ цифрамъ о потребности почвы въ фосфорнокисломъ удобрѣніи, 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 Р въ почвѣ. Такъ, напр., въ горныхъ породахъ нерѣдко встрѣчается апатитъ; очень вѣроятно присутствіе небольшихъ количествъ его и въ почвѣ, почему было бы безынтересно 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. ранѣ бывшая въ растворѣ и затѣмъ осажденная. Этотъ запасъ также неравноцѣненъ, смотря по основанію, (Са, Fe, Al) съ какимъ соединяется P_2O_5 . Есть попытки различать другъ отъ друга эти соединенія путемъ примѣненія различныхъ растворителей. Такъ, при дѣйствіи 1% уксусной кислоты фосфорнокислый соль Са растворяется, соль Fe почти не растворяется, соль Al растворяется съ трудомъ ¹⁾. (Наблюденія эти произведены надъ химически чистыми солями). Но выяснитъ вопросъ о распредѣленіи P_2O_5 въ почвѣ между основаніями трудно, вотъ по какой причинѣ: при обработкѣ почвы напр. уксусной кислотой или водой содержащей углекислоту получаются результаты непостоянные, смотря потому, сразу ли послѣ обработки почвы уксусной кислотой производится фильтрованіе или нѣтъ: переводя въ растворъ фосфорную кислоту известковыхъ солей, мы приводимъ ее въ соприкосновеніе съ соединеніями Al, Fe, причемъ, по вышесказанному, фосфорная кислота вновь осаждается ²⁾; чѣмъ дольше оставлять растворъ нефилътрованнымъ, тѣмъ больше осаждается растворенной фосфорной кислоты; такъ, въ одномъ изъ опытовъ Вагнера слабая уксусная кислота извлекла изъ 1 килограмма почвы:

Черезъ 1½ часа	— 0,524 гр. P_2O_5
24 "	— 0,443 "
3 дня	— 0,361 "
21 день	— 0,340 "

Въ этомъ явленіи „ретроградаци“, т. е. обратнаго перехода растворенной фосфорной кислоты въ осадокъ лежитъ крупное препятствіе къ употребленію очень слабыхъ растворителей, не разлагающихъ фосфатъ желѣза и глинозема, каковы вода съ углекислотой и слабая уксусная кислота и, отсюда—трудность отдѣлать фосфорную кислоту известкового 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

¹⁾ См. ст. Emmerling'a Landw. Versuchsstationen, LI, стр. 60.

²⁾ Landw. Versuchsstationen Bd. 46, 217 Gerlach и Костычевъ, „Нерастворимыя фосфорнокислыя соединенія почвъ“ 1881.

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; но есть опыты, доказывающіе, что фосфорная к. поглощенная почвой постепенно, черезъ нѣсколько мѣсяцевъ, переходитъ въ форму неизвлекаемую 1% лимонной кислотой.

Вѣроятно это зависитъ отъ превращенія фосфата желѣза; дѣло въ томъ, что свѣжеосажденное фосфорнокислосое желѣзо отличается значительной усвояемостью и растворимостью въ лимонной кислотѣ (тоже и глиноземъ); но если мы удалимъ воду (напр. прокаливаньемъ), то и усвояемость и растворимость такого фосфата чрезвычайно понижаются; также понижаются они, 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 отдѣлать именно „поглощенную“ фосфорную кислоту; скорѣе въ показаніяхъ этого реактива ищутъ средства судить о количествѣ *усвояемой* фосфорной кислоты въ почвѣ.

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 выщелачиваніи почвы вымывается около 1 mgr P_2O_5 на каждый литръ пропущенной жидкости. Дренажными водами вымывается съ десятины около 1 килограмма—количество ничтожное сравнительно съ содержаніемъ P_2O_5 въ почвѣ. Приведемъ учеты, показывающіе относительныя количества фосфорной кислоты, отчуждаемыя отъ почвы разными растеніями.

Бобовыя	содержать въ зернахъ 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 лист. —0,2—0,4%

Абсолютно же урожай хлѣба (въ 75 п.) беретъ съ десятины 16—20 kilogr. ($1-1\frac{1}{4}$ п.), P_2O_5 бобовыхъ 20—30 к.; масличныя 20—40 к., корнеплоды 40—50 к., травы 20—40 к. (по Muntz'y).

Если считать въ почвѣ 0,1% P_2O_5 , то десятина ея въ 8 вершковомъ слоѣ (въсомъ около 340,000 пуд.) содержитъ 340 п. P_2O_5 . Такимъ образомъ, запасъ P_2O_5 въ почвахъ не является безконечно большимъ. Если бы урожай хлѣбовъ отнимали каждый годъ по 1 пуду, то безъ искусственнаго внесенія извнѣ P_2O_5 запасъ изсякъ бы черезъ какія нибудь 300—350 лѣтъ; но непрерывной культуры безъ удобрения вести невозможно, урожай 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 вывѣтриванія (въ широкомъ смыслѣ) съ одной стороны, внесеніемъ должнаго количества удобрения — съ другой, то урожай будутъ падать.

Сказанное хорошо иллюстрируется слѣдующимъ примѣромъ, относящимся къ западно-европейской практикѣ. Хозяйство Крузіуса не покупало фосфорно-кислыхъ удобрений съ стороны, примѣняя исключительно навозное удобрение (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.	Умолоть.
Съ 1825—1830 годъ	4250 копенъ	166
" 1830—1835 "	5379 "	170
" 1835—1840 "	5363 "	154
" 1840—1845 "	6857 "	140
" 1845—1850 "	8417 "	156
" 1850—1855 "	7082 "	121
" 1855—1860 "	7881 "	125

По среднему составу продуктовъ было учтено количество отчуждаемой и вносимой P_2O_5 ; оказалось, что за послѣднія 15 лѣтъ взято съ по-

лей 985 цент. P_2O_5 , внесено 408 цент., слѣдовательно, около половины P находящагося въ оборотѣ за эти 15 лѣтъ вышло изъ хозяйства. Какъ видно изъ таблицы, общая масса урожая со временемъ росла, но урожай зерна падалъ, что является слѣдствіемъ недостатка P_2O_5 въ почвѣ. Существуютъ и другія указанія на то, что P_2O_5 при такомъ веденіи хозяйства оказывается въ положеніи минимальнаго 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 (употребленіе городскихъ нечистотъ), мы имѣемъ такого рода матерьялы для обогащенія почвы P_2O_5 и восстановленія нарушеннаго равновѣсія между питательными веществами почвы: 1) ископаемые фосфаты (фосфориты) 2) отбросы металлургической промышленности (томасовъ шлакъ) 3) кости и нѣкоторые виды гуано съ преобладаніемъ P_2O_5 .

Фосфориты.

Происхожденіе фосфоритовъ въ большинствѣ случаевъ связано съ органической жизнью, что отчасти уже видно по тѣмъ названіямъ, которыя носятъ отдѣльныя ихъ разновидности, какъ то: остеолиты, копролиты и т. п. Рѣже встрѣчаются фосфориты чисто минеральнаго происхожденія: — они представляютъ въ такихъ случаяхъ отложенія изъ воды горячихъ источниковъ, выделяющихъ фосфатъ извести изъ раствора вслѣдствіе потери углекислоты.

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. Существуютъ попытки классифицировать фосфориты по ихъ сложенію и возрасту, стоящимъ, какъ оказывается, во взаимной связи: чѣмъ старше возрастъ фосфорита, тѣмъ больше приближается онъ къ кристаллическимъ фосфатамъ (апатиту) и наоборотъ.

Такъ, Густавсонъ дѣлитъ фосфориты на три группы, предлагая относить къ 1-й группѣ кристаллическую фосфорнокислую известь — апатитъ, состоящій изъ 92—95% фосфорнокислой извести, (остальное — фтористый и хлористый кальцій). Апатитъ имѣетъ кристаллическую форму, внутреннее строеніе вещества тоже кристаллическое.

Вторая группа фосфоритовъ имѣетъ только кристаллическое сложеніе, но не внѣшнюю форму; сюда принадлежатъ наши подольскіе

кругляки, нассаускіе (ланскіе) фосфориты въ Германіи, логразанскіе (Эстремадура)—въ Испаніи и пр.: въ нихъ до 55%—80% фосфорнокислой извести, и остальное — главнымъ образомъ углекислая известь (но CaF_2 также встрѣчается).

Къ третьей группѣ 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 бѣднѣ фосфорной кислотой, чѣмъ фосфориты двухъ предыдущихъ группъ, но она нѣсколько легче (хотя все же очень слабо) усваивается растеніями.

Энгельгардтъ дѣлитъ 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 (Ботромской губ.) и, наконецъ, глауконитовые фосфориты, содержащіе кромѣ фосфорной кислоты еще и кали; они встрѣчаются въ Рязанской, Московской, Нижегородской губ., отличаются рыхлостью; залегаютъ на границѣ юрской и мѣловой системы¹⁾.

Подольскіе фосфориты обратили на себя вниманіе геологовъ уже давно, какъ характерные по своей формѣ и сложенію. Къ 40 годамъ этого столѣтія относится первый анализъ ихъ, произведенный въ Горномъ Институтѣ. Съ точки зрѣнія сельскохозяйственной ими сначала заинтересовались наши сосѣди (Австрія). Въ 1870 были командированы изъ Вѣны специалисты для изученія русскихъ залежей въ Подоліи, они признали ихъ очень важными. Вскорѣ потомъ были поставлены первыя мельницы для переработки этихъ фосфоритовъ, но эта эксплуатація въ цѣляхъ употребленія фосфорита какъ такового продолжалась недолго. Въ скоромъ времени вновь начали разрабатывать эти залежи для отправки матеріала за границу, гдѣ онъ перерабатывается въ суперфосфатъ. Замѣтимъ, что суперфосфатъ до послѣдняго времени является однимъ изъ продуктовъ ввозимыхъ къ намъ изъ-за границы или приготовлялся въ Ригѣ изъ привозныхъ (изъ Америки и Алжира) фосфоритовъ. Лишь недавно стали готовить изъ подольскаго фосфорита суперфосфатъ въ Россіи въ болѣе значительныхъ размѣрахъ (Ловичскій заводъ).

¹⁾ Существуютъ фосфаты и не известковые, а состоящіе изъ фосфорнок. глинозема, таковы Redondaphosphat (Вестъ-Индія) и фосфатъ изъ Кладно (послѣдній продуктъ, впрочемъ, является уже отбросомъ при переработкѣ рудъ); но для насъ они значенія не имѣютъ.

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 напоминаетъ своими расходящимися кристаллическими лучами сферокристаллы. Различаютъ два рода залежей этихъ фосфоритовъ. Первичныя залежи находятся въ силурійскихъ сланцахъ, причемъ шары являются вкрапленными порознь, поверхность ихъ бугристая; а во вторичныхъ отложеніяхъ окатанные шары встрѣчаются сплошными 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 эти камни, окатали ихъ, благодаря тренію о дно и отложили группами на новыхъ мѣстахъ.

Способъ образованія фосфоритовъ недостаточно выясненъ. Очевидно только то, 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 Подоліи¹⁾.

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 соответствуетъ 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
Окиси алюминія	1.12
Окиси магнезіи	0.37
Щелочей	0.07
Фосфорной кислоты	38.38

¹⁾ Мельниковъ, Фосфориты Подоліи и Бессарабіи, стр. 23.

Извести.	49.50
Сѣрнистой кислоты.	0.42
Угольной кислоты.	1.31
Кремневой кислоты.	5.05
Фтора.	1.37
Потери при прокаливании.	1.66
	101.15
Поправка на кислородъ вслѣдствіе присутствія фтора.	-0.6
	100.55 ¹⁾

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

Въ 1866 году проф. с.-петербургскаго земледѣльческаго института А. Н. Энгельгардъ командированъ былъ министерствомъ государственныхъ имуществъ для изслѣдованія залежей фосфоритовъ въ Россіи (губ. орловская, курская, воронежская). Статьи А. Н. Энгельгарда и сопутствовавшего ему 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 Энгельгарда и Ермолова тогда не принесли и почти всѣ заводы должны были прекратить свою дѣятельность за недостаткомъ покупателей. (Рижскій заводъ перешелъ на приготовленіе суперфосфата). Почти двадцать лѣтъ спустя Энгельгардъ, уже будучи хозяиномъ Батищева, снова обратилъ вниманіе на фосфориты; экскурсируя по рославльскому уѣзду 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 выяснитъ положительное значеніе фосфоритовъ для сѣверныхъ почвъ Россіи и возбудить къ нимъ уже болѣе прочный интересъ; это сказалось сильнымъ ростомъ спроса на фосфориты въ Россіи и размѣровъ ихъ добыванія.

¹⁾ Мельниковъ І. с. 75. Сопоставленія другихъ анализовъ см. въ II отчетѣ Лаб. Мин. З., сост. П. С. Коссовичемъ, стр. Тамъ же—литература.

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 формации» ¹⁾. Встрѣчается онъ въ Курской губ. въ значительныхъ количествахъ и употребляется жителями для мощенія шоссе, улицъ и для бута. Самородъ представляетъ изъ себя настоящую горную породу, которая встрѣчается повсемѣстно на сѣверной границѣ мѣлового бассейна ²⁾; кромѣ «плиты» встрѣчаются желваки разнаго цвѣта и размѣровъ. Помимо Курской, залежи эти находятся въ Тамбовской, Воронежской, Орловской, Смоленской, Калужской губ. Многочисленные анализы курскаго саморода показываютъ, что онъ содержитъ меньше фосфорной кислоты, нежели фосфориты подольскіе—отъ 14 до 17 и 20%; остальное составляютъ кварцевый песокъ и др.

Вскорѣ затѣмъ были открыты залежи фосфоритовъ въ *Рязанской* губ. Онѣ извѣстны были тамъ еще съ 60-хъ годовъ, но ихъ стали разрабатывать лишь въ восьмидесятыхъ годахъ послѣ того, какъ онѣ были изслѣдованы по порученію Рязанскаго земства въ лабораторіи Петровской Академіи Григорьевымъ. Григорьевъ показалъ, что въ составъ рязанскаго фосфорита входитъ еще глауконитъ—минералъ содержащій до 8% K_2O (въ фосфоритахъ отъ 1 до 4% K_2O ; но помимо малаго содержанія и усвояемость кали въ глауконитъ 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 ³⁾. (Не всѣ рязанскіе фосфориты относятся къ этому типу). При обработкѣ ихъ выбранный матеріалъ сушится и размалывается, рѣже примѣняется при предварительной обработкѣ и об-

¹⁾ А. Энгельгардъ „Изъ химич. лаб. спб. землед. инстит.“ Сельск. Хоз. и Лѣс. 1867.

²⁾ Ibid. стр. 42.

³⁾ П. Морозовъ „О фосфорнокислыхъ удобреніяхъ“ см. Труды Вольно-Эконом. Общ. 1883, т. 3, стр. 282.

жиганіе ¹⁾. Среднее содержаніе фосфорной кислоты въ нихъ около 17% съ значительными колебаніями.

Кромѣ перечисленныхъ фосфоритовъ слѣдуетъ еще отмѣтить *Костромскіе* фосфориты, встрѣчающіеся въ юрскихъ слояхъ. Они наиболѣе богаты фосфорной кислотой изъ всѣхъ сѣверныхъ фосфоритовъ (28% P_2O_5); встрѣчаются обычно въ плотныхъ массахъ, въ видѣ неправильныхъ стяженій темнаго цвѣта, извѣстны въ продажѣ подъ именемъ «Куломзинскихъ».

Вятскіе фосфориты также залегаютъ въ верхнихъ слояхъ юрской системы; они содержатъ 16—28% фосфорной кислоты и представляютъ песчано-глинистую породу (съ участіемъ 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.

Кромѣ того юрскіе фосфориты встрѣчаются въ губерніяхъ: Московской, Ярославской, Владимірской, Нижегородской, Симбирской и др.

Начиная съ 1886 года спросъ на фосфориты возрасталъ въ значительной мѣрѣ, какъ показываютъ слѣдующія цифры:

1886 году	потреблено фосфорит.	5.000 пуд.
1887	»	» 60.000 »
1890	»	» 200.000 »
1892	»	» 800.000 »

Но ростъ этотъ далѣе не былъ непрерывнымъ.

Подготовка фосфоритовъ. Прежде чѣмъ внести въ почву фосфоритъ, онъ долженъ быть подготовленъ, причемъ подготовка можетъ быть или только механическая или еще и химическая. Благодаря трудной растворимости фосфорной кислоты фосфоритовъ, громадную роль при ихъ употребленіи играетъ степень тонкости размолъ. Съ увеличеніемъ частицъ муки уменьшается поверхность соприкосновенія фосфорита съ частицами земли и уменьшается его усвояемость. Растворимость въ водѣ фосфорной кислоты фосфоритовъ очень не велика (близка къ нулю), нѣсколько выше растворимость въ водѣ насыщенной углекислотой. Оказывается, что растворимость въ слабыхъ растворителяхъ значительно возрастаетъ по мѣрѣ умень-

¹⁾ Рязанскіе фосфориты описаны въ работѣ Ключарева, см. «Матеріалы по изслѣдованію русскихъ почвъ» изд. Докучаевымъ и Совѣтовымъ, VII.

шенія діаметра частицъ фосфорита. Мюнцъ взялъ арденнскій фосфоритъ и измельчивши раздѣлилъ при помощи сита на части различной крупности; испытывая потомъ растворимость отдѣльныхъ пробъ онъ нашелъ:

Частицы:	3 мм.	2 мм.	1 мм.	тонкая мука (<1 мм.).
При дѣйствіи воды				
съ CO_2 растворилось.	4	11	48	81 миллиграммъ.

При опытахъ растворенія фосфорной кислоты фосфоритовъ въ лимоннокисломъ амміакѣ замѣчается также послѣдовательность въ увеличеніи растворимости по мѣрѣ уменьшенія частицъ. Это же замѣчается и въ полевыхъ опытахъ съ фосфоритами. Въ Германіи одинъ опытъ примѣненія фосфата на кислой болотной почвѣ далъ слѣдующіе результаты:

Крупность частицъ	$\frac{1}{2}$ —1 мм.	урожай	27 гт.
	$\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ »	»	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 размолъ, пропуская для этого фосфоритъ черезъ металлическія или шелковыя сита съ извѣстными размѣрами промежутковъ. Напр., сито № 100-й (№ сита соответствуетъ числу нитей или проволокъ на 1 дюймъ) при шелковыхъ нитяхъ имѣетъ промежутки, равные 0.17 мм. Считаютъ нормальнымъ размолъ тогда, когда около 80% продукта проходитъ черезъ это сито.

При размалываніи иногда сортируютъ матеріалъ при помощи отсѣванія такимъ образомъ, что получаютъ продукты болѣе богатые фосфорной кислотой или съ меньшимъ содержаніемъ ея; если напр., фосфоритъ состоитъ изъ смѣси фосфата съ кварцевымъ пескомъ, то при размолѣ первый измельчится ранѣе, нежели второй и отсѣваніемъ можно получить продуктъ болѣе богатый P_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 известен химический и механический состав фосфоритовъ, то полезно для болѣе яснаго о немъ представленія знать и происхождение 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 раствореніемъ фосфорной кислоты различныхъ фосфоритовъ наблюдается значительная разница въ растворимости ихъ въ зависимости отъ происхожденія.

Такъ, въ опытахъ г. Яновича въ лабораторіи проф. Богданова получились слѣдующія цифры:

Фосфориты	Подольскій	Курскій	Рязанскій	Смоленскій
Содержаніе P_2O_5	31.6	15.7	18.4	19.7%
Колич. P_2O_5 растворенной въ лимоннокисл. амміакѣ	9.5	10.3	13.3	14.7
Въ % отъ всего колич. P_2O_5	30%	65%	72%	74%

Цифры эти показываютъ только *относительный* характеръ взятыхъ образцовъ, постоянными ихъ считать нельзя, такъ какъ здѣсь много значатъ подробности самаго метода: сколько брать фосфорита и растворителя, примѣнять обработку болѣе или менѣе продолжительную, повторную или однократную.

Въ химичес. лабораторіи Моск. С.-Х. Института Н. Б. Недокучаевымъ примѣнялась *посторная* обработка фосфоритовъ 2% лимонной кислотой, въ нѣсколько приѣмовъ:

	Подольск.	Костром.	Рязан.	Смол.
Извлечено въ суммѣ P_2O_5 :	51%	79%	66%	80%

Не утверждая, что существуетъ пропорціональность между показаніями этого растворителя и усвояемостью фосфорной кислоты, можно сказать, 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 подъ вліяніемъ угольныхъ и другихъ кислотъ перешелъ въ двухкальціевый. Въ перегнойныхъ почвахъ эту роль могутъ исполнять перегнойныя кислоты, давая гуминово-кальціевыя соли. Въ особенности этотъ переходъ трехкальціевой соли въ двухкальціевую замѣтенъ тогда, когда въ почвѣ присутствуютъ соли минеральныхъ кислотъ (HCl , H_2SO_4); въ этихъ случаяхъ кислоты солей могутъ помо-

гать перегнойнымъ кислотамъ переводить въ растворъ фосфорную кислоту. Но вообще отношеніе между количествомъ фосфата и гуминовыхъ веществъ должно быть очень широкимъ. Напр., 100 г. гуминовой кислоты могли разложить 1.13 г. фосфорита; 1 часть трехкальціеваго фосфата требовала (у Эйхгорна) для растворенія 8.8 частей гуминовой кислоты или 36 частей торфа; (а сѣрной кислоты всего 0,6 ч.).

По Флейшеру, въ пахатномъ слое 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 Kissling¹⁾ брали 20 г. торфа и смѣшивали его съ фосфоритомъ (3 г.). Чистый торфъ переводилъ въ растворъ 13.16%; торфъ съ KCl — 19.4; съ каинитомъ 17.9; съ K_2CO_3 — 1.1; съ $(NH_4)_2SO_4$ — 25% отъ всей P_2O_5 ²⁾.

Параллельно съ этими показаніями есть и опыты, доказывающіе возможность примѣненія фосфоритовъ на почвахъ кислыхъ; такъ, Бременская станція для изученія культуры торфяниковъ въ послѣднее время съ успѣхомъ пользуется алжирскимъ фосфоритомъ (и это послѣ того, какъ въ Германіи употребленіе необработанныхъ кислотами фосфоритовъ было почти совершенно отвергнуто); въ такихъ случаяхъ возможно, что фосфоритъ мало растворимый можетъ дать эффектъ даже болѣе чѣмъ растворимый (кислый) фосфатъ. Напр., опыты въ сосудахъ Ulbricht'a (Швеція) дали слѣдующіе результаты:

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

Однако, подобные результаты могутъ дать лишь меньшинство почвъ (см. ниже).

Если при одновременномъ внесеніи съ фосфоритомъ каинита на кислыхъ почвахъ можно рассчитывать поднять растворимость фосфорной кислоты, то при внесеніи веществъ, способныхъ нейтрализовать освобождающіяся кислоты, растворимость фосфорной кислоты

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.).

значительно понижается. Подтверждение этому находимъ въ опытахъ французскихъ хозяевъ, пользующихся фосфоритомъ при раздѣлкѣ ландръ 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 фосфорнокислаго удобрения; въ противномъ же случаѣ известъ, нейтрализуя выделяющіяся кислоты, сильно понижаетъ растворимость и использование 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 приемами кустарными, домашними, или прибѣгаютъ къ помощи фабричныхъ производствъ.

Въ первомъ случаѣ, напр., компостируютъ фосфориты, смѣшивая ихъ съ отбросами органическаго происхожденія, содержащими или образующими кислоты, напр., выжимками отъ винограда или яблокъ, съ торфомъ и 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 гр.
» смѣшанный съ торфомъ 800	1 » на килогр. почвы.

Подобные же результаты получены въ опытахъ Кпирима (Рига). Условія благоприятнаго дѣйствія торфа были затронуты выше, по поводу опытовъ Эйхгорна.

Есть впрочемъ опыты и съ иными результатами, что, вѣроятно, зависитъ отъ употребленія торфа различныхъ свойствъ.

Отъ навоза, конечно, можно ожидать гораздо меньшаго растворяющаго дѣйствія, чѣмъ отъ торфа.

Навозъ представляетъ среду, въ которой перегнойныя кислоты нейтрализованы щелочами, преимущественно амміакомъ, при чемъ обычно есть избытокъ амміака въ формѣ углекислаго (или кислаго углекислаго). Растворяющимъ факторомъ является углекислота, поэтому, энергичнаго химическаго воздѣйствія навоза на фосфоритъ

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

Вотъ результаты опытовъ Müntz'a:

	Общее содерж. P_2O_5	Вытяжка Лимоннокисл. Щавелевокисл. содержала P_2O_5
Навозъ смѣшанный съ фосфоритомъ.	0,65	0,18 0,21
Навозъ безъ фосфорита.	0,27	0,13 0,15

Въ другомъ опытѣ черезъ полгода перешло въ растворъ изъ смѣси фосфорита съ навозомъ, заключающей 141 гр. P_2O_5 , только 3,8 гр. фосфорной кислоты. 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 находится въ minimum'ѣ въ почвахъ.

Гораздо сильнѣе, чѣмъ органическія вещества, дѣйствуютъ на фосфориты минеральныя кислоты.

Приготовленіе суперфосфата.

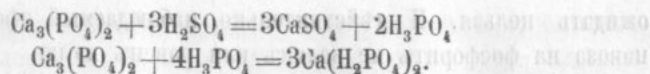
Первымъ толчкомъ къ такой обработкѣ фосфоритовъ послужило предложеніе Либиха обрабатывать кости сѣрной кислотой; а затѣмъ эту реакцію стали примѣнять и къ фосфоритамъ.

Основная реакція выражается въ простѣйшей формѣ слѣдующимъ уравненіемъ:



Но не по одной этой реакціи въ технику 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 $Ca_3(PO_4)_2$, тонуженъ болѣе или меньшій избытокъ кислоты противъ количества ея, вычисляемаго по вышеприведенному уравненію, для разложенія углекислыхъ и др. солей (смотря по составу фосфорита).

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



Если перемешивание массы бывает недостаточное, то отчасти реакция остановится на первой фазе, а в других местах останется неразложенный фосфорит.

Продуктом реакции является, между прочим, гипс, почему необходимо брать H_2SO_4 с таким количеством воды, чтобы последней хватило на образование CaSO_4 , $2\text{H}_2\text{O}$ и остался еще некоторый избыток; при недостатке воды гипс берет ее всю из смеси, вследствие чего образуется плотная, твердящая масса, мешающая получению однородного продукта.

Присутствие больших количеств CaCO_3 в фосфорите нежелательно (вследствие излишнего расхода H_2SO_4 и понижения процентного содержания P_2O_5), но в малых количествах присутствие этой соли считается даже полезным, так как ею обуславливается большая порозность массы и облегчается сушка последней; желательно присутствие не более 5% CaCO_3 . Поэтому при обработке фосфоритов, не содержащих CaCO_3 (напр., апатита), иногда нарочно примешивают с указанной целью немного CaCO_3 , но этим достигаются менее удовлетворительные результаты (смешение не бывает столь совершенным), чем в том случае, когда углекислая соль содержится в необходимом (умеренном) количестве как природная составная часть фосфорита.

Кроме углекислого кальция серная кислота разлагает и кремнекислые соли, выделяя студенистую SiO_2 .

Содержащийся в фосфоритах (апатитах) CaF_2 серной кислотой также разлагается (благодаря разогриванию массы), образуя HFl , SiF_4 , H_2SiF_6 . Таким образом главная реакция образования монокислого фосфата сопровождается и усложняется этими побочными, и в конце концов получается смесь сложного химического состава.

Не вдаваясь в подробности расчета кислоты, необходимой для разложения фосфата в зависимости от его состава, приведем приблизительные количества кислоты для некоторых случаев:

	100 ч. фосфата с содержанием:				Берется по	
	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$	CaCO_3	CaO в виде CaCl_2 и CaF_2	воды	H_2SO_4 (60°B)
Костяная зола . .	82.1	0.3	4.4	2.6	80	15
Подольский фосфорит	74.7	5.0	4.7	4.2	86	24 ¹⁾

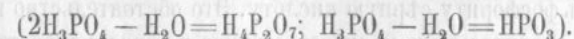
¹⁾ (См. Schucht, Fabrikation des Superphosphats, Braunschweig, 1894).

Фосфориты при химической обработке предварительно измельчаются, для чего пользуются толчеями, бѣгунами, жерновами; в последнее время с этой целью употребляются «шаровые» мельницы (непрерывного действия), представляющие вращающийся барабан со стенками из стальных пластин, с отверстиями между ними; внутрь кладут фосфорит вместе с стальными или чугунными шарами; при вращении фосфорит размалывается от ударов и трения, и мелкие части проваливаются через отверстия в стенках.

После измельчения смешивают фосфорит с серной кислотой, при чем заботятся об отводе выделяющихся ядовитых (HFl) газов (если резервуары, где производится реакция, открытые); при этом рабочие для защиты от действия газов, брызг H_2SO_4 и пр. снабжаются очками и масками-респираторами. Тщательное и быстрое смешение является весьма важной операцией. Более совершенны по устройству приборы непрерывнодействующие; они состоят обыкновенно из неподвижного цилиндрического резервуара, с одного конца которого вводится сырой материал (кислота и фосфорит), а с другого выходит готовый продукт — суперфосфат, при чем перемешивание и передвижение достигается ножами, по спирали расположенными на вращающейся оси цилиндра.

Полученная масса далее подвергается (если нужно) сушке в особых сушильнях; обыкновенно вагонетки, нагруженные суперфосфатом, подвигаются в них постепенно навстречу току теплого воздуха.

Важно для успеха дела производить сушку не при высокой температуре, иначе кроме высушивания и потерь кристаллизационной воды начнется разложение (с выделением воды) кислых солей ортофосфорной кислоты, с образованием солей пиро и метафосфорной кислоты. Температура сушки не должна быть выше 100°, при 120° образуется пирофосфат, при 200—метафосфат.



В полученной смеси фосфорная кислота находится отчасти в растворимой (в воде) форме, именно, в виде свободной H_3PO_4 , но преимущественно в форме $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, H_2O , отчасти в виде кислых солей Mg , Al , Fe . ($\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ соль растворимая, как и соответствующая соль Al , но не стойкая, являющаяся одной из причин вторичных реакций в суперфосфатах ¹⁾).

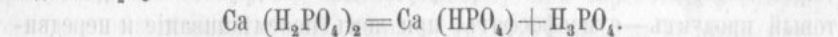
¹⁾ (См. Stoklasa, Chemische und physiologische Studien über die Superphosphate).

Нерастворимыя въ водѣ соли P_2O_5 — въ суперфосфатѣ представляють двухкальціевый фосфатъ $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$, полуторнокислыя соли Fe и Al (напр., $FeH_2(PO_4)_2$), $FePO_4$ и соотвѣтствующія соли Al.

Далѣе, въ составъ суперфосфатовъ входятъ $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (гипсъ), сѣрниокислыя Fe и Al, свободная кремневая кислота, отчасти силикаты Fe, Ca, Al, песокъ, глина, иногда немного CaF_2 . Соли угольной кислоты встрѣчаются лишь при очень плохомъ перемѣшиваніи смѣси фосфорита съ сѣрной кислотой.

Разсмотримъ свойства $Ca(H_2PO_4)_2$. Соль эта можетъ быть получена въ кристаллическомъ видѣ ($Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$), отличается нестойкостью, при высушиваніи теряетъ кристаллизационную воду, при болѣе высокой температурѣ теряетъ еще больше воды, переходя въ соль пирофосфорной кислоты.

По Stoclasa одноосновный фосфатъ растворяется въ водѣ лишь въ томъ случаѣ, если на 1 ч. соли приходится 200 ч. воды; при другихъ отношеніяхъ происходитъ разложеніе соли съ выдѣленіемъ свободной P_2O_5 :



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 необходимо имѣть въ виду при приготовленіи вытяжки изъ суперфосфата, такъ какъ благодаря ему безъ всякихъ другихъ причинъ количество растворимой P_2O_5 суперфосфата можетъ уменьшиться (вслѣдствіе образованія нерастворимаго въ водѣ дикальціеваго фосфата).

Суперфосфатъ неизбѣжно представляетъ смѣсь болѣе бѣдную фосфорной кислотой сравнительно съ фосфоритомъ, такъ какъ мы прибавляемъ къ фосфориту сѣрную кислоту. Это обстоятельство вызываетъ образованіе значительнаго количества гипса и обусловливаетъ большую дороговизну перевозки P_2O_5 ; поэтому готовятъ кромѣ простого еще *двойной суперфосфатъ*. Для реакціи въ этомъ случаѣ употребляютъ не сѣрную, а фосфорную кислоту, извлекаемую водой изъ фосфорита, (по возможности не содержащаго $CaCO_3$) послѣ разложенія (полнаго) сѣрной кислотой; водный растворъ извлеченной H_3PO_4 сгущаютъ, дѣйствуютъ имъ на новую порцію фосфорита и получаютъ продуктъ содержащій также $Ca(H_2PO_4)_2$, но безъ гипса, съ большимъ содержаніемъ P_2O_5 сравнительно съ суперфосфатомъ, полученнымъ

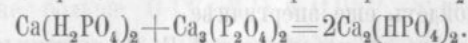
прямымъ дѣйствіемъ H_2SO_4 . Обыкновенный суперфосфатъ содержитъ 15—20% P_2O_5 , здѣсь же содержаніе P_2O_5 доходитъ до 30% и выше.

Для обработки фосфоритовъ (и костей) употребляютъ кромѣ сѣрной и соляную кислоту, причемъ переходить въ растворъ H_3PO_4 , равно какъ и $CaCl_2$, въ осадкѣ находятся примѣси (глина и песокъ). Растворъ декантируютъ, кислоту нейтрализуютъ известковымъ молокомъ; въ осадкѣ получается вся фосфорная кислота въ видѣ смѣси 2-хъ и 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 (при томъ условіи, что сушка массы производилась осторожно), такъ какъ не только двухкальціевый, но и трехкальціевый фосфатъ свѣжеосажденный отличается значительно по свойствамъ отъ фосфата безводнаго (который находится въ фосфоритахъ).

Обычно продажный продуктъ содержитъ 30—35% фосфорной кислоты, слѣдов., значительно больше, чѣмъ обыкновенный суперфосфатъ.

Будучи въ преципитатѣ главной составной частью, въ суперфосфатѣ 2-хъ основной фосфатъ является примѣсью, какъ результатъ неполнаго разложенія или же какъ продуктъ вторичнаго процесса, *ретроградации*; при этомъ или монокальціевая 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:



Дѣйствительно, если въ растворъ монокальціевой соли ввести 3-хъ кальціевую, то нетрудно обнаружить *ретроградацию* — количество растворимой P_2O_5 черезъ нѣкоторое время будетъ очень невелико. Реакцію эту нетрудно обнаружить, если смѣшивать одноизвестковый фосфатъ съ трехъизвестковымъ и періодически извлекать водой разныя порціи смѣси: Stoclasa получилъ при этомъ такія данныя: взято на 2,5 г. монокальціевой соли 3,5 г. 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).

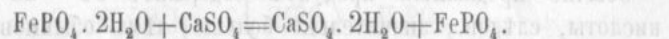
Этот искусственный примѣръ, конечно, очень рѣзокъ сравнительно съ тѣмъ, что имѣетъ мѣсто въ суперфосфатахъ, но все же онъ хорошо иллюстрируетъ вліяніе одного изъ факторовъ ретроградации.

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 ретроградации является въ суперфосфатахъ наличие соединений Fe_2O_3 и Al_2O_3 .

Если въ немъ находится, напр., $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, то при реакціи этой соли съ $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ образуется гипсъ и кислая фосфорнокислая соль желѣза, переходящая скоро въ нерастворимую фосфорножелѣзную соль $\text{FePO}_4 \cdot 3\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = 2(\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot 2\text{H}_3\text{PO}_4) + 3\text{CaSO}_4$.

Кислая соль желѣза легко распадается на H_3PO_4 и $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; послѣдняя соль далѣе можетъ отдавать свою кристаллизационную воду CaSO_4 :



Безводное же фосфорнокислосое желѣзо является плохо растворимымъ въ лимонной кислотѣ и малоусвояемымъ.

Соединенія глинозема также способствуютъ ретроградации, но значительно слабѣе, чѣмъ само желѣзо.

При большомъ содержаніи въ суперфосфатѣ Fe и Al такой переходъ является интенсивнымъ.

Само собой разумѣется, что если желѣзо будетъ находиться не въ формѣ сѣрно-кислыхъ солей, но въ видѣ окиси, (напр. въ почвѣ) то ретроградация 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% " 17,0%.

Joulié нашелъ, что при этомъ, кромѣ образованія фосфата желѣза, реакція можетъ доходить до образованія $\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_2$; какъ правило же получается CaHPO_4 .

По изложеннымъ соображеніямъ фосфаты, содержащіе много Fe, рѣдко перерабатываются на суперфосфаты; считаются допустимыми

2%, въ крайнемъ случаѣ 3—4% Fe_2O_3 (см. Schucht, Fabrikation de Superphosphats).

Мы рассмотрѣли отношеніе одно, двухъ и трехъкальціеваго 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 болѣею.

Дѣло въ томъ, что суперфосфаты обычно оцѣниваются по количеству растворимой въ водѣ P_2O_5 ; но Грандо и Петерманъ показали, что и нерастворимый въ водѣ двухъкальціевый фосфатъ усваивается растеніями, поэтому ретроградация въ суперфосфатѣ не представляетъ потери фосфорной кислоты, поскольку дѣло идетъ объ образованіи CaHPO_4 (иначе преципитатъ не имѣлъ бы того значенія какое ему теперь придается въ ряду фосфорнокислыхъ удобрений).

На основаніи этого предложено было оцѣнивать фосфаты не по показаніямъ водной вытяжки, а по показаніямъ вытяжки изъ лимоннокислаго амміака, растворяющей одно—и двухъ основныхъ фосфатъ (полурастворимая P_2O_5); къ этому вопросу мы вернемся ниже.

Томасовъ шлакъ.

Это фосфорнокислосое 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 чугуны, содержащій не больше 0,1% P¹⁾ и 0,05% S; но въ 1879 году Томасъ и Гилькристъ сдѣлали возможной переработку чугуна, содержащаго большое количество P, введя въ употребленіе «основной процессъ» въ отличіе отъ прежняго «кислаго» (въ смыслѣ избытка SiO_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 внут-

¹⁾ Желѣзные 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.

ренную обкладку из доломитового известняка, сверхъ того прибавляется къ сплавляемому металлу CaO , для связыванья образующейся при окисленіи фосфора P_2O_5 .

Процессъ плавленія совершается при вдуваніи воздуха.

Сперва окисляется Si , потомъ Mn , C , а при $1800^\circ\text{—}2000^\circ\text{P}$ сгораетъ въ P_2O_5 , которая съ CaO образуетъ известковую соль, всплывающую наверхъ въ видѣ шлака вмѣстѣ съ кремнекислымъ Ca , и другими примѣсями; при наклоненіи конвертера шлакъ стекаетъ и охлаждаясь 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 со-держала	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 Grandean, Scories de dephosphoration, въ Annales de la science agronomique 1896 и 97):

P_2O_5	8—24%
CaO	34—55 »
MgO	3—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 удобрение это получается при очень высокой температурѣ и при наличности избытка извести.

Аналитическія данныя показываютъ, что въ шлакѣ находится особое соединеніе — тетракальціево-фосфорнокислая соль $4 \text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ ($=\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_{10}$), соединеніе менѣе устойчивое, чѣмъ трехъосновный фосфатъ; нужно думать, что въ почвѣ оно распадается подъ вліяніемъ влаги, образуя фдкую известь и *свѣжеосажденный* трехкальціевый

фосфатъ. Растворимость, P_2O_5 томасова шлака въ лимоннокисломъ амміакѣ въ водѣ съ углекислотой и въ уксусной кислотѣ довольно велика; такъ, слабая уксусная кислота за 72 часа растворила изъ 100 ч. P_2O_5 :

Въ томасовомъ шлакѣ а).	58%
b).	51 »
c).	36 »

Въ ланскомъ фосфоритѣ 5,6 »

Въ копролитахъ 10,9 » ¹⁾

Первые опыты примѣненія томасова шлака принадлежатъ Флейшеру (въ 1884—85 г.) въ Германіи. Оказалось, что это удобрение на торфянистыхъ почвахъ вполне замѣняетъ суперфосфатъ и преципитатъ; на другихъ почвахъ для равнаго эффекта съ суперфосфатомъ шлака нужно было вносить раза въ $1\frac{1}{2}$ —2 больше.

При опытахъ на бѣдной песчаной почвѣ подъ Парижемъ Грандо получилъ такіе результаты:

Почва удобр. въ дост. колич. N и K, но безъ P_2O_5 .	Урожай	
	картофеля.	Пшеницы.
8830 kilo	24 hectol.	
» » N. K и суперфосфатомъ	26,210	—
» » преципитатомъ	23,860	43
» » томасов. шлакомъ (французск.)	27,885	43
» » томасов. шлакомъ (англійск.)	20,230	40

Большій эффектъ шлака сравнительно съ суперфосфатомъ на песчаной почвѣ объясняется тѣмъ, что такая почва не имѣетъ достаточно извести для нейтрализаціи кислой фосфорнокислой соли, поэтому послѣдняя не можетъ перейти въ полурстворимую форму и вымывается, или же благодаря кислой реакціи неблагопріятно дѣйствуетъ на корни и тѣмъ понижаетъ эффектъ удобрения. Томасовъ же шлакъ кислой реакціи не имѣетъ и почвенной водой напрасно не уносится.

Въ среднемъ же принимаютъ, что дѣйствіе Томасова шлака равно 50—60% дѣйствія суперфосфата (при равномъ содержаніи P_2O_5). Слѣдовательно, примѣняя двойное количество 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 размолу (чѣмъ мельче, тѣмъ лучше); большая

¹⁾ (См. Sachsse, Lehrbuch der Agriculturchemie, 528).

часть частиц шлака должна проходить через сито № 100, диаметр отверстій котораго приблизительно = 0, 2 м/м.). 3) растворимость шлака въ лимонно-кисломъ амміакѣ (реактивъ Вагнера) или лимонной кислотѣ; эта растворимость колеблется у разныхъ шлаковъ въ широкихъ предѣлахъ, отъ 8 до 22% P_2O_5 въ % отъ навѣски или отъ 39%—93% въ % отъ всей P_2O_5 , и иногда даже далѣе.

Вообще, томасовъ шлакъ не представляетъ однообразнаго по растворимости и эффекту дѣйствія удобрения.

Нѣкоторые изслѣдователи, напр., Вагнеръ, считаютъ степень растворимости шлака въ водномъ растворѣ лимоннокислаго амміака хорошимъ показателемъ степени усвояемости P_2O_5 удобрения растеніями. Въ опытахъ Вагнера это подтверждается слѣдующей серіей цифръ.

Раствори- мость.	Удобрит. дѣйствіе.
(Относительныя числа).	
100	100
85	80
81	72
72	72
73	66
76	63
39	40
48	38
42	38
45	31
38	30

Подобныя же цифры приводитъ 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, полного же параллелизма не наблюдается; вотъ цифры для одного опыта Грандо:

Растворимость шлака.	90	66	56	37
Приростъ урожая фасоли.	100	63	65	67
» » картофеля.	100	82	75	64

Замѣтимъ, что при оцѣнкѣ томасова шлака, опредѣляя растворимость P_2O_5 его и степень размола, необходимо принимать во вниманіе

особенности растенія и вліяніе почвы. Очевидно, что напр., градація по растворимости P_2O_5 разныхъ шлаковъ, совпадающая (допустимъ) съ усвояемостью для хлѣбковъ, 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 нѣкоторые указанія получены выдѣленіемъ механическимъ путемъ минераловъ входящихъ въ составъ шлака.

При медленномъ остываніи шлака въ немъ замѣчается выдѣленіе кристалловъ; слѣдующіе кристаллическія вещества являются характерными.

1) Кристаллы напоминающіе апатитъ, гексагональной системы, содержащіе 36—37% P_2O_5 .

2) Минералъ синяго цвѣта, представляющій по составу двойную фосфорнокремнекислосодержащую соль формулы $4Ca_3(PO_4)_2 \cdot 3Ca_3SiO_5$, содержащій 31% P_2O_5 (моноклинической системы).

3) Минералъ ромбической системы, желтаго цвѣта, по химическому составу представляющій тетракальціевую соль $Ca_4P_2O_8$.

Соотношеніемъ этихъ трехъ минераловъ обуславливаются повидимому свойства томасова шлака (кромѣ нихъ находятся, конечно, и другія соединенія Ca и Fe).

Вагнеръ (Northheim)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%.

Для перваго же минерала (подобнаго апатиту) растворимость ока-

¹⁾ Landw. Vers. Stat. Bd. 49.

залась 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 Са являются наиболѣе цѣнными формами P_2O_5 въ шлакахъ. Связь между растворимостью P_2O_5 и содержаніемъ SiO_2 была еще раньше подмѣчена; поэтому стали 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.

Костяная мука.

Кости представляютъ также крупный источникъ фосфорной кислоты для сельского хозяйства.

Они 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%
CaF_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 нагреваніи.

Сырая кость трудно поддается измельченію, съ трудомъ разлагается въ почвѣ. Простой и грубый способъ получить измельченный фосфатъ состоитъ въ томъ, что органическое вещество сжигаютъ, получаютъ костяную золу. Для этого кости пережигаютъ въ гучахъ; 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 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 удобрѣніе. Оказывается, однако, что операція обжиганія не является безразличной для качества удобрѣнія: 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 озолѣнія 32—43%.

При другихъ способахъ обработки кости стараются одновременно утилизировать содержащіеся въ ней азотистыя вещества и жиры, для чего кости обрабатываютъ кипящей водой, паромъ подъ давленіемъ, экстрагируютъ соответствующими растворителями (бензинъ, эфиръ), обрабатываютъ кислотами.

Смотря по способу обработки, получается «сырая размолотая кость», «пареная», «обезжиренная» костяная мука и пр.

Остановимся нѣсколько на этихъ подготовительныхъ процессахъ, чтобы составить понятіе о самыхъ продуктахъ.

Извлеченіе органическихъ веществъ изъ кости (для облегченія размолла) 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 матеріала костяная мука является удобрѣніемъ отчасти азотистымъ, такъ какъ содержитъ еще 3—4% N.

Лишь при обработкѣ паромъ подъ давленіемъ оссеинъ спошна переходитъ въ клей; но лишь часть этого клея извлекается конденсирующей на костяхъ водой; если кости послѣ парки прямо измельчаются, то и получается пареная костяная мука; если же клей извлекается горячей водой (повторная обработка, по принципу диффузоровъ въ свекло-сахарн. производствѣ), то получится обезклеенная

¹⁾ См. данныя Gebek'a. Biederm. Centralblatt, 1895, стр. 10.

мука, содержащая уже мало азота, потому ниже разцѣпываемая. (Помимо прямого значенія азотистыхъ веществъ ихъ считаютъ желательной составной частью еще и потому, что разлагаясь въ почвѣ они способствуютъ лучшему растворенію фосфорной кислоты кости).

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 (жиръ препятствуетъ разложенію костей въ почвѣ, мѣшая смачиванью частицъ водой).

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 безъ предварительной подготовки повторно обрабатываютъ водой съ HCl , извлекающей зольныя вещества; остатокъ будетъ состоятъ изъ оссеина, который при нагреваніи съ водой даетъ лучшіе сорта клея (желатину). Солянокислый экстрактъ нейтрализуютъ CaO 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 со- держать.	4,5—4,75%	10—15%	15—20%
Кость вареная (не подъ давлени- емъ)	3,3—4,3 »	6—8 »	18—22%
Пареная мука. 4	»	4 »	20—24 »
			» (5—6% ор- ганическихъ ве- ществъ, песокъ)
Обезклееная мука	0,7—2 »	— »	22—27%

Энгельгардтъ и Ильенковъ предложили хозяйственный способъ обработки костей щелочами. При обработкѣ костей (КОН) вслѣдствіе растворенія органическихъ веществъ структура кости нарушается и она распадается. 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 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ освобождаетъ КОН. 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 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и 1 пудъ поташу раствореннаго въ 20 ведрахъ H_2O .

Рекомендуютъ вмѣсто поташа брать золу растений 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.

По вопросу объ удобрительномъ значеніи костяной муки существуютъ весьма различныя мнѣнія. Меркеръ и Вагнеръ являются сторонниками низкой оцѣнки этого удобрения. Для примѣра приведемъ нѣкоторыя данныя полученныя Вагнеромъ.

	Въ 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 » костяной муки (грубого размолотыя). 2	» 13	»
» 100 » тонко размолотой костян. 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).

Съ другой стороны, Кюнъ и Гольдефлейссъ¹⁾ цѣнятъ фосфорную кислоту костяной муки гораздо выше, считая ее относительно хорошо усвояемой. Довольно давній опытъ удобренія этимъ матеріаломъ подтверждаетъ скорѣе послѣднее мнѣніе: въ Англіи костяную

¹⁾ Holdeffleiss: Das Knochenmehl, Berlin 1890.

муку употребляли еще до появления минеральной теории. Вотъ примѣръ изъ позднѣйшихъ опытовъ Кюна:

Урожай.		
Безъ удобрения.	100 ч. зерна.	} При достаточномъ внесеніи азотистыхъ удобрений.
100 kgr. P_2O_5 въ видѣ супер-		
фосфата.	145 »	
100 kgr. томасова шлака. . .	161 »	
100 » костяной муки (обез-		
кисленной)	164 »	
100 kgr. пареной	158 »	

Опытъ произведенъ былъ съ озимой рожью на песчаной почвѣ. (Противъ этого опыта возможно то возраженіе, что дозы P_2O_5 были высоки, что всегда ведетъ къ пивеллированью показаній для разныхъ фосфатовъ, кромѣ того, на песчаныхъ почвахъ суперфосфатъ часто не проявляетъ полного дѣйствія благодаря своей кислой реакціи).

Въ пользу костяной муки говорить также хорошая растворимость ея въ лимонноамміачной соли.

Во всякомъ случаѣ, опыты Вагнера и Меркера заставляютъ желать новыхъ опытовъ съ костяной мукой, причемъ должна быть учтена въ отдѣльности роль какъ почвъ, такъ и растений.

У насъ въ *песчаныхъ культурахъ* со злаковыми оказалось, что костяная мука даетъ эффектъ равный 40—60% отъ дѣйствія суперфосфата.

Такимъ образомъ, костяная мука (въ случаѣ ржи, пшеницы, ячменя, гороха) оказала значительно болѣе эффектное дѣйствіе, чѣмъ фосфоритъ, но меньшее—чѣмъ растворимыя и полурасстворимыя соли P_2O_5 . Въ случаѣ же гречихи урожай на костяной мукѣ (при двойной дозѣ P_2O_5) приблизился къ урожаю на растворимыхъ фосфатахъ, очевидно благодаря болѣе энергій усвоенія у гречихи.

Вотъ урожайныя данныя нѣкоторыхъ опытовъ:

	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 ¹⁾	95,2 »	50,4	—	0,2
Табакъ	38,2 »	25,9	5,1	0,67
Гречиха	20,0 »	15,8	9,0	1,4
Тоже, при двой-				
ной дозѣ P_2O_5 ¹⁾ .	49,9 »	46,2	31,0	3,6 ?

¹⁾ Эти цифры относятся къ сырой массѣ, остальныя—къ воздушносухой.

Такимъ образомъ, результаты песчаныхъ культуръ являются гораздо болѣе благоприятными для костяной муки, нежели опыты съ почвами у Меркера и Вагнера; есть болѣе поздніе опыты съ почвами, именно Kellner'a, давшіе тѣже результаты, какъ у насъ песчаныхъ культуры: средній коэффициентъ получается около 60% (отъ дѣйствія равнаго количества растворимой P_2O_5). Результаты Вагнера Kellner объясняетъ 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).

Если это наблюденіе относительно углекислой извести вѣрно, то слѣдуетъ ожидать лучшаго дѣйствія костяной муки на почвахъ черномземныхъ, нежели на черноземахъ; въ существующихъ опытахъ есть нѣкоторыя указанія на это, но желательно увеличеніе числа данныхъ по этому вопросу ¹⁾.

О сравнительной цѣнности фосфатовъ.

Вопросъ о сравнительномъ значеніи одно и двухъкальціеваго фосфата въ свое время (начало 80-хъ годовъ) возбудилъ острую полемику, но теперь считаютъ, что дѣйствіе *одно и 2-хъ кальціеваго фосфата близко*, причемъ нѣкоторыя различія находятся въ зависимости отъ *свойствъ почвъ*. Въ опытахъ, гдѣ не принималось во вниманіе вліяніе почвы, мы находимъ колебанія въ пользу то одного, то другого фосфата.

Урожай.			
		1.	2.
При удобрении суперфосфатомъ . .	120	60	
» » » преципитатомъ . . .	107	72	

На нормальныхъ почвахъ суперфосфатъ дѣйствуетъ лучше преципитата, 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

¹⁾ При повтореніи опытовъ Kellner'a желательно избѣгать примѣненія солей аммонія въ качествѣ дополнительнаго азотистаго удобрения, такъ какъ эти соли въ качествѣ физиологически кислыхъ и подлежащихъ нитрификаціи являются растворителями для фосфатовъ и могутъ ступенчато вызывать результаты сравнительныхъ опытовъ.

явление (недостаток CaCO_3), а сверх того, обладая ничтожной поглотительной способностью такая почва 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:

У д о б р е н о :			
Суперфосфатомъ. Преципитатомъ.			
Суглинокъ	приростъ +230	+147	
Песчаная почва.	+ 36	+174	

Можно было бы думать, что за растворимой фосфорной кислотой должно быть то преимущество передъ полурасстворимой, что послѣдняя должна быть тщательно смѣшиваема съ почвой механически, ради равномернаго распредѣленія, а первая можетъ циркулировать съ почвенной жидкостью и постепенно осаждаться, встрѣчая углекислую известь, желѣзо и глиноземъ, слѣд., такъ равно распредѣляться, какъ того не достигнуть механически. Но преимущество это оказывается слабымъ, такъ какъ образованіе въ почвѣ двухъкальціеваго фосфата (и другихъ полурасстворимыхъ соединений) идетъ сравнительно быстро; вотъ примѣръ изъ опыта Шталь-Шредера: 2 грамма суперфосфата было смѣшано съ 8 гр. почвы, содержащей 0,84% CaCO_3 ; изъ 100 частей внесенной фосфорной кислоты осталось растворимой:

Черезъ 24 часа	10 дней	20 дней
63,2%	40,7%	38,4%

Въ полѣ же на единицу вѣса суперфосфата приходится гораздо большее количество почвы заключающей еще соединений желѣза и глинозема, поэтому ретроградация должна пойти значительно быстрѣе, такъ что фосфорная кислота въ состояніи будетъ передвинутся въ почвѣ лишь на самое незначительное разстояніе. Поэтому принимаютъ по западно-европейскимъ даннымъ что одно и двухъкальціевый фосфаты почти равноцѣнны какъ источники P_2O_5 для растений, наблюдаемые же различія зависятъ отъ почвенныхъ условій.

Дѣйствительно, въ песчаныхъ культурахъ получаютъ напр. слѣдующіе результаты (наши опыты 1899 г.):

Источники фосфорной к.:	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{CaHPO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	Трехъкальціев. фосфатъ. кости.	Трехъкальціев. фосфатъ. фосфорита (безводный).
Урожай ржи	22,4	24,5	23,1	12,5	1,8
» пшеницы.	21,1	25,9	25,0	15,0	3,9

Какъ видимъ, двухъкальціевый фосфатъ далъ весьма хорошіе результаты (нѣкоторое пониженіе въ случаѣ однокальціева фосфата видимо объясняется его кислой реакціей, которой въ пескѣ нечѣмъ было нейтрализоваться).

Нужно замѣтить, что не смотря на многочисленность западно-европейскихъ опытовъ и указанные результаты песчаныхъ культуръ, все-таки слѣдуетъ съ большой осторожностью пользоваться этими выводами напр. для нашихъ черноземныхъ почвъ, такъ какъ нѣкоторые опыты (им. Харитоненко Харьковской губ.) обнаружили болѣе слабое дѣйствіе на свеклу полурасстворимыхъ фосфатовъ по сравненіи съ растворимыми; вообще разнаго типа почвы могутъ оказывать то понижающее, то повышающее дѣйствіе на коэффициентъ использования фосфатовъ по сравненію съ песчаными культурами, (о чемъ еще будемъ говорить ниже, примѣнительно къ вопросу о фосфоритахъ), и вопросъ объ осажденномъ фосфатѣ (и ему подобныхъ удобреніяхъ) требуетъ мѣстныхъ опытовъ для болѣе правильнаго рѣшенія; опять таки и здѣсь можно высказать предположеніе, что нечерноземная почва, какъ менѣе богатая углекислой известью (не говоря уже о почвахъ «кислыхъ») будутъ болѣе благоприятны для двухъкальціева фосфата, нежели почвы черноземной полосы.

Что касается 3-хъ кальціеваго фосфата, то дѣйствіе его весьма зависитъ отъ той формы, въ какой онъ вносится для удобренія.

Свѣжеосажденная соль $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ хорошо растворяется въ лимоннокисломъ амміакѣ; прокаленная же соль или взятая въ видѣ фосфорита въ лимонноамміачной соли растворяется слабо, и до послѣдняго времени было спорнымъ вопросомъ, является ли такая форма P_2O_5 доступной непосредственно растеніямъ.

На удобрительное значеніе $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ въ видѣ фосфорита въ 3. Европѣ смотрятъ различно: во Франціи при извѣстныхъ условіяхъ его употребляютъ на удобреніе, въ Германіи же очень наклонны считать употребленіе этого вещества на нормальныхъ почвахъ бесполезной затратой; тамъ фосфориты перерабатываются почти исключительно въ суперфосфатъ.

Для того, чтобы лучше разобраться въ этомъ вопросѣ, разчленимъ его на отдѣльныя части, а именно: 1) какъ относятся растенія сами по себѣ къ фосфоритамъ, 2) какова роль почвы, какъ посредника между удобреніемъ и растеніемъ въ данномъ случаѣ. Физиологическія данныя по вопросу объ отношеніи корней растенія къ малорастворимымъ источникамъ минеральной пищи вообще (и P_2O_5 въ частности)

крайне скудны. Не касаясь опытов Сакса ¹⁾ укажем, 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 наличии 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, Дуггъ 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 наличии органическихъ кислотъ въ послѣднихъ является до сихъ поръ спорнымъ.

Не такъ давно появилась работа Чапека, который склоняется къ выводу, что коррозионныя 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 сформовать пластинку съ гладкой поверхностью и помѣстить ее на пути распространенія корней, то коррозионныхъ слѣдовъ не получается; такъ какъ фосфорнокислый глиноземъ растворимъ въ цѣломъ рядѣ органическихъ кислотъ, но не растворяется въ присутствіи одной угольной кислоты, то Чапекъ и заключаетъ, что корни растеній не выдѣляютъ органическихъ кислотъ. Но опытъ этотъ не точенъ, потому что гипсъ нѣсколько растворимъ въ водѣ

¹⁾ Опыты эти обнаружили что если на пути распространенія корней положить полированную мраморную пластинку, то въ мѣстахъ соприкосновенія корни разѣдаютъ поверхность мрамора и она становится матовой по линіямъ прикосновенія, давая отпечатокъ корневой сѣти (чтобы сдѣлать замѣтной эту сѣть издали въ цѣляхъ демонстративныхъ, достаточно слегка натереть мраморную пластинку порошкомъ графита). Это разѣданіе (коррозионныя явленія) обыкновенно приводится какъ доказательство существованія корневыхъ выдѣленій.

²⁾ Biedermanns Centralblatt. 1894, 799.

³⁾ Но все же и у Чапека есть указанія, что напр., у люпина корневые выдѣленія имѣютъ болѣе кислую реакцію, чѣмъ у злаковъ.

(около 2: 1000), поэтому гипсовые 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:

Источникъ фосфор- ной кислоты.	СаНРО ₄	Высуш. при 100°.		При 150°.		Прокаленные.	
		АІРО ₄	FePO ₄	АІРО ₄	FePO ₄	АІРО ₄	FePO ₄
Урожай овса.	30,2	24,0	23,0	21,3	19,5	17,5	3,0 гр.

Такимъ образомъ даже прокаливанье не дѣлаетъ фосфорнокислаго глинозема недоступнымъ корнямъ, какъ это имѣетъ мѣсто для желѣза, а Чапекъ бралъ непрокаленные фосфаты ¹⁾.

Итакъ, послѣ работы Чапека, какъ и до нея вопросъ о природѣ корневыхъ выдѣленій остается нерѣшеннымъ.

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.

По нашимъ опытамъ, опытамъ Лабораторіи Министерства Земледѣлія (въ Лѣсномъ Институтѣ), по даннымъ, полученнымъ въ Бельгій Schreiber'омъ оказывается, что *разныя растенія неодинаково относятся къ фосфоритамъ*. Въ этомъ отношеніи растенія можно раздѣлить на двѣ группы: 1) совершенно не использующія Р₂О₅ фосфоритовъ сами по себѣ, безъ содѣйствія растворяющаго вліянія почвы 2) болѣе или менѣе сильно переводящія Р₂О₅ фосфоритовъ въ усвояемое состояніе; между этими группами существуютъ переходы.

Такъ оказывается, что хлѣбныя злаки совсѣмъ не используютъ Р₂О₅ изъ фосфоритовъ или проявляютъ эту способность въ очень слабой степени.

Вотъ, напр., результаты *песчаныхъ культуръ 1896—97 г. въ нашей лабораторіи* ²⁾:

¹⁾ См. Jahrbücher für wissen fsch. Botanik 1896.

²⁾ „Доступна ли культурнымъ растеніямъ фосфорная кислота фосфоритовъ?“ Д. Н. Прянишникова. Стр. 10—11. См. также „Хозяинъ“ 1897 г.

	Удобр. раств. P_2O_5	Уд. фосфоритомъ.	Урожай на фосфоритъ въ % отъ урожая на растворимой P_2O_5 .
Урожай ячменя.	38,12	4,475—5,525	12—14%
» овса	15,6	1,75—3,35	11—20%
» проса	29,07	0,57	2%
» пшеницы.	12,20	1,15	9,4%

Во вносимыхъ фосфоритахъ содержалось P_2O_5 больше въ 2—5 разъ сравнительно съ нормальной культурой. Насколько мало значение большихъ количествъ фосфорита видно изъ такого произведеннаго у насъ опыта (песчаная культура):

Урожай:	Безъ фосфорной кислоты.	Фосфоритъ (смоленскій).					$CaHPO_4$.
		Въ двойн. количествъ	Четверномъ.	Шестерн.	Восьмерн.	Десятерн. колич.	
пшеницы	1,20	2,50	2,65	2,00	3,15	3,75	14,7
овса	1,40	—	3,50	3,90	6,05	5,33	20,9
ячменя	1,43	—	4,00	3,70	5,00	5,20	24,9

Количествомъ фосфорита такимъ образомъ нельзя возмѣстить его малой растворимости; даже десятерная доза (по сравненіи съ $CaHPO_4$) не помогаетъ, разъ нѣтъ на лицо достаточно активнаго растворителя.

Другое отношеніе къ фосфориту люпина, гречихи, отчасти гороха. Въ нашихъ опытахъ 1897 г. при культурѣ на фосфоритѣ

просо образовало	0,58 гр. сухого вещества.
горчица же около	6 » » »
люпинъ	9 » » »
горохъ	12 » » »

Въ послѣдующихъ опытахъ люпинъ давалъ 16 гр. и гречиха 9 гр., пшеница же, овесъ и ячмень всего 1—2 грамма.

Къ подобнымъ же выводамъ пришелъ Schreiber въ Бельгій, но только онъ работалъ надъ почвами, а не въ песчаныхъ культурахъ (слѣдовательно, въ не столь чистыхъ условіяхъ). У Schreiber'a ¹⁾ получи-

¹⁾ Biedermanns Centralblatt 1897 г. Heft 12. Нужно замѣтить, что группировка Шрейбера въ нѣкоторыхъ случаяхъ не совпадаетъ съ результатами, получаемыми въ песчаныхъ культурахъ; такъ, судя по опытамъ проф. Коссовича, кукуруза и вика не должны стоять въ третьей группѣ; относительно картофеля тоже самое является вѣроятнымъ. Вѣроятно, это несовпаденіе объясняется именно тѣмъ, что Schreiber работалъ въ иныхъ условіяхъ, когда вліяніе почвы не исключалось совершенно.

лись слѣдующія величины прироста урожая на фосфоритѣ ($0,25$ гр. P_2O_5) для различныхъ растений:

Пшеница.	Полба.	} 0 гр.
Рожь.	Ячмень.	
Овесъ.	<i>Avena pratensis</i> .	
Райграсъ.	Табакъ.	} 0,5—2 гр.
Ленъ	Сераделла.	
Пш. клеверъ.	<i>Holcus lanatus</i> .	
Морковь.		
Шпиргель.	Могаръ.	} 3—5,5 гр.
Бѣл. клеверъ.	Люцерна.	
Красн. клеверъ.	Сах. свекла.	
Гречиха.	Картофель.	} 7—22 гр.
Мансъ.	Вика.	
Капуста.	Горохъ.	
Рѣпа.	Горчица.	
Бодопля.		

Въ опытахъ проф. Коссовича (въ лабораторіи М. З. и Г. П.) надъ овсомъ и горохомъ получены такіа данныя ¹⁾ (также песчаная культура):

	Удобр. раств. P_2O_5 .	Удобр. фосфорит.	Урожай на фосфоритъ въ % урожая на раств. P_2O_5 .
Урожай овса	42,0 гр.	4,0—10,1 гр.	9,5—24,0%
» гороха	57,0 »	29,7—30,0 »	52,1—52,0 »

Т. е. горохъ гораздо лучше овса развивался на фосфоритѣ.

Интересно, конечно, судить о доступности фосфорной кислоты не по урожаямъ только, а по дѣйствительному опредѣленію усвоенной растеніемъ P_2O_5 ; въ статьѣ П. С. Коссовича находимъ такіа данныя:

	Урожай на сосудъ.	Количество P_2O_5 въ урожай на сосудъ.
Овесъ: { Удобр. фосфоритомъ	10,1 гр.	0,014 гр.
» { » растворимой P_2O_5	42,0 »	0,136 »
Горохъ: { » фосфоритомъ	30,0 »	0,047 »
» { » растворимой P_2O_5	57,0 »	0,147 »

¹⁾ „Хозяинъ“, 1899, № 50. II-й отчетъ СПБ. Лабораторіи М. З. и Журналъ Опытной Агрономіи 1900, 1901 и 1902 г.г.

При нашихъ опытахъ 1899 года обнаружилось, что гречиха на фосфоритѣ усвоила около 60 mgr. P_2O_5 на сосудѣ, въ то время, какъ хлѣба содержали 4—12 mgr; въ люпинѣ же найдено 97 mgr.

Итакъ, зависитъ ли это отъ разницъ качественныхъ (различія въ выделяемыхъ кислотахъ) или количественныхъ (разныя количества выделяемой CO_2), но несомѣнно, что корни разныхъ растений обладаютъ различной растворяющей способностью.

Отмѣтимъ, что нельзя судить о способности растенія усвоить 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 — мюгаръ — *относительно* лучше (показаніе Schreiber'a).

Всѣ приведенныя цифры относились къ яровымъ хлѣбамъ; для озимыхъ имѣется пока лишь одинъ опытъ въ песчаныхъ культурахъ и данныя этого опыта не обнаружили замѣтныхъ различій на сравненіи съ яровыми ¹⁾. (Отсюда не слѣдуетъ заключать, что шансы на успѣхъ фосфоритнаго удобренія одинаковы для озимыхъ и яровыхъ; см. ниже о вліяніи почвы).

Какъ слѣдовало ожидать на основаніи ранѣе приведенныхъ показаній лимонно-кислой вытяжки, разные фосфориты оказываются не одинаковыми по доступности источниковъ фосфорной кислоты для растенія, а именно подольскій и вятскій фосфориты замѣтно уступаютъ въ этомъ отношеніи фосфориту рязанскому, смоленскому, курскому и костромскому; это видно изъ слѣд. цифръ, полученныхъ методомъ песчаныхъ культуръ.

	Растворимая P_2O_5 .	Относительная высота урожая въ:				
		Рязанск.	Смолен.	Костр.	Вятск.	Подольск.
Овесъ (наши культуры) . . .	100	21,5	17,1	13,0	—	12,2%
Овесъ (лаборат. мин. земл.) .	100	28,6	25,2	24,0	14,0	9,5%
Горохъ (тамъ же)	100	64,4	62,5	52,6	41,6	52,1%
Гречиха (наши культуры) . .	100	45,0	62,0	—	—	29,3%

Но практически 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

¹⁾ См. статью Р. Р. Шредера въ „Извѣстіяхъ Моск. Сельско-Хозяйств. Института“ за 1899 кн. IV.

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 переменныхъ факторовъ, въ частности погоды), подтверждаютъ это. Приведемъ данныя полученныя у насъ въ 1896 году относительно яровой ржи.

П о ч в ы:	Урожай зерна.		Общ. вѣсъ надземн. орган.		Повышеніе урожая въ %.
	Безъ удобренія.	Съ фосфоритомъ.	Безъ удобренія.	Съ фосфоритомъ.	
Черноземъ	1,95	2,30	5,65	5,80	+ 3%
Супесь	1,25	1,50	3,55	4,40	+ 24 »
Подзолъ № 1-й . .	0,40	4,75	3,30	10,75	+ 226 »
Подзолъ № 2-й . .	1,40	3,30	2,35	11,10	+ 372 »

Такимъ образомъ фосфоритъ далъ сильное повышеніе на подзолистыхъ, не культурныхъ почвахъ; черноземъ же совершенно не реагировалъ на это удобреніе. Такъ какъ яровая рожь не могла сама по себѣ пользоваться фосфорной кислотой фосфорита (на основаніи ранѣе изложеннаго), то очевидно подзолистыя почвы подготавливали фосфоритъ, дѣйствовали на него растворяющимъ образомъ, а черноземъ этого дѣйствія не проявилъ, хотя всѣ почвы снабжались влагой въ одинаковой мѣрѣ; такимъ образомъ, это показаніе даетъ поводъ думать, что опыты съ фосфоритами въ черноземной полосѣ были менѣе успѣшны по сравненію съ нечерноземными не вслѣдствіе климатическихъ причинъ, а вслѣдствіе иныхъ свойствъ почвы. Выводъ этотъ подтверждается и послѣдующими опытами (1897 и 1898 гг.).

Въ 1897 году проверено было дѣйствіе фосфоритнаго удобренія на подзолъ № 1-й; результаты были таковы (для яровой ржи):

Удобрѣніе.	Безъ P_2O_5 1 gr. KNO_3 .	1 gr. KNO_3 и 0,54 gr. P_2O_5 въ видѣ:			
		Рязанск.	Куломзинск.	Рославльск.	Подольск.
Ф о с ф о р и т а .					
Урожай надземныхъ частей въ % . .	100%	300%	235%	234%	163%

Въ другомъ опытѣ съ той же почвой сравнивались различныя фосфаты:

Удобрение.	Безъ P_2O_5 1 гр. KNO_3 .	1 гр. KNO_3 + 0,27 гр. P_2O_5 въ видѣ:			
		Суперфосф.	Фосфорита.	Кост. муки.	NaH_2PO_4 .
Урожай въ % отъ неудобр.	100%	153%	141%	154%	175%
То же для зерна.	100	178	168	190	202

Слѣдовательно, *дѣйствіе почвы можетъ измѣнить существенно свойства фосфорита* и приблизить результаты его примѣненій къ результатамъ, полученнымъ отъ болѣе цѣнныхъ фосфатовъ. Отмѣтимъ, что даже подольскій фосфоритъ поддавался активному воздѣйствію со стороны почвы и далъ замѣтный приростъ, хотя и меньше противъ другихъ фосфоритовъ. (Это даетъ поводъ думать, что причина неуспѣха подольскаго фосфорита лежитъ не только въ особенностяхъ самаго удобрения, но и въ томъ, что онъ испытывался на южныхъ, а не на сѣверныхъ, подзолистыхъ почвахъ).

Результаты, подобные дѣйствію подзола на фосфоритъ, получены и для торфянисто-суглинистой почвы XII поля фермы М. С. II.:

	Безъ удобр.	Фосфоритъ.	Фосфоритъ и селитра.	Суперфосфатъ и селитра.
Урожай надземныхъ органовъ (въ % отъ неудобр.)	100	153	250	271

Но и изъ сѣверныхъ (даже подзолистыхъ) почвъ, повидимому, не всѣ реагируютъ на фосфоритъ; можно предполагать, что и эти почвы по мѣрѣ улучшения подъ вліяніемъ обработки и навознаго удобрения мало по малу теряютъ способность воздѣйствовать на фосфоритъ растворяющимъ образомъ.

На основаніи только что приведенной разницы въ дѣйствіи разныхъ почвъ на фосфориты нельзя еще утверждать, что индифферентныя въ этомъ отношеніи почвы никогда не должно удобрять фосфоритами. Возможно, что для люпина, гречихи, гороха и подобныхъ растений фосфоритное удобрение 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 позволить ей черпать P_2O_5 изъ такихъ соединений почвы, которыя хлѣбамъ недоступны и сдѣлаетъ ее нечувствительной къ внесеніи фосфорной кислоты въ любой формѣ? Очевидно это зависитъ отъ того какъ фосфорная кислота той или иной почвы распределится по разнымъ категоріямъ со-

Въ западно-европейской литературѣ неоднократно встрѣчаются попытки установить коэффициенты для использования фосфорной кислоты того или иного фосфата; изъ вышеизложеннаго ясно, что такіе коэффициенты не могутъ быть постоянными, они мѣняются въ зависимости отъ рода почвы и рода растенія; нельзя, напр., вообще утверждать, что фосфорная кислота такого-то фосфорита используется въ 4 раза хуже, чѣмъ P_2O_5 суперфосфата (или коэфф. использования равенъ 25%); можно устанавливать эти нормы лишь оговоривши напередъ, какія почвы и какія группы растеній имѣются въ виду. Можно, напр. выдѣлить растенія съ слабой усвояющей способностью корней и почвы, лишенныя кислыхъ свойствъ, или наоборотъ; въ болѣе тѣсныхъ предѣлахъ возможно получить уже довольно постоянные коэффициенты.

единеній: эти соединенія могутъ быть или 1) одинаково недоступны ни гречихѣ, ни хлѣбамъ (органической Р?) 2) доступны гречихѣ, но недоступны хлѣбамъ (апатитъ и подобные ему фосфаты), 3) доступны всѣмъ растеніямъ (растворимые и «полурасстворимые» фосфаты). Если почва (лишенная кислыхъ свойствъ) содержитъ соединеніе 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 удобрений вообще.

Такимъ образомъ возможны соотношенія очень различныя, въ особенности если принять во вниманіе, что въ большинствѣ случаевъ мы будемъ имѣть условія не рѣзко выраженаго 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 разные растенія показываютъ различное отношеніе къ фосфатамъ (азотистой пищей были обеспечены въ этомъ опытѣ всѣ растенія).

Поэтому показанія песчаныхъ культуръ даютъ болѣе устойчивый матеріалъ для сравнительной оцѣнки продажныхъ фосфатовъ; но вообще говоря эти фосфаты не могутъ быть характеризованы какимъ-либо постояннымъ коэффициентомъ, въ виду того, что использование зависитъ какъ отъ рода растенія, такъ и отъ рода почвы; если имѣть въ виду пока только растеніе и при графическомъ изображеніи расположить на горизонтальной линіи различные фосфаты въ убывающемъ порядкѣ по растворимости, а за ординаты взять относительныя величины урожая, 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 должны 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.		Костяная мука.	Томасовъ шлакъ.	Супер-фосфатъ.
		Подольск.	Смоленскій.			
Хлѣба...	2—5%	5—10%	5—20%	40—60%	60—70%	100%
Горохъ...		—	40 "	70 "	80 "	100 "
Гречиха.		30%	60 "	90 "	100 "	100 "

Эта схема будетъ вѣрна для песчаныхъ культуръ и для тѣхъ почвъ, которыя являются болѣе или менѣе инертной средой, не дѣйствующей замѣтно на вносимое удобрение, но въ очень многихъ случаяхъ приведенныя величины будутъ измѣняться подъ вліяніемъ почвъ, а на почвахъ кислыхъ часто вся картина можетъ быть затуманена, благодаря выравниванію въ дѣйствіи всѣхъ фосфатовъ. Если бы мы пожелали сразу, на одной схемѣ, выразить отношенія между фосфатами, почвами и растеніями то пришлось бы прибѣгнуть къ изображенію въ пространствѣ и тремъ осямъ координатъ; на горизонтальной оси, напр., расположить фосфаты въ порядкѣ ихъ усвояемости, на вертикальной—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.

Но и такая схема не охватываетъ еще затрагиваемыхъ явленій сполна; именно эта схема построена въ предположеніи, что почвы, разсматриваемыя нами, нуждаются въ фосфорнокисломъ удобрении потому, что они бѣдны фосфорной кислотой вообще; между тѣмъ, почвы могутъ содержать разныя формы фосфорнокислыхъ соединений, изъ которыхъ одни растенія могутъ использовать большія, другія меньшія количества; поэтому одна и таже почва можетъ то реагировать на фосфорнокислое удобрение, то относиться къ нему совершенно безразлично, смотря по тому, какое растеніе мы возьмемъ для опыта; основными, на нашъ взглядъ, являются слѣдующіе четыре случая:

А. Никакія фосфорнокислыя удобрения не дѣйствуютъ ни на какія культуры; очевидно, это имѣетъ мѣсто въ томъ случаѣ, когда почва богата фосфорной кислотой въ удобоусвояемой формѣ.

В. Растворимая фосфорная кислота удобрений 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 соединений, и не нуждаются въ удобрении).

С. Растворимая фосфорная кислота удобрений 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.

Д. Всѣ фосфаты (въ томъ числѣ и фосфоритъ) дѣйствуютъ на всѣ культуры; очевидно, почва, при общемъ недостаткѣ въ фосфорной кислотѣ, обладаетъ ясно выраженными кислыми свойствами.

Вопросъ о кислотности почвъ надлежитъ конечно дальнѣйшему изслѣдованію; пока мы можемъ лишь указать на то, что эта «кислотность» видимо можетъ быть иногда повышена внесеніемъ другихъ (сопутствующихъ фосфатамъ) удобрений въ формѣ физиологически-кислыхъ солей; по крайней мѣрѣ опыты 1900 года для песчаныхъ культуръ съ ясностью показали, что введеніе солей амміака въ качествѣ источника азота существенно измѣняетъ условіе использования фосфатовъ, дѣлая даже фосфориты матеріаломъ доступнымъ для хлѣбныхъ злаковъ. Можно думать, что и въ почвѣ соли амміака должны способствовать растворенію фосфатовъ той избыточной кис-

лотой, которая остается послѣ ихъ использования растеніемъ, будетъ или это использование 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 соединений, 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 чистому сѣрникоисл. амміаку, то вмѣстѣ съ введеніемъ солей аммонія (среднихъ) повышается кислотность среды отъ причинъ физиологическихъ (накопленіе избыточной сѣрной кислоты) и фосфоритъ подвергается растворенію, какъ бы на мѣстѣ потребления превращаясь въ суперфосфатъ; вотъ относящіеся къ этому опыту цифры.

Источникъ азота.	NaNO_3	$\frac{3}{4}\text{NaNO}_3$ $\frac{1}{4}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\frac{1}{2}\text{NaNO}_3$ $\frac{1}{2}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\frac{1}{4}\text{NaNO}_3$ $\frac{3}{4}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
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

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 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, то здѣсь растенія пострадали отъ слишкомъ кислой реакціи, и дали малые урожаи несмотря на избытокъ (относительный) воспринятой фосфорной кислоты (подробности см. въ нашемъ отчетѣ о вегетаціонныхъ опытахъ за 1900 годъ).

Насколько возможно этой растворяющей способностью солей аммонія, столь ясной въ песчаныхъ культурахъ, воспользоваться на практикѣ, объ этомъ пока трудно судить безъ дальнѣйшихъ опытовъ; во всякомъ случаѣ, при сравнительныхъ опытахъ нельзя считать замѣну селитры сѣрникоислымъ амміакомъ—безразличной. Замѣтимъ, что и азотнокислый аммоній также обладаетъ растворяющей способностью, хотя и смягченной по сравненіи съ сѣрникоислымъ; причина этого отчасти лежитъ въ возможности нитрификаціи, а отчасти, по-

видимому, и внѣ этого обстоятельства (подробности должны войти въ отчетъ по культурамъ за 1901—1902).

Итакъ въ рядѣ фосфатовъ мы имѣемъ матеріалы 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 растений (гречиха, люпинъ и проч.), а отчасти и подъ вліяніемъ нѣкоторыхъ сопутствующихъ удобрений (физиологически-кислыя соли).

Дѣйствіе фосфатовъ на растенія. Условія ихъ примѣненія.

Что касается до вліянія фосфорнокислыхъ удобрений на растенія, то можно сказать, суммируя многочисленные опыты съ *хлѣбами*, что P_2O_5 часто повышаетъ въ урожаѣ отношеніе зерна къ солому.

Вагнеръ настаиваетъ, что этотъ результатъ обуславливается не специфическимъ дѣйствіемъ фосфорно-кислаго удобрения, а соотношеніемъ питательныхъ веществъ въ почвѣ, именно, обыкновенно въ почвахъ P_2O_5 находится въ *минимумѣ*, развитіе зерна при такомъ ненормальномъ условіи подавляется; внесеніе въ почву P_2O_5 восстанавливаетъ (увеличиваетъ) нормальное отношеніе зерна къ солому.

Такъ какъ въ почвахъ старой культуры P_2O_5 обыкновенно находится въ относительномъ *минимумѣ*, то вышеприведенная законность остается въ силѣ и при такомъ толкованіи ея причинъ.

Большей частью опытъ обнаруживаетъ, что и наши почвы нуждаются въ P_2O_5 , при томъ не только сѣверныя, но и черноземныя; таковы, напримѣръ, аналитическія данныя полученныя А. М. Жуковымъ для многихъ почвъ Харьковской губерніи, съ параллельнымъ подтвержденіемъ при многочисленныхъ полевыхъ опытахъ. Тоже наблюдается часто при опытахъ вегетаціонныхъ; такъ, черноземъ Полтавской губерніи (изъ Карловки) сильно реагировалъ на P_2O_5 при нашихъ опытахъ (въ сосудахъ), и пока фосфаты не внесены, удобрение N и K не дѣйствуетъ, слѣд., P_2O_5 находится въ рѣзко выраженномъ *минимумѣ*; это показываютъ слѣдующія цифры:

	Урожай на сосудѣ.
Безъ удобрения	11,8 gr.
Удобрено N	9,5 »

Удобрено	K + N	Урожай на сосудъ.	9,9 gr.
»	K		10,1 »
»	P ₂ O ₅		28,5 »
»	N + P ₂ O ₅		39,5 »

Зерновые бобовые также сильно реагируют на фосфорнокислые удобрения в подобных условиях; они содержат в урожае больше P₂O₅, чем злаки. Впрочем, не нужно забывать, что отзывчивость к удобрению стоит в связи не только с содержанием P₂O₅ в урожае, но еще и с усвояющей способностью корневой системы; поэтому, быть может мыслимо, что, напр., люпин в некоторых случаях может не реагировать на внесение фосфата, когда хлеба на него реагируют, потому что люпин способен взять P₂O₅ из таких соединений в почве, которые хлебам недоступны; по той же, вероятно, причине при наших опытах с Карловской почвой гречиха не реагировала на P₂O₅ при совершенно тех же условиях, при которых пшеница проявила очень резкую реакцию.

Что касается *корнеплодов* и *клубнеплодов*, то можно сказать о фосфатах в общем, что обычно они, увеличивая урожай, не склонны понижать качество продукта (в отличие от азотистых удобрений); чаще наблюдается обратное: % содержание сахара в свекле и крахмала в картофеле повышается под влиянием фосфатов.

Поэтому фосфаты охотно вносят совместно с азотистыми удобрениями, чтобы парализовать понижающее влияние последних на качество свеклы; вот пример из одного опыта сделанного во Франции:

	Сахаристость.	Доброкачествен.
Без удобрения	15,23%	84,8
+ Селитра	14,83 »	82,2
Селитра и суперфосф.	16,17 »	85,8

Подобный пример для Воронежской губ.:

	Урожай (берк.).	Сахаристость.	Доброкач.
Без удобрения	56,2	12,46%	76,7
Селитра	64,8	12,67 »	76,8
Селитра + суперфосфат	103,2	14,34 »	80,1

(См. Извѣстія Петровской Академіи за 1889 г., стр. 239).

Подобное же действие суперфосфата на свеклу обнаружилось в целом ряде опытов Я. М. Жукова и других лиц за несколько лет в имениях Харитоненко, так же на опытных полях «Общества сахарозаводчиков», организованных С. Л. Франкфуртом; при этом в России привился иной способ распределения удобрений, нежели обычный в Зап. Европе, именно — *мѣстное внесение*, с помощью особых (комбинированных) сѣялок, которые имеют два ящика и два ряда сошников: передние идущие глубже для высѣва удобрения, задние — для высѣва сѣмян в те же рядки, на несколько меньшую глубину; это позволяет значительно удешевить применение суперфосфата, так как здесь требуются для достижения того же эффекта меньшие количества удобрения, чем при сплошном внесении; так, 10 пудов суперфосфата позволяет обычно достигнуть полного эффекта, тогда как при разбросном внесении удобрения потребовалось бы не менее 20 пудов; даже 5 пудов (20% суперфосфата) оказывают весьма значительное действие при рядовом внесении (в сухой год эта доза может даже оказаться и наиболее рентабельной).

Что касается причины этого преимущества рядового внесения суперфосфата, то наиболее вероятным является следующее объяснение: при рядовом способе суперфосфат не смѣшивается со всей массой почвы, следовательно не соприкасается с большими количествами соединений извести, железа и глинозема, вызывающих ретроградацию фосфорной кислоты, переходя ее в менее растворимое, а постепенно и в менее усвояемое состояние; оставаясь долѣ легко усвояемой, фосфорная кислота суперфосфата в этих условиях полнее используется. Быть может, и самая форма распределения не безразлична для растений.

Дѣйствие фосфатов на картофель подобно действию на свеклу; также рядовой способ внесения заслуживает широкого испытания при культуре картофеля и других пропашных растений.

При удобрении лугов фосфорная кислота влияет на соотношение растений разных семейств в травяных смесях: опыты показывают, что при удобрении фосфатами процент бобовых часто увеличивается на счет злаковых.

Такое изменение соотношения бобовых и злаковых понятно: злаковые способны отзываться на вносимую P₂O₅ лишь до предѣла, определяемого содержанием усвояемого N в почве, бобовые же этого предѣла не имеют, так как шансов в борьбу за существование у них становится больше по сравнению со злаковыми,

чѣмъ было до внесенія фосфатовъ. Вотъ примѣръ рѣзкаго дѣйствія P_2O_5 въ указанномъ направленіи изъ опытовъ Шретера и Штеблера въ Швейцаріи:

	Безъ удобрения.	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 удобренья.

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 калийное удобрение).

Говоря о фосфорнокислыхъ удобренияхъ, слѣдуетъ отмѣтить, что они въ разной степени способны проявлять «послѣдствіе», т. е., давать извѣстный эффектъ не только въ годъ внесеніе въ почву, но и въ послѣдующіе года.

Послѣдствіе для суперфосфата невелико, такъ какъ съ определеннымъ количествомъ его вносится меньше P_2O_5 , чѣмъ при другихъ фосфорнокислыхъ удобренияхъ; 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 удобренияхъ, 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 использования. Извѣстенъ рядъ случаевъ, когда дѣйствіе фосфатовъ было замѣтно на трехъ послѣдующихъ растеніяхъ; иногда оно растягивается на еще болѣе длинный срокъ (при внесеніи значительныхъ количествъ).

Чтобы закончить разсмотрѣніе фосфорнокислыхъ удобренья, нѣсколько остановимся на условіяхъ примѣненія ихъ. Выборъ матеріала обуславливается 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 удобрения и свойства почвы, и особенности растеній, на каковыя было указано выше.

Такъ какъ количество P_2O_5 въ разныхъ фосфорнокислыхъ тукахъ

(даже одного названія) значительно колеблется, то количество удобрения на единицу площади лучше выражать въ пудахъ P_2O_5 .

Нормой для нерастворимыхъ фосфатовъ (фосфоритовъ) считаютъ такое количество ихъ, которое содержитъ 6 п. P_2O_5 ; но иногда предпочитаютъ вносить съ этими удобрениями 9 п. P_2O_5 .

Что касается суперфосфата, то такое количество его (на десятину), которое содержитъ 6 п. P_2O_5 , является максимальнымъ при разбросномъ высѣвѣ; обыкновенно съ суперфосфатомъ вносятъ 2—4 п. P_2O_5 .

Въ видѣ томасова шлака обыкновеннаго вносятъ раза въ $1\frac{1}{2}$ болѣе, а въ видѣ костяной муки раза въ два болѣе фосфорной кислоты чѣмъ въ суперфосфатѣ; но, какъ было ранѣе отмѣчено, кислыя почвы могутъ нивелировать дѣйствіе фосфатовъ; тогда дозы могутъ быть и понижены.

Обыкновенно малорастворимые фосфаты вносятся заблаговременно, напр., подъ яровые — осенью, причемъ рассчитываютъ на то, что часть фосфорной кислоты перейдетъ въ растворъ къ началу роста растеній; по этой же причинѣ часто фосфорнокислыя удобрения (нерастворимыя и полурстворимыя) вносятъ заблаговременно и въ паровое поле; нужно думать, что лучшіе результаты при примѣненіи фосфоритовъ подъ озимые по сравненію съ яровыми зависятъ именно отъ болѣе долгаго соприкосновенія и измѣненія фосфорита подъ вліяніемъ почвы. Суперфосфатъ можетъ быть вносимъ и непосредственно передъ посѣвомъ, если мы имѣемъ дѣло съ нормальной почвой, но при этомъ его избѣгаютъ смѣшивать для разбрасыванія съ сѣменами, такъ какъ кислая реакція $Ca(H_2PO_4)_2$ можетъ вредно отразиться на проростаніи сѣмянъ.

Во всѣхъ случаяхъ фосфорнокислое удобрение должно быть хорошо запахано и заборонено, вообще, тщательно перемѣшано съ почвой для возможно равномернаго распредѣленія легко поглощаемой фосфорной кислоты. Съ этой цѣлью рекомендуютъ фосфориты разсыпать по первой пахотѣ; по невспаханной землѣ разсыпать ихъ менѣе удобно, такъ какъ тогда ихъ труднѣе хорошо смѣшать съ почвой (Костычевъ).

С. Калийныя удобрения.

Калий является элементомъ столь же необходимымъ для растеній какъ фосфоръ; ¹⁾ въ природѣ онъ встрѣчается въ большихъ количе-

¹⁾ См. Willfarth, Ueber Bedeutung des Kalium's für Pflanzenleben (русскій рефератъ — въ Журналѣ Опытной Агрономіи за 1902 г.).

ствахъ, 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 песчанья 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 извѣст при навозномъ удобреніи. Но подобныя нормы, конечно, слишкомъ относительны. — провести 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 растений; такъ, по опытамъ проф. Вотчала (Кіевъ) и нашимъ слюда отдаетъ растеніямъ нѣкоторыя количества кали; притомъ вопреки обычно принятому представленію количества эти болѣе значительны, чѣмъ въ случаѣ полевого шпата, который въ условіяхъ песчаныхъ культуръ оказался чрезвычайно плохимъ источникомъ кали (примѣръ: урожай безъ калия—0,5 гр., съ полевымъ шпатомъ—0,8 гр., со слюдой—3,2 гр.; съ растворимыми солями—до 23 граммовъ).

Понятно, что показанія солянокислой вытяжки не идутъ параллельно съ общимъ содержаніемъ K_2O въ почвѣ. Мюнцъ 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%

То-есть, солянокислая вытяжка содержала одинаковыя количества калия при весьма различномъ общемъ содержаніи его въ почвахъ.

У Меркера при анализѣ цѣлаго ряда почвъ содержаніе K_2O въ солянокислой вытяжкѣ колебалось отъ 0,36—0,46%.

Итакъ, почвы содержатъ больше кали, чѣмъ фосфорной кислоты, даже если судить по солянокислой вытяжкѣ; но и растенія берутъ въ урожаяхъ кали въ большихъ количествахъ; такъ,

	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 извѣстъ 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 вносятся еще кали, заключающееся въ луговомъ сѣнѣ, которое скормливается скоту; сѣно содержитъ значительныя количества K_2O въ золѣ.

Въ упомянутомъ ранѣе хозяйствѣ Крузіуса 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» растений, 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 калийное удобреніе; объединеніе почвы калиемъ по мнѣнію Либиха было вѣроятной причиной явленія, извѣстнаго подъ именемъ «свеклоутомленія почвы».

Но когда были открыты стассфуртскія залежи калийныхъ солей и явилась возможность практическаго примѣненія калийныхъ удобрений, то оказалось, что свекла и клубнеплоды мало реагируютъ на вносимыя въ этой формѣ калийныя удобрения.

Это обстоятельство не могло не броситься въ глаза; его сопоставили съ другимъ (тогда еще необъясненнымъ фактомъ), что бобовыя, уносящія много азота въ урожаѣ, мало реагируютъ на азотистыя удобрения.

Изъ сопоставленія обоихъ фактовъ попытались сдѣлать выводъ обратный Либиховскому, что растеніе тѣмъ меньше нуждается во внесеніи извнѣ въ почву какого нибудь элемента, чѣмъ больше содержится его въ урожаѣ, такъ какъ (по этому толкованію) очевидно, что растеніе само умѣетъ себя обезпечить тѣмъ, чего въ немъ должно быть много; а нужно снабдить его тѣмъ, что оно съ трудомъ добываетъ. Но ни тотъ, ни другой принципъ не можетъ быть принятъ прямо къ руководству; такъ, изъ названной группы растеній не все ведутъ себя одинаково, напр., табакъ хорошо реагируетъ на калийное удобрение, а свекла—слабѣе, хотя оба растенія содержатъ много кали въ золѣ. На самомъ дѣлѣ отзывчивость растенія къ тому или иному удобрению зависитъ какъ отъ размѣровъ потребления данного вещества, такъ и отъ той легкости, съ какою растеніе усваиваетъ его; въ формулѣ (предположительной), выражающей потребность растенія въ удобрении первая величина должна стоять въ числитель, а вторая—въ знаменатель.

Материаломъ для калийнаго удобрения служатъ 1) различного рода отбросы, преимущественно зола, 2) залежи калийныхъ солей въ Стассфуртѣ (Германія) и нѣкоторыхъ другихъ мѣстностяхъ.

Зола, получаемая при сжиганіи веществъ растительнаго происхожденія, должна замѣнять болѣе или менѣе калийныя удобрения, такъ какъ все растенія нуждаются и содержатъ въ себѣ кали. Обыкновенно, зола древесныхъ породъ получается въ качествѣ отброса при топкѣ. Въ ней содержится не только кали, но и фосфорная кислота, такъ что зола является и фосфорнокислымъ удобрениемъ, какъ это видно изъ нижеслѣдующихъ цифръ.

	K_2O	P_2O_5
Зола березы содержитъ .	13%	7%
» осины » .	10 »	6 »
» дуба » .	6 »	2 »
» сосны » .	6 »	4 »

Содержаніе K_2O въ стебляхъ нѣкоторыхъ растеній полевой культуры еще выше.

Подсолнечникъ (стебли) содержитъ .	14% K_2O въ золѣ.
Гречиш. солома	» 25 »
Ржаная »	» 18—20 »
Зола кизяка	» 11 »

Иногда въ приморскихъ районахъ для удобрения пользуются золой морскихъ растеній, водорослей, содержащей около 18% K_2O (Fucus'ы).

Такой составъ имѣетъ зола въ томъ случаѣ, если она не подвергалась выщелачиванію дождевыми водами или выщелачиванію намѣренному (въ цѣляхъ полученія K_2CO_3).

Зола, подвергнутая выщелачиванію, теряетъ уже свою цѣнность, какъ источникъ калия, хотя относительно обогащается P_2O_5 , остающейся въ видѣ известковаго фосфата.

Съ золой вышеназванныхъ материаловъ не можетъ сравниться зола торфа и каменнаго угля.

Торфъ обычно бѣденъ зольными веществами (не говоря о механическихъ примѣсяхъ) и кали въ особенности; для техническихъ цѣлей онъ цѣнится тѣмъ выше, чѣмъ меньше содержитъ золы.

Вотъ составъ одного образца торфяной золы (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 соединений Ca .

На десятину вносится 70—100, иногда 200 пудовъ золы, въ зависимости отъ количества содержащагося въ ней калия. Золы выщелоченной вносятъ большія количества, хорошо сохранившейся — меньшія.

Наилучшій эффектъ она оказываетъ на кислыхъ торфяныхъ почвахъ. Надо имѣть въ виду одну отрицательную сторону примѣненія 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.

Стассфуртскія соли. Богатѣйшимъ источникомъ калийныхъ удобрений являются соляныя копи въ Стассфуртѣ. Въ немногихъ словахъ исторія разработки ихъ такая. Разработка Стассфуртскихъ залежей каменной соли производилась уже давно, но въ сороковыхъ годахъ текущаго 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*—сѣмочная соль) и добывали только каменную соль, но съ 1862 года стала производиться въ обширныхъ размѣрахъ разработка этихъ солей преимущественно въ цѣляхъ получения калиевыхъ препаратовъ для потребностей фабрично-заводскаго и сельско-хозяйственнаго промысла¹⁾.

Отложеніе солей въ Стассфуртскомъ бассейнѣ совершалось продолжительное время между образованіемъ верхняго цехштейна, принадлежащаго пермской системѣ, и пестраго песчаника, относящагося къ нижнему триасу. 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; 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.

Точно такъ теперь идетъ отложеніе на днѣ Мертваго моря солей, приносимыхъ р. Иорданомъ. Только при новомъ и новомъ притоцѣ воды, содержащей соли, возможно было образованіе такихъ мощныхъ отложеній, какія находятся въ Стассфуртѣ; если бы мы отдѣлили часть океана и дали водѣ испариться (безъвозобновленія ея), то получился бы гораздо меньшій слой соли.

Въ верхнихъ слояхъ каменной соли въ ней подмѣшивается *полигалитъ*, состоящій изъ 45,2% CaSO_4 , 19,9% MgSO_4 , 28,9% K_2SO_4 ; количество этой подмѣси постепенно увеличивается къверху. Верхній слой каменной соли получилъ названіе *полигалитовой* области. Выше расположенъ *кизеритовый поясъ*, отличающійся преобладаніемъ горькихъ солей; приблизительный его составъ такой: 65% NaCl , 17% $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (кизерита) и 13% $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (карналлита). Надъ

¹⁾ См. Maercker, *Kalidüngung* и М. Неймайръ. „Исторія земли“, т. II, стр. 648.

кизеритовымъ находится *карналлитовый поясъ*, а мѣстами—*каинитовый*. Карналлитовый поясъ приблизительно состоитъ изъ 25% NaCl , 16% кизерита и 55% карналлита съ каинитомъ ($\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).

Каинитовый слой, повидимому, вторичнаго происхожденія: при процессахъ дислокаціи этотъ слой былъ выдвинутъ и подвергнулся выщелачиванію.

Надъ карналлитовымъ и каинитовымъ поясомъ находится тонкій слой глины (съ примѣсью солей), далѣе мощный слой ангидрита, а сверху вторичный слой NaCl (на который наткнулись первоначально при буреніи) и согласно напластованные глинистые сланцы, песчаники и известняки, относящіеся къ нижнему триасу.

По отложеніи каменной соли изъ морской воды маточный рассолъ осаждаетъ другія содержащіяся въ немъ соли лишь въ особенно благоприятныхъ условіяхъ; выдѣлившіеся изъ него соли легко растворяются вновь, вслѣдствіе чего въ большинствѣ соляныхъ мѣсторожденій не встрѣчаются горькія и калийныя соли.

Послѣднія сохранились въ Стассфуртѣ лишь благодаря тому обстоятельству, что онѣ были прикрыты слоемъ глины, такъ что, когда послѣ выдѣленія ихъ произошло новое наступаніе моря, прежнія отложенія остались нетронутыми.

Надо, прочемъ, замѣтить, что наиболѣе интересные съ сельскохозяйственной точки зрѣнія калиеносные слои занимаютъ далеко не всю площадь Стассфуртско-эгельнской котловины (площадью въ 25 кв. миль): въ нѣкоторыхъ мѣстахъ калийныхъ солей нѣтъ совсѣмъ, въ другихъ—очень мало.

Каинитъ ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ или, по другимъ авторамъ, $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) является наиболѣе важнымъ рыночнымъ продуктомъ изъ стассфуртскихъ солей; кромѣ минерала «каинита», онъ содержитъ въ себѣ довольно много хлористаго натра (около 35%), вслѣдствіе чего фирмы гарантируютъ содержаніе въ каинитѣ лишь 12% калия вмѣсто того, что требуется по формулѣ. Въ общемъ продажный каинитъ на половину состоитъ изъ хлористыхъ солей. Онъ представляетъ кристаллическую сѣроватую или красноватую массу, въ размолотомъ состояніи гигроскопическую и поэтому сплывающуюся вновь въ сплошныя массы, почему въ молотый продуктъ для предохраненія отъ сапыванія иногда прибавляютъ 2%—2,5% торфяного порошка, если желаютъ хранить его въ молотомъ состояніи.

Карналлитъ $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ не пользуется такимъ распространеніемъ какъ каинитъ, вслѣдствіе большаго содержанія хлора, по этому прежде употреблялся лишь для дальнѣйшей химической пере-

работки; но когда сдѣлалось извѣстнымъ, что не всѣ растения чувствительны къ хлору, то стали употреблять и его на удобрение. Фирмы гарантируютъ содержаніе 9% K_2O . 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 богаче остальныхъ.

Полиалитъ, состоящій изъ сѣрнокислыхъ солей, содержитъ: 10—15% K_2O ; залежи его сравнительно невелики.

Какъ продажныя калийныя удобрения, наибольшаго вниманія заслуживаютъ карналлитъ и каинитъ. Онѣ поступаютъ въ продажу преимущественно въ сыромъ видѣ, такъ какъ всякая очистка значительно удорожаетъ продуктъ. Но по мѣрѣ удаленія отъ Стассфурта могутъ наступать условія, при которыхъ выгоднѣе покупать болѣе концентрированныя удобрения, такъ «40% калийная соль» можетъ тогда конкурировать съ каинитомъ (при оцѣнкѣ на единицу вѣса K_2O), тѣмъ болѣе, что при ея внесеніи мы вносимъ на то же количество кали меньшую сумму солей, имѣющихъ побочныя неблагоприятныя вліянія.

Важнымъ условіемъ успѣшнаго примѣненія стассфуртскихъ солей—является достаточное количество влаги въ почвѣ; помимо причинъ общихъ для каждаго удобрения, здѣсь считается опаснымъ повышение концентрации вслѣдствіе присутствія въ удобрении или образованія въ почвѣ такихъ солей, какъ $MgCl_2$ и $CaCl_2$, вредныхъ для растительности при невысокой уже концентрации. Взглядъ Меркера на то, что стассфуртскія соли, какъ вещества гигроскопическія, даже обогащаютъ почву влагою и что на поляхъ, удобренныхъ этими солями, растения 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 растения 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 физиологически-кислымъ, солямъ, т. е. такимъ, изъ которыхъ растения могутъ усвоить только основанія или потребленіе основанія превышаетъ потребленіе кислоты, а кислота остается въ почвѣ и постепенно накапливается.

Такъ, напр., изъ KCl , K_2SO_4 потребляется въ большомъ количествѣ K , а въ Cl растения почти не нуждаются, точно такъ же остается

изъ второй соли избытокъ SO_3 . Въ почвѣ черезъ нѣкоторое время получается избытокъ кислотъ, для нейтрализаціи которыхъ и служитъ известь.

Кромѣ того, при удобрении этими солями почва обдѣняется известью независимо отъ потребленія ея растениями. При внесеніи KCl въ почву калий поглощается ею и вмѣсто него выделяется эквивалентное количество кальція ($CaCl_2$), который постепенно вымывается дождевыми водами въ нижніе слои; потребность почвы въ извести поэтому повышается.

Наконецъ, при употребленіи стассфуртскихъ солей надо имѣть въ виду, что строеніе почвы мѣняется въ неблагоприятную сторону: является наклонность къ ухудшенію физическаго строенія и образованію корки. Неблагоприятное въ этомъ направленіи дѣйствіе стассфуртскихъ солей въ извѣстной мѣрѣ парализуется внесеніемъ извести.

Наивысшій эффектъ отъ этихъ удобрений получается, конечно, тогда, когда именно только калий находится въ minimumѣ; слѣд., часто приходится заботиться о внесеніи предварительно P_2O_5 или N .

Такъ, напр., въ одномъ опытѣ безъ удобрения на лугу урожай сѣна былъ	2200 килогр.
При удобрении каинитомъ	2300 »
» » фосфоритомъ	2500 »
» » фосфор.+каинитъ	4350 »

Соли въ почву должны быть внесены заблаговременно, не вмѣстѣ съ сѣменами, чтобы отъ излишняго (мѣстнаго) повышенія концентрации не пострадала всхожесть, чтобы соли успѣли распредѣлиться, циркулируя съ почвенной влагой, въ большемъ слое почвы. Особенно заблаговременно вносятъ эти соли при культурахъ растений, не выносящихъ избытка Cl ; тогда этотъ послѣдній долженъ быть выщелоченъ въ подпочву, что съ успѣхомъ достигается осенними и весенними водами при внесеніи этого удобрения съ осени.

Травы выеѣаемыя на поляхъ и луговая растительность потребляютъ большія количества кали. урожай сѣна въ 240 пуд. беретъ до 4 пудовъ K и лишь 1 пудъ 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 калийныя удобрения и за границей часто употребляютъ до 50 пуд. каинита на десятину; обычно же потребляется вдвое меньше. При оцѣнкѣ каинита на мѣстѣ въ 13 коп. за пудъ (близъ

Стассфурта) даже такіа высокіа дозы могутъ окупаться при интенсивномъ хозяйствѣ. И здѣсь лучше всего примѣнять калийныя удобрения съ осени, для того чтобы соли могли проникнуть въ почву. Замѣчено, что лучше всего соли эти дѣйствуютъ на бѣдныхъ зольными веществами лугахъ подвергавшихся заболачиванію (торфянистыхъ), на супесчаныхъ, песчаныхъ и известковыхъ, и менѣе замѣтно на суглинистыхъ и глинистыхъ почвахъ.

Подъ вліяніемъ этихъ удобрений замѣчается перемена луговой растительности. Большинство опытовъ указываютъ на исчезновение мха, осоки и другихъ кислыхъ травъ; начинаютъ преобладать овсяница, лисохвостъ, мятлики, клевера, *Lathyrus* и др. Въ общемъ повышается процентъ бобовыхъ; вотъ напр. весьма рельефный случай повышения урожая съ одновременнымъ измѣненіемъ ботаническаго состава (опытъ проф. Книрима въ Ригѣ):

	1886 г.	1887 г.	1888 г.
Безъ удобрения	613 ф.	644 ф.	1264 ф. сѣна.
12 пудовъ каинита . .	1448 »	1268 »	1448 » »
12 пудовъ каинита и			
18 п. том. шлака . . .	1795 »	2568 »	2136 » »

1886 г. Содержаніе бобовыхъ, злаковъ и др. семействъ:

Безъ удобрения . . .	8%	75%	17%
Каинитъ	22%	65%	13%
Шлакъ+каинитъ . .	27%	63%	10%

Такимъ образомъ въ этомъ случаѣ весьма энергичное дѣйствіе удобрения наблюдалось не только въ годъ внесенія его, а и въ слѣдующіе годы.

Въ нашемъ небольшомъ опытѣ на Жабенскомъ лугу мы также наблюдали появленія бобовыхъ подъ вліяніемъ каинита (см. стр. 77).

Измѣненіе въ составѣ флоры часто слѣдуютъ за однократнымъ внесеніемъ удобрения, но сильнѣе сказываются при повтореніи его.

Относительно хлѣбныхъ растений оказывается, вопреки ожиданіямъ (ср. возвращеніе кали съ соломой и пр.), что они часто отзываются на калийныя удобрения. Вліяніе это на бѣдныхъ почвахъ сильнѣе и повышение урожая на бѣдныхъ почвахъ для хлѣбовъ является общимъ правиломъ. Овесъ и рожь реагируютъ лучше, чѣмъ пшеница, что стоитъ очевидно въ связи съ посѣвомъ первыхъ двухъ растений на болѣе бѣдныхъ почвахъ по сравненію съ почвами «пшеничными». Ячмень для пивоваренія охотно удобряютъ калийными солями. Зерновые бобовыя реагируютъ на калийныя удобрения благоприятно и пер-

вый случай удачнаго примѣненія этихъ удобрений былъ именно съ этими растениями у Шульца въ Люпицѣ.

Картофель, свекла на каинитъ и вообще калийныя удобрения реагируютъ плохо и подчасъ получаютъ даже нежелательные результаты отъ примѣненія этихъ удобрений въ смыслѣ ухудшенія ихъ состава, причемъ вызывается пониженіе % крахмала и сахара подъ вліяніемъ хлора.

Напр., безъ удобр. получено 89 центи. съ содерж. крахмала 18.2%
» съ каинитомъ. . . . 103 » » » 15.6 »

Тоже самое получается, если каинитъ примѣняется съ навозомъ.

Безъ удобр. получено 101 центи. на дес. картофеля; крахмала 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. Кромѣ ухудшенія состава картофеля замѣчается и ухудшеніе вкуса, увеличеніе содержанія азота, и вообще какъ бы запаздываніе созрѣванія клубней. Что въ подобныхъ случаяхъ вліяетъ не К, а именно Cl, подтверждается внесеніемъ K_2CO_3 , употребленіе котораго не сопровождается вредными послѣдствіями.

Свекла понижаетъ подъ вліяніемъ Cl процентъ сахара и повышаетъ количество несахара, т. е. веществъ переходящихъ въ сокъ и состоящихъ изъ солей, бѣлковъ и проч. Этотъ несахаръ мѣшаетъ кристаллизацию сахара. 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 удобрения всего 0.6% хлора.
» » » съ удобрениемъ KCl 20.1 » »

Сгораемость табака понижается и онъ становится менѣ ароматнымъ. Поэтому приходится избѣгать подъ табакъ удобреній, содержащихъ много хлора (если только культивируются болѣе цѣнные сорта).

Прадильныя растенія—ленъ и конопля съ успѣхомъ используютъ калийныя удобренія, несмотря на примѣсь хлористыхъ солей. Вообще замѣчено, что на растенія, культивируемыя изъ за стеблей, калийныя соли дѣйствуютъ всегда болѣе благопріятно.

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).

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 (твердые и жидкія изверженія животныхъ съ одной стороны и подстилка съ другой) представляютъ изъ себя растительные продукты, отчасти измѣнившіеся при прохожденіи черезъ организмъ животного 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: усвояемую и неусвояемую; послѣдняя выдѣляется изъ организма въ видѣ твердыхъ изверженій, а первая 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. Поэтому 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 Н и С отъ состава усвоенной части пищи, но усвояемый азотъ выдѣляется изъ организма весь этимъ путемъ при обычныхъ условіяхъ, (если не принимать во вниманіе прироста мяса,

шеніе въ содержаніи воды и азота для различныхъ группъ с. х. животныхъ.

Такъ, у рогатаго скота воды въ изверженіяхъ	87%	азота	0,4%
» лошадей	78 »	»	0,7 »
» овецъ	68 »	»	0,9 »

Другая составная часть навоза — *подстилка* играетъ двойную роль: — отъ нея требуется обезпеченіе чистоты и мягкости ложа для скота съ одной стороны и, что для насъ здѣсь болѣе важно, она должна задерживать жидкія изверженія и тѣмъ предохранять отъ потерь вещества важныя для удобренія; вмѣстѣ съ тѣмъ для насъ не безразлично содержаніе въ ней питательныхъ веществъ, такъ какъ впоследствии онѣ цѣликомъ переходятъ въ навозъ. На ходъ разложенія навоза подстилка также не остается безъ вліянія, обуславливая напр. большую рыхлость его, слѣд., болѣе доступъ воздуха, или наоборотъ.

Матеріалъ для подстилки употребляется крайне различный; въ преобладающемъ числѣ случаевъ употребляется для подстилки солома злаковыхъ; кромѣ того, употребляется солома другихъ растений, древесная листва, торфъ, стружки, мохъ и т. п.

Если руководиться въ оцѣнкѣ соломы злаковыхъ, какъ подстилки, количествомъ воды, которое можетъ удержать она, то съ этой стороны солома должна занять одно изъ первыхъ мѣстъ. Такъ напр. при опытахъ поглощенія воды соломой и другими матеріалами, употребляющимся въ качествѣ подстилки, оказалось, что

Солома злаковъ на 100 частей удерживаетъ	180—280	част. воды.
» гороха	280	» »
Листья дуба	162	» »
» бука	400	» »
Верескъ	100	» »
Хвоя	150—250	» »
Еловая лапка	70	» »
Опилки	420	» »
Стружки ¹⁾	300	» »
Торфъ (смотри по возрасту торфяника)	500—700 и 1000	» »
Мохъ	300	» »

¹⁾ Стружки и опилки, какъ матеріалъ, содержащій мало азота (около 0,2), должны уступать соломѣ съ точки зрѣнія внесенія въ навозъ элементовъ пищи растений.

Мѣстами при недостаткѣ соломы прибѣгаютъ, какъ напр. въ Швейцаріи, къ разведенію осоки, грубостебельныхъ злаковъ (*Molinia*) и др. растений на такихъ лугахъ, которые не могутъ быть использованы подъ культуру какихъ либо болѣе цѣнныхъ растений (вслѣдствіе избытка влаги). Въ крайности примѣняютъ въ качествѣ подстилки почву богатую перегноемъ и песокъ; но недостатокъ этихъ матеріаловъ состоитъ въ необходимости передвиженія большихъ массъ ихъ благодаря малой ихъ влагоемкости (почва—до 50%, песокъ 25%).

Не смотря на то, что количества воды, задерживаемой соломой бобовыхъ и злаковыхъ растений почти одинаковы, со стороны вліянія на составъ навоза эти два рода подстилки далеко не одинаковы. Солома бобовыхъ содержитъ до 2% азота, который цѣликомъ переходитъ въ навозъ и улучшаетъ его со стороны его химическаго состава; но эта солома, благодаря сравнительно высокому ея питательному достоинству, гораздо чаще скармливается скоту, чѣмъ употребляется какъ подстилочный матеріалъ; послѣднее случается при излишней грубости матеріала или порчѣ его грибами и пр.

Вотъ составъ нѣкоторыхъ видовъ подстилки по анализамъ Ад. Майера:

	Солома злаковъ.	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 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 разложенія) 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).

Навозъ въ зависимости отъ своего происхожденія и условій сохраненія имѣетъ различный составъ.

Въ среднемъ (по Вольфу) приходится:

1000 ч. навоза:	воды	азота	P ₂ O ₅	K ₂ O
у овецъ	646	8.3	2.3	6.7
лошадей	713	5.8	2.8	5.3
свиней	724	4.5	1.9	6.0
рогатого скота	775	3.4	1.6	4.0

Слѣдовательно, содержаніе питательныхъ (для растений) веществъ ограничивается долями процента; эти питательныя вещества сопровождаются въ значительной мѣрѣ балластомъ органическаго вещества и воды; на этомъ основаніи (а также въ цѣляхъ улучшенія физическихъ свойствъ почвы) навозъ приходится вносить въ очень большихъ количествахъ по сравненію съ удобрениями ранѣе разсмотрѣнными.

Въ практикѣ употребляется чаще навозъ полуперепрѣвшій; среднія цифры состава такого навоза, которыми можно пользоваться для приблизительныхъ расчетовъ, для смѣшаннаго навоза таковы:

воды 75%, азота 0.5%, P₂O₅—0.2% и K₂O—0.6%.

Составъ навоза, кромѣ того, что зависитъ отъ рода животныхъ, также зависитъ и отъ пищи ихъ: чѣмъ больше бѣлковъ содержится въ пищѣ животнаго, тѣмъ богаче навозъ азотомъ. Мюнцъ и Жираръ подтверждаютъ это положеніе слѣдующимъ опытомъ: при кормленіи рогатаго скота сѣномъ (люцерной), и корнеплодами, съ добавкой ржаной муки, азота въ навозѣ было 0.65%; а при кормленіи соломою, 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.

Жирарденъ рекомендуетъ, напр., вѣсъ всего стада помножить на 25; полученное число даетъ вѣсъ всего навоза за годъ.

Вольфъ даетъ другой способъ вычисленія количества навоза—по количеству корма въ хозяйствѣ. Организмъ животнаго сжигаетъ приблизительно $\frac{1}{2}$ 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 ($\frac{a}{2}$) туда же пе-

рейдеть 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 ($\frac{a}{2} + b$) 4.

Способъ Баталина претендуетъ на большую точность при вычисленіи общаго количества свѣжаго навоза, но она оказывается излишней, потому что при перепрѣваніи теряется значительная и трудно опредѣляемая количественно часть навоза; ее приходится оцѣнивать на глазъ, а потому точныя вычисленія количества свѣжаго навоза не имѣютъ особаго значенія. Баталинъ пользуется въ данномъ случаѣ переваримостью отдѣльныхъ составныхъ частей корма; зола корма цѣликомъ переходитъ въ экскременты; изъ бѣлковыхъ, безазотистыхъ веществъ и древесины въ навозѣ будетъ непереваримая часть. Изъ переваримой части бѣлковъ въ видѣ мочевины попадаетъ въ навозъ около $\frac{1}{3}$ (предполагая, что весь азотъ переваримыхъ бѣлковъ выдѣленъ черезъ почки). Безазотистыя соединенія—углеводы переваримой части идутъ на дыханіе, а потому въ навозъ не переходятъ. Поэтому, если взять золу, $\frac{1}{3}$ 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 вои 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 свѣжаго навоза вѣситъ	300—400 klgr.
» » » » уплотненнаго	700 —
» » » » полуразложившагося	800 —
» » » » влажн. разложившагося	900 —

Измненія въ составъ навоза. Первымъ процессомъ, наступающимъ непосредственно послѣ выдѣленія экскрементовъ, является амміачное броженіе мочевины, т. е. превращеніе ее въ углекислый амміакъ, легко диссоциирующую и летучую соль. Это броженіе представляетъ поэтому источникъ крупныхъ потерь азота въ навозѣ; потери эти

замѣчены давно, но позднѣе только опредѣлили ихъ размѣры, причемъ они оказались гораздо больше тѣхъ, какіе предполагались.

По этому вопросу есть нѣсколько работъ: Мюнца и Жирара, Меркера и др. Мюнцъ и Жираръ при своихъ изслѣдованіяхъ пользовались конюшнями парижской компаніи омнибусовъ, въ которыхъ какъ уходъ за животными, такъ и за получаемымъ отъ нихъ навозомъ, отличается, по отзыву авторовъ, тщательностью, и гдѣ можно было для опытовъ пользоваться большимъ числомъ однообразно содержимыхъ животныхъ. Не смотря на уходъ потери при храненіи навоза были велики. Такъ опытъ съ лошадьми производился въ теченіи мѣсяца; при этомъ животныя взвѣшивались для провѣрки постоянства ихъ вѣса, взвѣшивался и анализировался ихъ кормъ и получаемый отъ нихъ навозъ. Результатъ былъ такой: недоставало 28% 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 образованіе 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 производились въ жаркое время года, а потому потери эти скорѣе нужно считать максимальными. Что броженіе мочевины дѣйствительно въ значительной мѣрѣ зависитъ отъ температуры среды, показали опыты тѣхъ же авторовъ; у нихъ при броженіи мочевины

при 2° C потерялось азота	237 mgr.
» 11 » »	469 »
» 20 » »	704 »
» 30 » »	920 »

Меркеръ даетъ цифры потерь азота нѣсколько ниже, нежели въ приведенныхъ опытахъ Мюнца, но все-таки онѣ достигаютъ 13—24% при храненіи навоза въ стойлахъ и еще большихъ размѣровъ, (30—37%) когда навозъ хранился отдѣльно въ гноищахъ (вліяніе избыточной вентиляціи при перемѣщеніи).

Для борьбы съ этими потерями амміака предлагали употреблять различные средства; прежде всего вниманіе останавливается на кислотахъ для связыванія амміака, и дѣйствительно рекомендовали употреблять съ этой цѣлью разведенную кислоту, которой или поливали подстилку до кислой реакціи, или же ставили чашки съ сѣрной кислотой. Оба эти способа представляютъ значительныя неудобства: чашки представляютъ небольшую поверхность и могутъ задержать поэтому лишь незначительную часть амміака, а поливка подстилки достигаетъ цѣли только тогда, когда прибавлено сѣрной кислоты достаточное количество, а это можетъ дурно отзываться на ногахъ животныхъ. Въмѣсто сѣрной кислоты предлагаютъ поэтому употреблять сѣрнокислыя соли — гипсъ и желѣзный купоросъ. Основаніе той и другой соли связываетъ углекислоту, давая осадки (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 потребовать гипсъ, именно углекислыя щелочи (K и Na), точно также образующія CaCO_3 и соответствующую соль H_2SO_4 , поэтому всегда приходится прибавлять излишнее количество гипса для удержанія амміака что бы присутствіе нелетучихъ щелочей не парализовало его дѣйствія. Благодаря этому обстоятельству по даннымъ Мюнца на голову рогатаго скота требуется въ годъ 600—700 klgr. желѣзнаго купороса; по мнѣнію этого автора такая затрата выходитъ уже за предѣлы рентабельности при условіяхъ французскаго хозяйства. Въ Германіи же считаютъ выгоднымъ примѣнять по 2 килограмма гипса въ сутки на голову рогатаго скота (Holdefleiss).

Кромѣ этихъ солей рекомендуютъ употреблять стассфуртскія соли, содержащія MgSO_4 , и дѣйствующія такимъ же образомъ.

Въ этихъ же цѣляхъ рекомендовано Пайеномъ употребленіе ѣдкой извести, которая должна прибавляться къ свѣжимъ экскрементамъ еще до начала броженія, когда еще не развились бактеріи и не образовался амміакъ, съ цѣлью создать щелочную реакцію и тѣмъ самымъ устранить возможность броженія. Лабораторные опыты даютъ въ по-

добныхъ случаяхъ положительные результаты, но на практикѣ такъ поступать нельзя, потому что извести потребуется большое количество для сохраненія щелочной реакціи; хорошее и быстрое смѣшенія является трудно осуществимымъ, а выделяющаяся при разложеніи CO_2 превращаетъ извѣсть въ углекислую, которая уже не мѣшаетъ дальнѣйшему образованію къ потерямъ амміака.

Изъ веществъ не предохраняющихъ жидкія выделения 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 переслаиваютъ подстилку съ торфомъ или, оставляя подъ животными солому, располагаютъ измельченный торфъ на пути движенія жидкости по склону пола къ канавкѣ (Книримъ), чѣмъ достигается чистота съ одновременнымъ поглощеніемъ избытка стекающей жидкости торфомъ. При употребленіи торфяной подстилки количество амміака въ воздухѣ, какъ показателя амміачнаго броженія мочевины, значительно понижалось и онъ появлялся черезъ нѣкоторый промежутокъ времени (опыты Müntz'a).

При употребленіи торфа. соломы.

въ 1 день	0	1,2	миллигр.	N въ 1 куб. метрѣ воздуха.
» 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 диссоциируетъ; поэтому, если навозъ влаженъ и энергично разлагается, если притокъ воздуха ограниченъ, то углекислота будетъ находиться въ большомъ избыткѣ въ смѣси газовъ, заполняющей промежутки, и потери амміака будутъ ничтожны. Въ подтвержденіе Дегеренъ описываетъ слѣдующій опытъ: если вытягивать воздухъ съ помощью аспиратора изъ внутреннихъ частей навозной кучи, то можно пропустить десятки метровъ и не обнаружить замѣтныхъ количествъ амміака; если же извлечь пробу навоза и, провѣтривши ее на воздухѣ, помѣстимъ подъ 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).

Подобно мочевины, 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 для мочевои кислоты. 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 сточная какова передъ стеканіемъ въ колодезь содержала въ литрѣ лишь 2 гр. органическаго азота и 9—амміачнаго.

Поэтому, если навозъ хранится не подъ животнымъ, а при періодической очисткѣ перемѣщается на гноище, то лучше, для цѣлей сохраненія азотистыхъ веществъ, производить очистку чаще, а канавкамъ для стока жижи давать достаточный уклонъ, чтобы разложеніе мочевины протекало преимущественно тогда, когда навозъ находится въ большой массѣ, а слѣдовательно въ атмосферѣ насыщенной углекислотой.

Отъ этихъ первичныхъ измѣненій переходимъ теперь къ условіямъ разложенія и измѣненія навоза при болѣе продолжительномъ храненіи его подъ ногами животныхъ или на гноищѣ, гдѣ измѣняется также органическое вещество твердыхъ экскрементовъ и подстилки.

Разложеніе навоза въ кучѣ можетъ идти или при участіи аэробныхъ бактерій, или же при участіи анаэробныхъ. Оба эти процесса обыкновенно идутъ одновременно въ разныхъ частяхъ, сферы преобладанія того или другого распределяются въ кучѣ въ зависимости отъ доступа воздуха: при сухой погодѣ, болѣе доступъ 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 »	35,3 »	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 кислорода воздуха (поэтому содержаніе азота здѣсь отвѣчаетъ атмосферному, а въ глубь—убываетъ).

При ближайшемъ дождѣ зона анаэробнаго броженія передвигается вверхъ. Въ зависимости отъ доступа воздуха температура внутри кучи можетъ значительно повышаться, какъ это показано въ опытахъ Гейона (см. стр. 43).

Однимъ изъ условий 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 гр. навоза положены были въ колбу съ газоотводной трубкой; температура отъ теченіе всего опыта (2 мѣсяца) поддерживалась 52°С²⁾.

¹⁾ См. Dehérain, *Chimie agricole*, 771 (1902).

²⁾ По наблюденіямъ Dehérain'a 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); при 50—55° наибольшую дѣятельность проявляетъ организмъ *Mesentericus Ruber*, а при болѣе высокихъ температурахъ — *Thermophylles Grignoni* (*Chimie agricole* 1902). Повидимому (*Thermophylles Grignoni* предпочитаетъ субстратъ болѣе богатый азотистыми веществами; этимъ обстоятельствомъ Dupontъ объясняетъ большую способность нѣкоторыхъ видовъ навоза разогрѣваться, какъ напр. конскій навозъ, болѣе богатый азотомъ и предпочитаемый въ качествѣ источника тепла при набивкѣ парниковъ. По наблюденіямъ Дыбовскаго ходъ температуры въ навозѣ разнаго происхожденія характеризуется слѣдующими цифрами:

Дни:	0	4	7	12	16	20	24	28	32	36	50
Конскій навозъ.	5	50	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°

Собранные газы и навозъ послѣ опыта были анализированы; получено CO₂—4.217 к. с., метана 4.557 к. с., слѣдовательно почти равные объемы, какъ и слѣдуетъ по принятому уравненію (C₆H₁₀O₅+H₂O=3 CH₄+3 CO₂). Углерода содержалось въ навозѣ 12.6 gr.; а въ продуктахъ собрано 4.7, т. е. больше ¹/₃; при этомъ всѣхъ выдѣленныхъ газовъ превышаетъ потерю въ всѣхъ взятаго сухого вещества, вслѣдствіе того, что въ реакціи участвуетъ вода. Кромѣ распада на углекислоту и метанъ идетъ образованіе другихъ продуктовъ; такъ Дежеренъ констатировалъ присутствіе летучихъ кислотъ (валерьяновой, уксусной); одновременно подвигается впередъ и процессъ гумификаціи.

Для демонстраціи значительнаго количества выдѣляющагося въ навозной кучѣ метана можно, извлеки достаточный объемъ газа изъ внутреннихъ частей съ помощью аспиратора и удаливши углекислоту, пропустить газъ въ горѣлку и зажечь (Deherain).

Принято думать, что источникомъ для метановаго броженія служить клѣтчатка и пока еще неизвѣстно, насколько могутъ служить для этой цѣли другія вещества. По даннымъ одного опыта (Hebert) видно, что пентозаны разлагаются быстрѣе клѣтчатки; напр., при анализѣ одной пробы оказалось, что пентозановъ осталось 36%, а клѣтчатки 50% отъ исходнаго количества; вообще безазотистыя экстрактивные 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 обуславливаетъ выдѣленіе водорода вмѣсто метана; тогда же по его наблюденіямъ, увеличиваются и шансы на выдѣленіе свободного 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 раз-

Конскій навозъ раньше разогрѣвается и даетъ болѣе высокую температуру, которая по минованіи періода энергичнаго разложенія затѣмъ довольно быстро опускается; если желаютъ получить болѣе равномерное и продолжительное разогрѣваніе, то можно примѣшивать навозъ другаго происхожденія или разлагающуюся листву (см. Dybowski, *Emploi du fumier dans la culture maraîchère*, *Annales agronomiques* 1887). При опытахъ Шлезинга въ искусственной обстановкѣ анаэробное броженіе навоза шло еще при 72.5°, лишь при 80° оно останавливалось.

личное направление 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 водѣ свободного азота ¹⁾.

Но результатъ такого опыта не можетъ быть прямо перенесенъ на ходъ превращенія бѣлковыхъ веществъ въ навозѣ, такъ какъ тамъ имѣется преобладаніе безазотистыхъ матерьяловъ надъ азотистыми, поэтому возможно не только распаденіе но и обратное образование бѣлка насчетъ амміака и углеводовъ въ тѣлѣ грибовъ и бактерій, причемъ образование бѣлка можетъ брать верхъ надъ распаденіемъ его.

Точно также азотистыя вещества мочи измѣняются только сначала въ томъ же направленіи, какъ и въ стойлѣ, т. е., мочевины превращается въ углекислый амміакъ, причемъ это броженіе можетъ достигать maximum'a даже раньше, чѣмъ всѣ жидкіе экскременты попадутъ въ навозохранилище, если имъ приходится протекать по канавкѣ не очень малой длины. Но затѣмъ начинаютъ преобладать другіе процессы, благодаря своей сложности изученные еще мало. Съ такимъ громоздкимъ матерьяломъ 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, вентиляции 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 находящейся подъ колоколомъ сосудъ, сверху колоколъ закрытъ былъ стекляной крышкой для уменьшенія испаренія, смѣсь поливалась время отъ времени жидкостью, которая

¹⁾ Интересно, что Д. и Д. наблюдали въ этомъ опытѣ выдѣленіе: CO₂, H₂, H₂S, N₂ и CH₄; къ сожалѣнію, опытъ проведенъ недостаточно чисто въ томъ отношеніи, что для зараженія брались замѣтныя количества навоза; можно возразить поэтому, что метанъ могъ выдѣляться на счетъ клѣтчатки навоза, а не на счетъ бѣлка.

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'a¹⁾ также находимъ опытъ съ разложеніемъ въ искусственной обстановкѣ (при повышенной t° и щелочной реакціи); опытъ тянулся три мѣсяца. Въ соломѣ азота было 0.39 gr., осталось 0.24 gr. Азота въ формѣ NH₃ 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. 57). Другая часть амміачнаго азота переходитъ въ органическое вещество благодаря жизнедѣтельности грибовъ, бактерій, причемъ азотъ переходитъ въ бѣлковыя соединенія, входя въ составъ тѣла названныхъ организмовъ.

Часто говорятъ, что при храненіи навоза идетъ нитрификація; однако, если этотъ процессъ и идетъ, то чрезвычайно слабо (въ мѣстахъ соприкосновенія съ почвой), потому что здѣсь мало кислорода и много органическаго вещества, которое какъ показалъ Виноградскій, является неблагоприятнымъ для нитрифицирующихъ бактерій. Дѣйствительно, анализы показываютъ, что нитратовъ въ навозѣ мало ²⁾, но здѣсь взгляды изучавшихъ это явленіе не сходятся: одни говорятъ, что они и не образуются, а другіе, что они распадаются благодаря дѣятельности денитрифицирующихъ бактерій или другихъ причинъ; наприм., по мнѣнію нѣкоторыхъ авторовъ потери азота при гненіи органическаго вещества навоза въ формѣ свободного азота возможны, благодаря тому, что, напр., при соприкосновеніи азотисто-

¹⁾ Работы Schloesing'a, Hebert'a, Deherain'a и нѣк. др. авторовъ по разложенію навоза напечатаны въ журналѣ Annales agronomiques.

²⁾ Вотъ данныя по распредѣленію азота въ нѣкоторыхъ образцахъ навоза, анализированныхъ Меркеромъ.

	N	N нераств. органич. соед.	N амидный	N амміака	N нитратовъ
Всего					
1)	0,548	0,364	0,017	0,157	0,004
2)	0,730	0,454	0,037	0,225	0,014
3)	0,651	0,450	0,005	0,148	0,048

Нужно замѣтить, что здѣсь цифры для нитратовъ должны быть принимаемы съ извѣстной осторожностью, такъ какъ обычные способы опредѣленія въ присутствіи амидосоединенія даютъ повышенныя показанія, если не принять специальныхъ мѣръ предосторожности.

кислыхъ солей съ амидосоединеніями (въ присутствіи CO_2) происходитъ разложеніе ихъ съ выдѣленіемъ свободного азота; но, какъ сказано, самая вѣроятность образованія азотисто-и азотнокислыхъ солей въ навозной кучѣ—мала.

Дегеренъ думаетъ на основаніи своихъ наблюденій, что потери свободного азота возможны также и путемъ окисленія азотистаго органическаго вещества (слѣд., и безъ предварительной нитрификаціи); онъ наблюдалъ, при протягиваньи воздуха въ теченіе 3-хъ недѣль черезъ колбу, содержащую нормальный навозъ и помѣщенную въ водяную баню при 50°C . потери азота въ 10—15%, сверхъ того азота, который выдѣленъ былъ въ видѣ амміака и уловленъ сѣрной кислотой (выше мы видѣли, что и при анаэробномъ процессѣ Дегеренъ наблюдалъ выдѣленіе свободного азота, но въ малыхъ количествахъ); эти наблюденія требуютъ еще ближайшаго изслѣдованія.

Опыты Эренберга показываютъ насколько энергично распадаются нитраты въ навозѣ при искусственномъ введеніи ихъ. Брались экскременты различныхъ животныхъ и подвергались анаэробному въ колбѣ съ газоотводной трубкой разложенію безъ прибавки нитратовъ и съ ними. Безъ нитратовъ шло метановое броженіе, а прибавка селитры измѣняла его.

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 бактерии брали изъ селитры, а послѣ того, какъ разлагалась селитра и потреблялся кислородъ ея, опять начиналось метановое броженіе (Bied. Centr. 1890). Этотъ опытъ наглядно показываетъ, насколько невыгодно было бы вводить въ навозъ матеріалы, содержащіе нитраты.

Въ навозѣ подъ вліяніемъ низшихъ организмовъ происходитъ рядъ качественныхъ измѣненій при общей убыли сухого вещества. Энергія этихъ превращеній находится въ зависимости отъ условій храненія навоза. Такъ, въ одномъ опытѣ отъ 1000 kilogr. сухаго вещества навоза при храненіи его начиная съ 21 марта осталось къ

18 мая	775 kilogr.
18 іюня	704 »
18 іюля	455 »

Значительная убыль въ послѣдній мѣсяцъ обусловлена высокой температурой іюля, вызывающей болѣе энергичное разложеніе.

Въ опытѣ Фелькера утратилась половина сухого вещества навоза за годъ храненія его.

Какъ было указано, при опредѣленіи состава навоза въ разныхъ его состояніяхъ большое затрудненіе составляетъ выборъ средней пробы изъ этой громоздкой неоднородной смѣси; тщательное перелопачиванье, конечно, нѣсколько помогаетъ, но нужно имѣть въ виду, что при перелопачиваніи происходитъ улетучиваніе нѣкоторыхъ составныхъ частей (прежде всего воды). Вслѣдствіе трудности составленія средняго образца навоза, учетъ азота и другихъ веществъ не достигаетъ той точности, какая часто была бы желательна.

А priori можно думать, что при рациональномъ храненіи потери N 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 сухаго вещества, вслѣдствіе того, что потерь азота избѣжать невозможно. Приводимъ цифры, указывающіе на измѣненіе состава навоза при его храненіи (изъ опытовъ Holdesleiss'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% сухаго вещества.

Отсюда видно, что приростъ содержанія N меньше, чѣмъ потеря сухого вещества (значитъ часть азота утрачена), что въ навозной кучѣ селитры почти нѣтъ, такъ какъ здѣсь на лицо условія, неблагоприятныя для нитрификаціи; отмѣчаемъ это въ виду того, что въ нѣкоторыхъ руководствахъ переведеніе азота въ форму нитратовъ считается одной изъ задачъ храненія. Но отсутствіе N амміака не

является типичным; по данным Меркера, количества N в этой форме в большей части образцов навоза не было низким.

Потеря сухого вещества различна в зависимости от способа ухода за навозом, наприм., применяется ли поливка его навозной жижей (или водой) или же нет. Поливка обеспечивает разложение кучи во всех частях (при высыхании разложение останавливается), уменьшает излишнюю вентиляцию (связанную с потерями NH_3), предохраняет от развития плесени, которая, помимо того, что потребляют питательные вещества, вредны еще и в том отношении, что своими гифами переплетают частицы навоза, так что его трудно разбить при распределении по полю. Развитие плесени всегда указывает на избыточную вентиляцию (резко выраженная аэробия), происходящую или от слишком рыхлого сложения, или от высыхания; уплотнение и поливка устраняют развитие плесени. Поливка сильно способствует сохранению азота, понижая улетучивание аммиака как непосредственно, так и косвенно, вызывая энергичное разложение и заполнение углекислотой пор, не занятых водой. Так, в опытах Holdefleiss'a наблюдалась

убыль N в навозе без поливки в	23%
» » » » с поливкой »	13%

Навоз сохраняется или под ногами животных, или же постепенно поступает в специально устроенные навозохранилища. Последние представляют или углубления, так что навоз находится ниже поверхности земли, или же навозохранилища устраиваются над поверхностью земли и навоз здесь сохраняется в виде куч, расположенных на непроницаемых платформах. В подземных навозохранилищах при недостаточном уходе возможность потерь больше, так как площадь соприкосновения с воздухом больше, и поливка является более необходимой.

При хранении в ямах возам с навозом возможно двигаться по поверхности навоза, надземные же навозохранилища приходится нагружать и разгружать, не въезжая на них, так что в этом случае поперечные размеры куч не могут быть произвольно большими (не больше 2-х сажен). Высота обычно не превышает 5—6 ф. Иногда над навозохранилищем устраивается навес, чтобы предохранить навоз от выщелачивания, но если климат не очень влажный, то надобности в этом нет. Дно и стенки навозохранилища делаются по возможности водонепроницаемыми, по крайней мере из плотно-убитой глины, или выкладываются по глине кам-

нем или кирпичем; встречается и кладка на цемент, или асфальт, что более необходимо для сборника или колодца, предназначенного для собирания избытка жидкости, стекающей с навоза (эта же жидкость служить и для поливки).

Потери веществ в навозохранилищах, вообще, значительны; почва на некоторую глубину под навозохранилищем так обогащается азотом, что его здесь содержится не меньше, чем в навозе (Müntz); экономические соображения должны указывать, насколько тщательно возможно устраивать навозохранилища для предотвращения потерь азота путем просачивания жидкости. За границей, при интенсивном хозяйстве и значительных затратах, чаще встречается каменная или кирпичная кладка, на цемент и асфальтовые платформы для куч, у нас же чаще можно рекомендовать дно ям просто убивать глиной, если подпочва сама по себе не является непроницаемой.

Для уменьшения потерь N применяется еще земляная крышка навоза. Степень благоприятного действия ее видна из следующих цифр Гольдфлейсса:

Потеря N навоза без крышки	23%
» » » с земл. крышкой	2 »

Последняя величина лежит в пределах погрешности учета, (вследствие трудности взятия средней пробы).

С той же целью уменьшения потерь N рекомендуют еще употреблять гипс, каинит, кислоты (кислые отбросы). Результаты применения этих веществ показывают, что действительно ими удерживается значительное количество азота. Эти консервирующие материалы влияют и на убыль сухого вещества, как показывают следующие цифры Holdefleiss'a:

Потеря сухого вещества.	
Навоз без консервир. веществ	31%
» + гипс	22 »
» + каинит	12 »

Но консервирующие вещества являются до известной степени помехой тем процессам, которые важны для получения перегнившей массы с известными свойствами, благоприятно влияющими на физические свойства почвы, почему некоторые авторы, как, напр., Дегерен, не считают рациональным употребление их.

При земляной крышке замечается образование нитратов, так как с почвой вносятся нитрифицирующие бактерии и создается

среда не столь богатая органическимъ веществомъ; но не слѣдуетъ допускать, чтобы нитраты проникали внутрь кучи путемъ выщелачиванья, такъ какъ при условіи анаэробныхъ они будучи разрушены. Въ этомъ обстоятельстве вѣроятно лежитъ причина и противорѣчія нѣкоторыхъ опытовъ съ земляной покрывкой.

Часто навозъ сохраняется и подъ ногами животныхъ. Въ томъ видѣ, какъ этотъ способъ примѣняется въ большинствѣ случаевъ, онъ является довольно совершеннымъ въ смыслѣ получения удобрения съ возможно малыми потерями (не касаемся здѣсь соображенію зоогигіеническихъ). У Гольдефлейсса потеря органическаго вещества при этомъ способѣ была около 10%, а потери N такъ же мало замѣтны, какъ и при употребленіи земляной покрывки, такъ какъ навозъ постоянно уплотняется ногами животныхъ, смачивается мочей; послѣднее происходитъ особенно равномерно тогда, когда животные находятся не на привязи. Продуктъ получается вполне доброкачественный. Меркеръ также опредѣлялъ потери N навоза подъ скотомъ и въ навозохранилищѣ. Изъ 469 kilogr. N навоза утратилось:

Въ навозохранилищѣ 172 kilgr. N.
Подъ скотомъ 62 „ „

Разсмотримъ теперь вопросъ объ *удобрительномъ значеніи навоза*. Съ навозомъ вносятся элементы какъ положительнаго, такъ отчасти и отрицательнаго дѣйствія на урожай; необходимо возможно разчленивъ роль отдѣльныхъ ингредиентов навоза.

Прежде всего въ навозѣ мы вносимъ азотъ и зольныя вещества, необходимыя для жизни растений, а затѣмъ мы имѣемъ цѣлый рядъ другихъ воздѣйствій; такъ, перегной, образующійся при разложеніи навоза, необходимъ для 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.

Только въ послѣднее время стали оцѣнивать разныя стороны навознаго удобрения и дѣйствіе отдѣльныхъ составныхъ частей навоза; въ настоящее время имѣются нѣкоторыя данныя преимущественно относительно азота, значеніе же остальныхъ составныхъ частей навоза менѣе затронуто въ имѣющихся изслѣдованіяхъ.

Средній коэффициентъ использованія азота навоза въ первый годъ по внесеніи по Вагнеру равенъ 25%. Если бы, этотъ коэффициентъ былъ постояненъ, то можно было бы считать, что мы, давая съ полнымъ навознымъ удобреніемъ въ 2400 п. N вчетверо больше, чѣмъ при удобреніи селитрой, вносимъ равныя количества усвояемаго (въ первый годъ) азота въ обоихъ случаяхъ (см. стр. 88).

Работы Меркера, однако, показали, что Вагнеровскій коэффициентъ является очень приблизительнымъ, что къ нему подходит лишь небольшое число изслѣдованныхъ видовъ навоза. Меркеръ въ изслѣдованныхъ имъ образцахъ навоза (около 50) нашелъ такія отклоненія отъ величины Вагнеровскаго коэффициента:

7 образцовъ имѣли коэффициентъ использованія.	60%
10 „ „ „ „ „ „	45 „
5 „ „ „ „ „ „	36 „
8 „ „ „ „ „ „	25 „
7 „ „ „ „ „ „	14 „
3 „ „ „ „ „ „	3 „
5 „ „ „ „ „ „	— 13.8

Такимъ образомъ, образцы разнаго происхожденія оказали весьма различное дѣйствіе, при чемъ иногда дѣйствіе это было даже отрицательнымъ.

Меркеръ пытался установить связь коэффициентовъ использованія съ составомъ и происхожденіемъ навоза, что ему отчасти и удалось сдѣлать.

Если ту же серію анализированныхъ образцовъ разгруппировать по происхожденію, то оказывается:

Для овечьаго навоза коэфф. использованія N . .	48%
„ конскаго „ „ „ „ „ „	29 „
„ коровьяго „ „ „ „ „ „	26 „

Если же, не различая происхожденія, расположить образцы въ порядкѣ по содержанію азота, то чѣмъ обращивъ содержитъ больше N, тѣмъ больше коэффициентъ его 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 вполне правильная.

Меркеръ и др. пытались опредѣлить дѣйствіе связаннаго N въ отдѣльных частяхъ навоза—калъ, подстилку, жидкой части. Полученные результаты обнаружили рѣзкую противоположность въ значеніи отдѣльных ингредиентов. 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 рогатого 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 и тѣмъ понижаетъ урожай. Этотъ опытъ не представляетъ чего-нибудь исключительнаго, онъ повторялся очень многими изслѣдователями, и въ нашихъ культурахъ не разъ тоже дѣйствіе проявлялось въ рѣзкой формѣ ¹⁾.

Особенно сильно понижаютъ урожай 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 $\frac{1}{4}\%$ и до 1% отъ вѣса почвы (что отвѣчаетъ приблизительно 400—1600 пудамъ на десятину); вотъ полученные результаты:

	Безъ соломы	$\frac{1}{4}\%$	$\frac{1}{2}\%$	1%
Урожай ячменя	16,2	10,0	6,6	3,0.

Такимъ образомъ уже $\frac{1}{4}\%$ соломы вызывала значительное пониженіе урожая, а такое количество можетъ заключаться въ перепрѣвшемъ навозѣ, вносимомъ на десятину въ обычныхъ на практикѣ

¹⁾ Обзоръ соответствующей литературы данъ С. Л. Франкфуртомъ въ „Трудахъ Вольнаго Экономическаго Общества“ за 1899 г.

дозахъ (отмѣтимъ, что рѣзкость приведенныхъ цифръ повышена тѣмъ, что солома внесена подъ яровое передъ его посѣвомъ). Приводимыя цифры относятся къ опытамъ въ искусственной обстановкѣ (въ сосудахъ), а по мнѣнію нѣкоторыхъ авторовъ, въ полѣ, при лучшей вентиляціи денитрификація не достигаетъ такихъ размѣровъ; но все-таки и тамъ внесеніе перепрѣвшихъ органическихъ матерьяловъ даетъ себя знать пониженіемъ урожая, какъ видно напр. изъ слѣдующаго опыта Я. М. Жукова, испытывавшаго вліяніе перепрѣвшей соломы и мякины на урожай озимыхъ:

		Урожай пшеницы.	
		а)	б)
Безъ удобренія		83 п.	60 п.
Полуперепрѣвшая солома		49 »	35 »
и мякина (2000 п.)		93 »	86 »
Навозъ (2000 п.)			

Желательно, конечно, увеличеніе числа подобныхъ данныхъ, при томъ для разныхъ дозъ соломы и навоза ¹⁾, но уже изъ сказаннаго слѣдуетъ, что солома сама по себѣ, до перепрѣванія, является факторомъ, отрицательно вліяющимъ на урожай.

Что касается причинъ указаннаго явленія, то Меркеръ и Вагнеръ объяснили пониженіе урожая при удобреніи соломой и перепрѣвшимъ навозомъ дѣятельностью денитрифицирующихъ бактерий, вносимыхъ въ почву съ этими матеріалами, такъ что растенія голодаютъ отъ недостатка нитратовъ, разрушаемыхъ этими организмами.

Это объясненіе не является полнымъ; дѣйствительно, наблюдается убыль нитратовъ, но и въ почвѣ находятся денитрифицирующія бактерии, слѣдовательно одно внесеніе ихъ извнѣ еще не много измѣнило бы дѣла, если бы одновременно не измѣнялись условія ихъ существованія. Но съ соломой, перепрѣвшимъ навозомъ въ почву вносится много органическаго вещества, чѣмъ и создаются благоприятныя условія для развитія денитрифицирующихъ бактерий. То же самое явленіе пониженія урожая 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 нитра-

¹⁾ Такіе опыты желательны въ виду утвержденія Deherain'a, что при обычныхъ условіяхъ полевой культуры, навозъ примѣняемый въ нормальныхъ дозахъ не вызываетъ денитрификаціи.

товъ осталось 33% отъ прежняго количества, а при внесении со-
ломы въ тѣхъ же условіяхъ—69%.

У Брюгера и Шнейдевинда и Меркера получены такія цифры:

	У Брюг. и Шнейд.	У Меркера.
Безъ органическихъ вещ.	33,7 gr.	51,3 gr. тоже.
+ Нестерилизован. калъ	10,2	4,0 + солома не стерилизов.
+ Стерилизован. »	9,0	4,7 + солома стерилизован.

Какъ видимъ, стерилизація не устраняла паденія урожаявъ.

При лежаніи навоза органическое вещество перепрѣваетъ, и де-
нитрифицирующая способность соломы и кала падаетъ. Уже давно
извѣстно, что навозъ долженъ до извѣстной мѣры перепрѣть для
проявленія своего полезнаго дѣйствія; сообщенные опыты даютъ
объясненіе этого наблюденія.

Въ одномъ опытѣ былъ взятъ свѣжій навозъ разныхъ видовъ до-
машнихъ животныхъ и опредѣлено было денитрифицирующее его
дѣйствіе. Затѣмъ навозъ былъ помѣщенъ на 50 дней въ термостатъ,
при благопріятныхъ условіяхъ разложенія, послѣ чего снова была
измѣрена денитрифицирующая способность взятаго матеріала. Измѣ-
неніе послѣдней видно изъ слѣдующихъ цифръ одного опыта: де-
нитрифицирующая 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 анало-
гичныхъ случаяхъ) при разложеніи навоза объясняется сжуженіемъ
отношенія азотистой и безазотистой части матеріала.

Кромѣ свойствъ самаго навоза, энергія денитрификаціи зависитъ
еще отъ внѣшнихъ условій, какъ-то отъ влажности среды. При томъ
же самомъ химическомъ составѣ возможна нитрификація при умѣ-
ренной влажности и денитрификація — при избыточной влажности;
вотъ одинъ относящійся сюда опытъ Варрингтона:

% воды въ почвѣ.	Количество образовавшейся азотной кислоты.	
	Безъ навоза.	При удобреніи навозомъ (2% отъ вѣса почвы).
5%	250 mgr.	270 mgr.
10%	260 »	360 »
15%	270 »	490 »
20%	290 »	290 »
25%	380 »	220 »

Если внесеніе навоза напр. при 15% влаги не нарушало нор-
мального хода нитрификаціи (даже повышало его, доставляя мате-
ріаль), то при 25% наоборотъ—количество нитратовъ уменьшалось
(вслѣдствіе ли ихъ разрушенія или—менѣ энергичнаго образованія,
при маломъ доступѣ воздуха, вызванномъ заполненіемъ поръ водой
и потребленіемъ кислорода на образованіе углекислоты).

Таковы главнѣйшіе итоги опытовъ послѣдняго времени по вопросу
о денитрификаціи, вызываемой иногда навозомъ въ почвѣ.

Здѣсь уместно вспомнить, что Костычевъ¹⁾, еще ранѣе всѣхъ
указанныхъ выше работъ по денитрификаціи, считая удобренія со-
ломой на почвахъ черноземныхъ вреднымъ, утверждалъ, что боль-
шей пользы нужно ожидать при удобреніи не самой соломой, а
продуктомъ ея перегниванія или же золой, которая получается при
сжиганіи разбросанной соломы по полю; мотивировалъ онъ это
тѣмъ, что при употребленіи свѣжей соломы вносится значительная
масса углеводовъ и азотъ почвы идетъ на построеніе тѣла развива-
ющихся въ большомъ количествѣ грибовъ и бактерій, а поэтому
нитраты не накапливаются и высшія растенія чувствуютъ недостатокъ
азота.

Значенія этихъ соображеній, дѣйствительно, отрицать нельзя; можно
согласовать это объясненіе съ позднѣйшими наблюденіями, допуская,
что имѣютъ мѣсто оба процесса — и денитрификація, и потребленіе
азота въ смыслѣ Костычева при внесеніи матеріаловъ содержащихъ
много клѣтчатки и пентозановъ. Дѣйствительно, въ нѣкоторыхъ опы-
тахъ послѣдняго времени находимъ фактическое подтвержденіе этого
двойственного расходванія азота нитратовъ при внесеніи органи-
ческаго вещества (Schneidewind, Pfeiffer и Lemmermann, Rogoyski).

Оказывается, что въ зависимости отъ условій и состава среды,
большая или меньшая часть азота исчезающихъ нитратовъ перево-
дится въ органическое вещество, такъ что правильнѣе говорить не
о денитрификаціи только, а объ исчезновеніи нитратовъ вообще.
Для результата перваго года конечно безразлично, отчего произошло
паденіе урожая: отъ денитрификаціи, или отъ указаннаго Костыче-
вымъ процесса потребленія нитратовъ, но въ случаѣ второмъ можно
еще надѣяться на использование этого «регрессирувавшаго» азота
въ послѣдующія годы, въ первомъ же случаѣ онъ теряется безвоз-
вратно.

Отчасти въ указанныхъ фактахъ, быть можетъ, кроется причина

¹⁾ Обработка и удобреніе чернозема, 1892.

товъ осталось 33% отъ прежняго количества, а при внесении со-
ломы въ тѣхъ же условіяхъ—69%.

У Брюгера и Шнейдевинда и Меркера получены такія цифры:

	У Брюг. и Шнейд.	У Меркера.
Безъ органическихъ вещ.	33,7 gr.	51,3 gr. тоже.
+ Нестерилизован. калъ	10,2	4,0 + солома не стерилизов.
+ Стерилизован. »	9,0	4,7 + солома стерилизован.

Какъ видимъ, стерилизація не устраняла паденія урожаявъ.

При лежаніи навоза органическое вещество перепрѣваетъ, и де-
нитрифицирующая способность соломы и кала падаетъ. Уже давно
извѣстно, что навозъ долженъ до извѣстной мѣры перепрѣть для
проявленія своего полезнаго дѣйствія; сообщенные опыты даютъ
объясненіе этого наблюденія.

Въ одномъ опытѣ былъ взятъ свѣжій навозъ разныхъ видовъ до-
машнихъ животныхъ и опредѣлено было денитрифицирующее его
дѣйствіе. Затѣмъ навозъ былъ помѣщенъ на 50 дней въ термостатъ,
при благопріятныхъ условіяхъ разложенія, послѣ чего снова была
измѣрена денитрифицирующая способность взятаго матеріала. Измѣ-
неніе послѣдней видно изъ слѣдующихъ цифръ одного опыта: де-
нитрифицирующая 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 анало-
гичныхъ случаяхъ) при разложеніи навоза объясняется сжуженіемъ
отношенія азотистой и безазотистой части матеріала.

Кромѣ свойствъ самаго навоза, энергія денитрификаціи зависитъ
еще отъ внѣшнихъ условій, какъ-то отъ влажности среды. При томъ
же самомъ химическомъ составѣ возможна нитрификація при умѣ-
ренной влажности и 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 »	360 »
15%	270 »	490 »
20%	290 »	290 »
25%	380 »	220 »

Если внесеніе навоза напр. при 15% влаги не нарушало нор-
мального хода нитрификаціи (даже повышало его, доставляя мате-
ріаль), то при 25% наоборотъ—количество нитратовъ уменьшалось
(вслѣдствіе ли ихъ разрушенія или—менѣе энергичнаго образованія,
при маломъ доступѣ воздуха, вызванномъ заполненіемъ поръ водой
и потребленіемъ кислорода на образованіе углекислоты).

Таковы главнѣйшіе итоги опытовъ послѣдняго времени по вопросу
о денитрификаціи, вызываемой иногда навозомъ въ почвѣ.

Здѣсь уместно вспомнить, что Костычевъ¹⁾, еще ранѣе всѣхъ
указанныхъ выше работъ по денитрификаціи, считая удобренія со-
ломой на почвахъ черноземныхъ вреднымъ, утверждалъ, что боль-
шей пользы нужно ожидать при удобреніи не самой соломой, а
продуктомъ ея перегниванія или же золой, которая получается при
сжиганіи разбросанной соломы по полю; мотивировалъ онъ это
тѣмъ, что при употребленіи свѣжей соломы вносится значительная
масса углеводовъ и азотъ почвы идетъ на построеніе тѣла развива-
ющихся въ большомъ количествѣ грибовъ и бактерий, а поэтому
нитраты не накапливаются и высшія растенія чувствуютъ недостатокъ
азота.

Значенія этихъ соображеній, дѣйствительно, отрицать нельзя; можно
согласовать это объясненіе съ позднѣйшими наблюденіями, допуская,
что имѣютъ мѣсто оба процесса — и денитрификація, и потребленіе
азота въ смыслѣ Костычева при внесеніи матеріаловъ содержащихъ
много клѣтчатки и пентозановъ. Дѣйствительно, въ нѣкоторыхъ опы-
тахъ послѣдняго времени находимъ фактическое подтвержденіе этого
двойственнаго расходованія азота нитратовъ при внесеніи органи-
ческаго вещества (Schneidewind, Pfeiffer и Lemmermann, Rogoyski).

Оказывается, что въ зависимости отъ условій и состава среды,
большая или меньшая часть азота исчезающихъ нитратовъ перево-
дится въ органическое вещество, такъ что правильнѣе говорить не
о денитрификаціи только, а объ исчезновеніи нитратовъ вообще.
Для результата перваго года конечно безразлично, отчего произошло
паденіе урожая: отъ денитрификаціи, или отъ указаннаго Костыче-
вымъ процесса потребленія нитратовъ, но въ случаѣ второмъ можно
еще надѣяться на использование этого «регрессирующаго» азота
въ послѣдующія годы, въ первомъ же случаѣ онъ теряется безвоз-
вратно.

Отчасти въ указанныхъ фактахъ, быть можетъ, кроется причина

¹⁾ Обработка и удобреніе чернозема, 1892.

наблюдающагося иногда неблагоприятнаго дѣйствія навоза въ районах экстензивнаго хозяйства, обильныхъ цѣлиной; обыкновенно въ такихъ районахъ нѣтъ правильного 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 заправки, а затѣмъ способенъ вызвать убыль нитратовъ и понизить урожай.

Поэтому весьма важно при опытахъ по вліянію навознаго удобрения обращать вниманіе на качество употребляемаго навоза.

Мы касались пока только одной стороны дѣйствія навоза, именно вліянія его въ качествѣ азотистаго удобрения; является вопросомъ, насколько другія положительныя вліянія навоза (напр. физическія) проявляются параллельно съ использованиемъ азота.

Къ сожалѣнію, мы обладаемъ весьма небольшимъ числомъ цифровыхъ данныхъ по отношенію усвояемости другихъ составныхъ частей навоза; въ одномъ опытѣ Меркера констатировано было хорошее использование фосфорной кислоты въ первый же годъ (около 50% по сравненію съ растворимой ф. к.), но насколько это показаніе можно обобщить—неизвѣстно. Относительно кали можно аргументировать, что оно должно находиться главнымъ образомъ въ растворѣ (такъ какъ содержится въ жидкихъ выдѣленіяхъ по преимуществу) и потому обладать хорошей усвояемостью. Но и для фосфорной кислоты и для кали желательны болѣе обстоятельныя опытыя данныя.

Вывозка навоза. При нагрузкѣ навоза пользуются обыкновенно вилами; за границей употребляются иногда еще особые ножи съ пилообразнымъ лезвіемъ для отрѣзыванія вертикальныхъ слоевъ навоза.

Рекомендуется брать навозъ во всю высоту кучи, а не снимать слоями, чтобы не получить неравномѣрнаго по качеству распредѣленія навоза въ полѣ (такъ какъ верхніе слои будутъ менѣе разложившимися, какъ позднѣе поступившіе на гноище).

При вывозкѣ въ поле по возможности не слѣдуетъ оставлять навозъ лежать не запаханымъ, въ обычныхъ небольшихъ кучахъ, равномерно распредѣляемыхъ при сбрасываніи съ воевъ, передъ послѣдующимъ ручнымъ разбрасываніемъ и запахиваніемъ. Въ дождливую погоду такія кучи выщелачиваются дождемъ, растворимыя азотистыя вещества проникаютъ съ дождемъ въ почву и мѣсто подъ кучей оказывается переудобреннымъ; при разбрасываніи остальные

части поля получая 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 цѣнные азотистыя составныя части, такъ какъ они просыхаютъ и проливаются воздухомъ, уносящимъ амміакъ.

Поэтому лучше 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 сохраняются безъ измѣненія до весны, такъ что потерь не происходитъ. По стаяніи снѣга кучи остаются лежать какъ бы на ледяныхъ подставкахъ; приходится разбрасывать ихъ не сразу, а по мѣрѣ оттаиванія, которое замедляется и для почвы подъ кучами.

Многіе рекомендуютъ при вывозкѣ въ теплое время года разбрасывать навозъ по полю сейчасъ же и оставлять его лежать разбросаннымъ, если нельзя запахать тотчасъ; этотъ способъ можетъ быть и рациональнѣе, чѣмъ оставленіе навоза въ небольшихъ кучахъ, хотя хуже, чѣмъ заправка 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; Дерегенъ доказываетъ, что и въ этихъ условіяхъ возможны потери въ видѣ свободнаго азота. Что органическое вещество при окисленіи способно выдѣлять сво-

бодный азотъ, Дегеренъ обнаруживаетъ тѣмъ, что если пропускать воздухъ черезъ трубку съ навозомъ и улавливать аммиакъ, то количества N въ уловленныхъ продуктахъ—оставшіеся N навоза неравны исходному количеству азота.

Дегеренъ въ одномъ изъ опытовъ протягивалъ черезъ трубку съ навозомъ воздухъ обыкновенный и озонированный. Результаты опыта были таковы:

N въ навозѣ до опыта . . .	537 mlgr.
» » » въ концѣ опыта. 413 »	
» поглощенного H_2SO_4 . . .	42 »

Недостаетъ N противъ начальн. колич. его 81 » или 15%.

При пропусканіи озонированнаго воздуха не доставало 19% N. Слѣдовательно, при разложеніи органическаго вещества происходила потеря N не только въ формѣ NH_3 , но и въ формѣ не поглощаемой сѣрной кислотой, вѣроятно же всего въ видѣ свободнаго N.

Deherain приводитъ нѣсколько опытовъ по сравненію дѣйствія навоза непосредственно запаханнаго и оставленнаго лежать на поверхности, и каждый разъ запахиваніе оказалось лучшимъ приемомъ; вотъ примѣры:

	Навозъ тотчасъ запаханъ	Навозъ остав. лежать на полѣ.
Кукуруза на зеленый кормъ 1878 г.	78,000	71,600 kg.
» » » 1879 г.	87,000	58,000 »
Картофель 1878 г.	202	188 »
» » » 1879 г.	275	257 »

Для нашихъ условій имѣемъ опытъ Я. М. Жукова (им. Харитоненко) съ озимыми; навозъ частью запахивался тотчасъ, частью оставался лежать или разбросаннымъ въ мелкихъ кучахъ въ теченіе мѣсяца и лишь послѣ этого задылывался; вотъ результаты:

	а) всѣ участки вспаханы при вывозкѣ	б) вспашка произв. лишь при задылкѣ навоза
Навозъ оставленъ въ кучахъ 120 п. зерна		83 п. зерна
» разбросанъ по поверх. 160 » »		120 » »
» тотчасъ запаханъ . . 183 » »		(183) » »

И здѣсь непосредственная вспашка дала лучшіе результаты, нежели оставленіе навоза разбросаннымъ на значительный срокъ; всего же хуже, конечно, было оставить навозъ въ маленькихъ кучахъ, безъ предварительной вспашки, такъ какъ здѣсь къ плохому использованию удобрения присоединилось еще изсушеніе почвы.

Въ засушливомъ климатѣ мыслима даже наличность условій, при которыхъ прикрытіе поля навозомъ дастъ болѣе благоприятный результатъ, но въ силу сторонней причины. Разбросанный по полю навозъ задерживаетъ высыханіе почвы, дѣйствуя какъ всякій мертвый покровъ, и наблюдаемое въ этихъ случаяхъ болѣе благоприятное дѣйствіе его должно быть отнесено не на счетъ утилизации азота при этомъ способѣ, а на счетъ уменьшенія испаренія воды почвой; въ этомъ и заключается благоприятное дѣйствіе лежанія навоза незапаханнымъ, иногда дѣйствительно наблюдающагося; тутъ уже дѣло не въ удобреніи, а въ сохраненіи влаги.

На задылкѣ навоза и послѣдующихъ операціяхъ не будемъ останавливаться, такъ какъ онѣ излагаются въ ученіи объ обработкѣ почвы.

Упомянемъ еще объ одномъ прямомъ случаѣ примѣненія экскрементовъ травоядныхъ для удобренія — о *толокахъ*. Способъ состоитъ въ томъ, что животныя (обыкновенно овцы) стоняются на почъ на мѣсто, которое имѣется въ виду удобрить; оставшіеся послѣ ночевки экскременты запахиваются. При такомъ способѣ устраняется необходимость перевозки навоза, употребленіе подстилки и устройство специальныхъ приспособленій для храненія навоза и избѣгаются потери. Для экстенсивныхъ хозяйствъ съ обширнымъ овцеводствомъ, этотъ приемъ 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 попадающей въ почву и не сопровождаемой массой соломы.

Тотчасъ послѣ удобренія толокой поле перепашивается; 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

входят самые разнообразные материалы, которые или представляют животные отбросы, попутно получающиеся въ хозяйствѣ, напр., трупы павшихъ животныхъ, кости, рога, копыта, шерсть, вредныя наѣкомыя, 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 примѣсю растительныхъ остатковъ, какъ земля изъ канавъ, пыль отъ очистки улицъ, содержащая до 0.2% азота; (кромѣ того указываютъ, что уличная и дорожная пыль содержитъ еще и нѣкоторое количество кали, получающагося изъ обломковъ камней съ шоссе, но усвояемость этого K_2O невелика). Въ тѣхъ же цѣляхъ употребляется и торфъ, обладающій значительной поглотительной способностью и содержащій органическія вещества, способныя при наличности основаній и изобилии микроорганизмовъ также приходить въ разложеніе въ компостѣ. Это относится въ особенности къ азотистымъ веществамъ, азотъ которыхъ можетъ перейти въ амміакъ и нитраты подѣйствіемъ нитрифицирующихъ бактерій въ компостѣ. Торфъ въ зависимости отъ происхожденія содержитъ много или мало зольныхъ веществъ. Моховой торфъ, часто состоящій изъ малоизмѣнившихся растений (*Sphagnum*), содержитъ мало золы, а луговой, въ образованіи котораго участвуютъ злаки и осоки, содержитъ значительное количество ея. Встрѣчающійся иногда вивіанитовый торфъ, благодаря содержанію фосфорнокислой закиси желѣза, можетъ служить для обогащенія компоста фосфорной кислотой.

Далѣе въ составъ компоста могутъ входить самые разнообразные материалы, но стараются подбирать ихъ такимъ образомъ, чтобы съ материалами скоро разлагающимися, напр., мясными отбросами не вносить въ одну и ту же кучу веществъ очень трудно разлагающихся, такъ какъ это ведетъ къ затрудненію опредѣленія времени спѣлости компоста и къ напраснымъ потерямъ питательныхъ ве-

ществъ. Для веществъ медленно разлагающихся можно закладывать отдѣльныя (подготовительныя) кучи.

При приготовленіи компоста материалы 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 материалы для компоста, обычно даются такія указанія: при произвольной длинѣ имъ придаютъ ширину 5—6 фут., и высоту около $\frac{1}{2}$ сажени (въ видѣ трапеціи въ поперечномъ разрѣзѣ).

Уходъ состоитъ въ поливаніи и перелопачиваніи для перемѣшиванія и для доставленія доступа воздуха внутрь кучи.

Время, необходимое для того, чтобы материалы вполне перегнили и компостъ былъ годенъ къ употребленію, различно въ зависимости отъ составныхъ его частей и простирается отъ нѣсколькихъ мѣсяцевъ до 2 лѣтъ. Критеріемъ спѣлости является однородность компостной массы.

Компостъ является довольно универсальнымъ удобреніемъ. Охотно примѣняется компостъ тамъ, гдѣ навозъ мало удобенъ, напр., при удобреніи луговъ; навозъ здѣсь можетъ вызвать этиолованіе растений въ теплое время года, а компостъ можно распределить болѣе равномерно. Компостъ обычно представляетъ собою скороспѣвающее удобрение и дѣйствіе его по большей части ограничивается однимъ годомъ.

Экскременты (Ночное золото).

Значительная часть продуктовъ полеводства (прямо или непрямо) идетъ въ пищу человѣку, слѣдовательно, выдѣленія человѣческаго организма должны содержать большія количества азота и зольныхъ составныхъ частей, взятыхъ растениями изъ 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 (свинѣ) 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 лучше переваривается, 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,

плюсь сухое вещество мочи могутъ содержать до 15% азота, который здѣсь иначе распределяется между твердыми и жидкими изверженіями: въ сухомъ веществѣ твердыхъ выдѣленій содержится 2,5% N; кроме 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 »
зола	4,5 »	14 »
фосфорной кислоты. .	1,35 »	1,78 »
K ₂ O	0,64 »	2,29 »

Такимъ образомъ, большая часть азота содержится въ жидкихъ выдѣленіяхъ. Но для цѣлей утилизаціи важно кроме абсолютныхъ количествъ знать и процентный составъ, зависящій болѣе всего отъ содержанія воды. Оказывается, что примѣсью воды материалы эти обезцѣнены въ значительной мѣрѣ; такъ составъ ихъ таковъ:

	Твердыя изверж.	Жидкія.	Смѣсь ихъ.
H ₂ O	75%	95%	93%
N	1,5%	1%	1% и меньше
P ₂ O ₅	1,0%	0,15%	0,2%
K ₂ O	1,5%	0,18%	0,1%

Содержаніе питательныхъ веществъ въ этихъ отбросахъ зависитъ отъ рода потребляемой пищи и способа уборки ихъ. Чѣмъ лучше пища, тѣмъ богаче азотомъ экскременты, если они одинаковымъ образомъ собираются. Мюнцъ при изслѣдованіи отбросовъ изъ жилищъ зажиточнаго класса находилъ азота 0.869, фосфорной кислоты 0.324, а изъ жилищъ рабочаго класса азота 0.549, фосфорной кислоты 0.167; кали было въ 1½ раза меньше въ послѣднемъ случаѣ.

Но обыкновенно, чѣмъ культурнѣе населеніе, тѣмъ больше оно употребляетъ воды; въ такомъ случаѣ отбросы разжижаются и получается обратная картина содержанія питательныхъ веществъ, благодаря значительному количеству прибавляемой къ экскрементамъ воды: отбросы классовъ лучше питающихся содержатъ часто меньше N и P (процентно), благодаря сильному разжиженію.

Составъ отбросовъ употребляемыхъ на удобреніе различенъ въ зависимости отъ способа уборки ихъ. Самый простой—это система выгребныхъ ямъ, но она неудобна какъ со стороны санитарной, такъ и съ точки зрѣнія полученія удобрения, 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 Лириура. Центральны резервуаръ соединенъ стѣю трубъ съ частными резервуарами отдѣльныхъ домовъ. Для удаленія нечистотъ выкачиваютъ воздухъ изъ центрального резервуара, а потомъ открываютъ краны трубъ частныхъ резервуаровъ и нечистоты под давлениемъ 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 продажу огородникамъ, или же высушиваются для приготовленія пудрета.

Къ экскрементамъ примѣшиваютъ иногда вещества дезинфицирующія или по крайней мѣрѣ устраняющія развитіе неприяно пахнущихъ газовъ; такъ употребляютъ желѣзный купоросъ FeSO₄, который рекомендуется какъ средство, связывающее одновременно и амміакъ, и сѣроводородъ. Его требуется около 10 килогр. на человѣка въ годъ для того чтобы лишить экскременты свойственнаго имъ запаха. Кроме того употребляютъ сѣрнистый цинкъ, гипсъ; поглощающимъ средствомъ служить часто земля (250 килогр. на человѣка въ годъ), а особенно торфяной порошокъ (60 килогр.), мѣстами примѣняютъ соломенную рѣзку, опилки, шерстяные отбросы и т. д. Въ Китаѣ встрѣчается такой способъ: экскременты смѣшиваются въ глиной, формуется въ плитки, высушиваются и въ такомъ видѣ поступаютъ въ продажу, какъ матерьялъ удобный для обращенія и перевозки.

Въ Европѣ изъ этихъ отбросовъ готовятъ пудреты, т. е. высушиваютъ ихъ и превращаютъ въ порошокъ, чтобы избавиться отъ

массы воды и сдѣлать удобрѣніе выносящимъ перевозку на большія разстоянія. Самый простой способъ приготовления пудрета состоитъ въ томъ, что матеріалъ помѣщается въ ямахъ, отстаивается, жидкость удаляютъ, осадокъ выкладываютъ на края ямы и даютъ высохнуть. Высыхание 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 порошокъ и другіе матеріалы, позволяющіе уменьшить потери азота. Иногда сушеніе производится съ прибавленіемъ кислотъ для задержанія NH_3 , прибавляютъ суперфосфатъ; тогда продуктъ часто обозначаютъ именемъ искусственнаго гуано. Но въ такихъ случаяхъ примѣняются уже удаленіе воды выпариваніемъ.

Подъ Парижемъ, напр., практикуется отчасти такой способъ утилизациі нечистотъ; вся масса безъ отстаиванія подвергается отгонкѣ съ примѣсью $\text{Ca}(\text{OH})_2$, амміакъ улавливается сѣрной кислотой и поступаетъ въ продажу какъ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; остальная масса отстаивается, выдѣляя осадокъ и слой жидкости вверху; послѣдняя сливается, а осадокъ сушатъ, предварительно подвергая центрофигурованію. Используются весьма полно въ такихъ случаяхъ азотъ (частью въ дистиллатѣ, частью въ осадкѣ въ органическомъ веществѣ) и фосфорная кислота (въ осадкѣ, въ соединеніи съ известью), лишь кали удаляется съ водами, какъ менѣе цѣнный матеріалъ и труднѣе выдѣляемый.

Пудреть обычно содержитъ азотъ въ формѣ используемой растеніями лучше, нежели азотъ навоза. Такъ, въ первый годъ изъ пудрета переходитъ въ усвояемое состояніе до 50—60% азота.

Въ Голландіи при употребленіи необработанныхъ (сырыхъ) нечистотъ, ихъ по доставкѣ изъ города помѣщаютъ въ резервуары, разбавляютъ водой и прибавляютъ къ нимъ навозной жижи или еще чего либо, способнаго внести элементы пищи растенія (жмыхи). Подготовленный броженіемъ жидкостью пользуются, поливая ею осенью вспаханные поля.

Нечистоты представляютъ удобрѣніе по преимуществу азотистое и могутъ употребляться подъ хлѣба, травы, прядильныя растенія, кормовыя корнеплоды; подъ сахарную свеклу ихъ нельзя употреблять, такъ же какъ и подъ лучшіе сорта табака, въ виду значительнаго содержанія хлористыхъ солей. Лучше всего употреблять нечистоты подъ огородныя культуры, что и примѣняется съ значительнымъ успѣхомъ во многихъ мѣстахъ. Удобрѣніе это довольно быстро дѣй-

ствуетъ, но не надолго и должно повторяться каждый годъ. При употребленіи экскрементовъ въ качествѣ удобрительнаго матеріала замѣчалось неблагоприятное ихъ дѣйствіе на физическія свойства почвы, напр., глинистыя почвы подъ ихъ вліяніемъ становятся болѣе наклонными сплываться, что объясняется отчасти содержаніемъ поваренной соли; на торфяныхъ почвахъ, наоборотъ, они оказывали благоприятное вліяніе.

Легкости передвиженія и перемѣщенія городскихъ отбросовъ можно достигнуть и средствомъ противоположнымъ высушиванію — 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 спускаютъ экскременты вмѣстѣ съ дождевыми и др. водами и направляютъ или въ большія рѣки, какъ, напр., Сѣну въ Парижѣ, или въ море, какъ въ Лондонѣ. Опытъ показалъ, что такой способъ удаленія нечистотъ сильно вредитъ органической жизни рѣкъ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ спускаются нечистоты: рыба перестаетъ водиться на значительномъ протяженіи, количество раствореннаго кислорода сильно понижается, бактерий — увеличивается. Съ цѣлью обезвредить эти нечистоты пробовали фильтровать ихъ, но при этомъ задерживаются только механически взвѣшенные части; химическіе способы осажденія давали малоцѣнные неиспользуемые осадки. Лучшимъ оказалось фильтрованіе канализаціонныхъ водъ черезъ почву; процѣживанье черезъ эту среду населенную микроорганизмами и порозную не является механической операцией, оно связано съ рядомъ химическихъ превращеній въ фильтруемой жидкости, главнымъ образомъ вызванныхъ дѣятельностью микроорганизмовъ; органическое вещество подвергается окисленію, азотъ переходитъ въ форму азотнокислыхъ солей; окисленная жидкость является освѣщенной и обезвреженной. Этимъ фильтрованіемъ и воспользовались съ цѣлями сельскохозяйственными, какъ средствомъ удобрѣнія.

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 до 50.000 куб. метр. жидкости, что въ переводѣ на навозъ по азоту равняется 30.000 пуд.

Подъ Парижемъ для полей орошенія нѣтъ достаточнаго количества земли, поэтому используется только около $\frac{1}{4}$ всѣхъ отбросовъ; остальная часть ихъ еще и теперь идетъ въ Сену. На поляхъ орошенія развита главнымъ образомъ огородная культура; культурныя растенія хорошо удаются, находятъ себѣ обезпеченный сбытъ и арендная плата за землю орошаемую нечистотами постоянно растетъ. Урожаи получаются громадные, такъ свекла, напр., даетъ до 6000 п.

Въ большихъ размѣрахъ устроены поля орошенія въ Берлинѣ; поля эти занимаютъ до 10000 дес. и на нихъ поступаютъ отбросы отъ $1\frac{1}{4}$ милліона жителей; въ среднемъ на человѣка поступаетъ до 100 литровъ жидкости. (При расчетѣ площади полей орошенія принимаютъ 350 человѣкъ на 1 дес. поля). Если перечислить все количество жидкости, поступающей на 1 десятину, на навозъ по азоту, то окажется, что оно отвѣчаетъ 18000 пуд. навоза; слѣдовательно, и здѣсь доставляется громадный избытокъ питательныхъ веществъ на десятину, въ виду того, что желаютъ на единицу площади обезвредить возможно большее количество нечистотъ; слой воды, который профильтровывается черезъ почву, не считая осадковъ атмосферы, равняется $1\frac{1}{2}$ метрамъ.

Въ Берлинѣ на поляхъ орошенія сначала заведена была мелкая культура; сѣялись главнымъ образомъ овощи—свекла, морковь, картофель. Однако, скоро явилось затрудненіе въ сбытѣ отчасти по предубѣжденію, отчасти и потому, что овощи эти дольше не вызрѣвали, благодаря значительному количеству влаги и азотистыхъ веществъ, слѣдовательно, позднѣе поступали на рынокъ, а при сохраненіи скорѣе портились (хотя по опытамъ въ Одессѣ этого не наблюдается). Тогда тамъ стали культивировать растенія, допускающія постоянный сбытъ въ большихъ количествахъ, напр., капусту, которую заквашиваютъ въ значительныхъ количествахъ (для арміи и пр.), а также и кормовую свеклу (для конюшенъ конно-желѣзныхъ дорогъ). Растенія эти культивируются на грядахъ, а между грядами пропускается канализаціонная вода.

Травы оказались тоже очень благодарными за такое орошеніе, въ особенности итальянскій райграссъ, тимофеевка, англійскій райграссъ, 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).

Кромѣ огородной культуры и орошаемыхъ луговъ часть площади приходится отводить подъ зимніе бассейны. Температура воды по-

вышаетъ температуру земли и фильтрованіе продолжается всю зиму. Эти бассейны въслѣдствіи 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, поливаемые площади засаживаются ольхой, плодовыми деревьями, ягодными кустарниками и т. п.

Въ Одессѣ поля орошенія устроены на «Пересыпи», почва которой состоитъ изъ извести и кварцеваго песка (до 98% въ суммѣ); она въ естественномъ состояніи часто безплодна въслѣдствіе отсутствія питательныхъ веществъ, а мѣстами въслѣдствіе близости соленой воды. Орошеніе сточными водами уничтожаетъ соленость и обогащаетъ почву питательными веществами. Опыты огородной культуры удались очень хорошо и дѣло начало быстро расширяться.

Культура на поляхъ орошенія въ Москвѣ дала хорошіе результаты для капусты, свеклы огурцовъ и другихъ овощей, затѣмъ для виковой смѣси, кукурузы на кормъ и разныхъ кормовыхъ травъ.

Косвенныя удобрения.

Къ числу косвенныхъ удобрительныхъ средствъ относятся тѣя, которыя вносятся въ почву не съ цѣлью прямого обогащенія ея элементами пищи растений, но для того, что бы вызвать въ ней рядъ реакцій, слѣдствіемъ которыхъ является освобожденіе питательныхъ веществъ изъ запасовъ почвы.

Поваренная соль.

Типичнымъ косвеннымъ удобрениемъ можно считать *поваренную соль*, потому что въ составъ ея не входятъ элементы, безусловно необходимые для жизни растения. Какъ таковая, поваренная соль теперь рѣдко употребляется на удобрение, но она вносится какъ составная часть стассфуртскихъ солей, а потому съ дѣйствіемъ ея нелишне познакомиться.

Изъ ученія о поглотительной способности почвъ мы знаемъ, что при введеніи соли одного основанія въ почву вытѣсняется большее или меньшее количество другого основанія изъ цеолитовъ; извѣстно, что можно такимъ путемъ даже превратить одинъ видъ цеолита въ другой, калиевый, напр., въ натровый, если дѣйствовать повторно большими количествами солей натрія. Поэтому внесеніе солей натрія въ почву имѣетъ косвенное значеніе, такъ какъ при этомъ вытѣсняется извѣстное количество кали изъ запаса почвы.

Это видно изъ данныхъ такого опыта Франка: высокіе цилиндры (до 6 ф.) наполнялись почвой и эта почва промывалась чистой водой до удаленія всѣхъ растворимыхъ веществъ. Потомъ почва промывалась растворомъ солей калия въ одномъ случаѣ и растворомъ солей калия и натрія въ смѣси въ другомъ. Если вводить только калий, то онъ поглощается въ верхнихъ слояхъ почвы, а если примѣ-

шать соль натрія, то соли калия проходятъ и въ болѣе глубокіе слои.

Такъ какъ внесеніе поваренной соли отчасти возмѣщаетъ калийное удобрение, то это и является главной причиной, почему хлористый натрій вызываетъ иногда благопріятные результаты послѣ внесенія. Но хлористыя соли на многія растенія дѣйствуетъ неблагопріятно; только нѣкоторыя группы растеній относятся къ нему (до извѣстныхъ предѣловъ) безразлично. Замѣчено, что болѣе благопріятно дѣйствуетъ NaCl на прядильныя растенія и кормовыя травы; это ставятъ въ связь съ тѣмъ что это удобрение способствуетъ развитію стеблевыхъ органовъ (въ которыхъ преобладаютъ калийныя соли). Такъ, въ одномъ опытѣ, на неудобренныхъ участкахъ клевера, напр., % стеблей въ массѣ урожая равнялся 32%, послѣ удобрения NaCl % стеблей повысился до 52%.

Извѣсть.

Болѣе важнымъ косвеннымъ удобрениемъ является *извѣсть*; хотя извѣсть представляетъ необходимое для развитія растеній вещество, но если она вносится въ почву какъ удобрение, 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 „
Въ соломѣ злаковъ	—	—	0.26 „
— гороха	—	—	1.86 „

Слѣдовательно, обычныя растенія полевой культуры — хлѣбныя злаки содержатъ мало извести въ урожаѣ, гораздо меньше чѣмъ фосфорной кислоты и кали; кромѣ того съ навозомъ значительная часть извести, находящейся главнымъ образомъ въ соломѣ, обратно вывозится на поля, а отчуждается съ зерномъ сравнительно небольшое количество ея, поэтому 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 известъ необходима въ почвѣ для другихъ функций.

Въ почвѣ известъ встрѣчается въ различныхъ формахъ и оказываетъ рядъ полезныхъ воздѣйствій: нейтрализуетъ кислоты перегнойныя и кислоты, образующіяся при нитрификации, вступаетъ въ реакцію съ кислыми соединениями въ суперфосфатъ и т. п. Кромѣ обычно встрѣчающейся углекислой извести въ почвѣ находятся кремнекислые соединения извести, но онѣ мало доступны и мало принимаютъ участія въ химизмѣ почвы, если находятся въ силикатахъ безводныхъ; лишь въ формѣ цеолитовъ эти кремнекислые соединения извести могутъ играть видную роль въ реакціяхъ обмѣна.

Часть извести связывается въ почвѣ перегнойными кислотами; эта часть не равноцѣнна CaCO_3 ; обычно рекомендуется опредѣлять не всю известъ извлекаемую кислотами, но лишь форму CaCO_3 , какъ болѣе «дѣятельную». Затѣмъ известъ находится, въ почвѣ отчасти въ видѣ фосфорнокислой, сѣрнокислой азотнокислой, менѣе — въ видѣ CaCl_2 и CaFl_2 .

Далѣе, известъ имѣетъ нѣкоторое вліяніе на физическія свойства почвы; растворъ солей извести способенъ осаждать илѣ 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. Можно сказать, что чѣмъ болѣе 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. Такъ, по изслѣдованіи 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 известъ водныхъ силикатовъ (цеолитовъ)

играетъ замѣтную роль въ реакціяхъ почвъ (см. примѣчаніе на стр. 32-й).

Часть извести прочно связана съ органическимъ веществомъ почвы, и становится растворимой въ кислотахъ только послѣ прокаливанія ея но количество извести въ этой формѣ представляетъ лишь очень малую долю отъ общаго ея количества (за исключеніемъ торфянистыхъ почвъ).

Обычнымъ удобреніемъ является известъ въ формѣ CaO . Такъ какъ она встрѣчается въ природѣ обыкновенно въ видѣ CaCO_3 , въ трудно измѣляемомъ состояніи (что неудобно для ея распредѣленія), то ее обжигаютъ, хотя это обжиганіе не имѣетъ въ виду только достиженіе этой цѣли; известъ послѣ обжиганія, переходя въ форму CaO , становится энергичнѣе со стороны ея воздѣйствія на соединения почвы; кромѣ того при обжиганіи теряется 44% ея вѣса, (выдѣленіе CO_2) что удешевляетъ перевозку; такая обожженная известъ рассыпается въ мелкій порошокъ при гашеніи, сильно увеличиваясь въ объемѣ.

При употребленіи различаютъ известъ тощую отъ жирной. Чѣмъ меньше въ извести песку и другихъ постороннихъ примѣсей, тѣмъ она «жирнѣе», тѣмъ энергичнѣе реагируетъ съ водой и легче распадается.

Обожженная известъ получается въ видѣ кусковъ и гасится различно. Иногда известъ 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 известъ. Такое гашеніе неудобно, такъ какъ сопряжено съ потерями; кромѣ того, перевозка и разбрасываніе этого ѣдкаго, пылящаго порошка являются затруднительными.

Лучше вывозить въ поле негашеную известъ, 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 известъ, погружая куски ея въ корзи-
нахъ 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 благоприятна для компоста, но это не входитъ прямо въ число приемовъ известкованія.

Количества 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. Кроме 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.

Что касается дѣйствія извести на почву, то оно довольно сложно и распространяется какъ на органическія, такъ и минеральныя части 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 приостановку біологическихъ процессовъ, но затѣмъ разложеніе возстанавливается (послѣ перехода извести въ CaCO_3 и др. соединенія) еще съ большою энергіей, чѣмъ до известкованія.

Дѣйствіе на азотистыя вещества начинается съ образованія значительныхъ количествъ амміака; пока реакція еще щелочная отъ избытка извести, нитрификація временно понижается, но потомъ, когда процессъ разложенія органическаго вещества увеличивается, точно такъ же увеличивается процессъ нитрификаціи, благодаря тому, что кислые продукты находятъ достаточно оснований для нейтрализаціи, а также и благодаря наличности подготовленнаго известкованіемъ амміака. У Буссенго при внесеніи 1% извести образовалось 76 mlgr. амміака черезъ мѣсяць, а въ неудобренной почвѣ всего 5 mlgr.; для нитратовъ отношеніе было въ 1-й мѣсяць обратнымъ, но потомъ процессъ нитрификаціи въ первой почвѣ значительно обогналъ нитрификацію второй ¹⁾. Отмѣтимъ, что по нѣко-

¹⁾ Въ одномъ произведенномъ у насъ опытѣ черноземная почва при внесеніи умѣренныхъ количествъ извести (0,2%) обнаружилъ повышен-

торымъ наблюденіямъ послѣ сильнаго известкованія уменьшается количество клубеньковъ на бобовыхъ, высѣваемыхъ вслѣдъ примѣненіемъ этого приѣма.

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 ускоряетъ окисленіе нѣкоторыхъ закисныхъ соединеній почвы, напр., вредныя соединенія закиси желѣза переходятъ въ соединенія окиси подъ вліяніемъ извести гораздо быстрее, такъ какъ вытѣсненная известью закись желѣза окисляется легче, чѣмъ ея соли.

Имѣются указанія, что известь въ извѣстныхъ количествахъ способствуетъ поддержанію фосфорной кислоты въ состояніи относительно усвояемомъ, удерживая ее отъ перехода въ фосфаты желѣза, (Bied. с. 1902, 796); но этотъ довольно сложный процессъ является недостаточно еще уясненнымъ.

Известь сильно дѣйствуетъ и на физическія свойства почвъ. Nilgard бралъ глину и дѣлалъ кирпичики изъ чистой глины и изъ глины съ примѣсью извести (0,5—1%); послѣ высушиванія онъ бросалъ 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 внесеніе ея, конечно, не увеличиваетъ ихъ запаса. Прежде, когда не было правильныхъ представленій о роли различныхъ удобреній, послѣднее обстоятельство игнорировалось, часто этимъ приѣмомъ злоупотребляли и приходили въ концѣ концовъ къ результатамъ неблагопріятнымъ. Такъ какъ урожаи на известкованныхъ почвахъ послѣ нѣкотораго подъема въ послѣдствіи быстро падали, чѣмъ на не известкованныхъ (вслѣдствіе болѣе быстрого 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.

ную 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.

Но часто известъ несомнѣнно оказывала существенныя услуги въ поднятіи культурнаго состоянія того или иного района, напр., при известкованіи оказывалось возможнымъ ввести мотыльковыя тамъ, гдѣ ихъ прежде въ культурѣ не было. Раньше въ нѣкоторыхъ департаментахъ Франціи (Loire et Cher) на почвахъ очень бѣдныхъ известью существовало трехполье съ рожью и гречихой. Послѣ проведенія желѣзной дороги стали подвозить туда известъ и начали на известкованныхъ поляхъ воздѣлывать клеверъ, а впоследствии появились посѣвы и пшеницы; одновременно произошелъ подъемъ и скотоводства. Въ Бретани въ бережной полосѣ, за которой сохранилось названіе «золотого пояса» (ceinture dorée), культура стоитъ на такой высотѣ, между прочимъ, и потому, что тамъ легко можно добывать и пользоваться известью изъ морскихъ отложеній; внутри же страны, дальше отъ моря (и отъ извести) культура стоитъ ниже.

При нашихъ вегетационныхъ опытахъ въ 1897 году испытано было до 10 русскихъ почвъ на известъ; наиболѣе сильно реагировалъ подзолъ, но реакція сказалась болѣе или менѣе и на другихъ почвахъ. При послѣдующихъ опытахъ наблюдалось, что разныя почвы выносить различныя количества извести; такъ на нѣкоторыхъ почвахъ внесеніе 1% извести отъ вѣса почвы уже оказывалось избыточнымъ и давало меньшій урожай, нежели внесеніе 1/2%; на другихъ почвахъ предѣлъ полезнаго дѣйствія лежалъ выше. Изъ растений лучше другихъ реагируютъ на известъ бобовыя, но исключеніе представляютъ люпинъ и серраделла, подъ которые известкованіе не принимается.

При удобреніи луговъ известью наблюдается улучшеніе ботаническаго состава: процентъ бобовыхъ и кормовыхъ злаковъ возрастаетъ насчетъ сокращенія нежелательной растительности другихъ семействъ.

Известъ 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 магнезіи; 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.

Мергель вывозится съ осени на паровыя поля; подъ вліяніемъ

влажности и измѣненій температуры онъ размельчается; для равномернаго распредѣленія его разбрасываютъ и запахиваютъ. Онъ вносится въ количествахъ отъ 2000 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 такое-же, какъ и 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 растений веществами. По составу она бываетъ въ высшей степени различна на различныхъ заводахъ.

Въ среднемъ дефекаціонная грязь содержитъ

CaCO ₃	около . . .	40%
H ₂ O	> . . .	40%
N	> . . .	0.3—0.5%
P ₂ O ₅	> . . .	1/2—1%

Какъ видно изъ цифръ, по содержанію азота деф. грязь не уступаетъ навозу, а по фосфорной кислотѣ она богаче навоза; по усвояемости этихъ веществъ въ деф. грязи пока не достаточно выяснена. Употребляютъ 600 пуд. и болѣе дефекаціонной грязи при внесеніи въ паровомъ полѣ.

Газовая известь, отбросъ газоваго производства, не можетъ быть употребляема для удобренія тотчасъ же: она содержитъ ядовитыя для растений вещества, и нужно дать ей полежать нѣкоторое время на воздухѣ, прежде чѣмъ употреблять въ качествѣ удобренія.

Г и п с ь.

Въ качествѣ косвеннаго удобренія играетъ значительную роль *гипсъ*—водный сѣрнокислый кальцій (рѣже примѣняется ангидридъ—безводный). 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 употребляют *суперфосфат-гипс* (онъ же фосфогипс), получающийся 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 благоприятнымъ, вслѣдствіе содержанія фосфорной кислоты, но при покупкѣ этого употребительнаго 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 ₂ O ₅	2—3—5%
Глины и песка до	30%

Гипсъ употребляется почти исключительно какъ поверхностное удобрение и разбрасывается уже по развившимся до нѣкоторой степени растеніемъ; употребляется главнымъ образомъ для мотыльковыхъ растений, культивируемыхъ для корма — клевера и люцерны. При разбрасываніи онъ остается на листьяхъ и первыми дождями смывается въ почву.

Что касается его дѣйствія на растенія, то въ исключительныхъ случаяхъ оно достигаетъ громадныхъ размѣровъ. Такъ, у Буссенго неудобренный участокъ далъ 1100 kgr. клевернаго сѣна, а удобренный гипсомъ 5900 kgr. 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; последнее примѣняется въ засушливомъ климатѣ, когда есть рискъ, что гипсъ, разсыпанный по поверхности весной пролежитъ долго безъ дѣйствія. Употребляется гипсъ преимущественно подъ растенія воздѣлываемыя для корма потому, что онъ способствуетъ усиленному росту листовыхъ и стеблевыхъ органовъ, а не плодовъ (впрочемъ, это вліяніе гипса отчасти зависитъ отъ влажности и плодородія почвы).

Введеніе гипса въ практику удобренія связано съ именами тѣхъ же лицъ, которые способствовали введенію культуры клевера, напр., Шубартъ, (von-Kleefeld).

Среди объясненій дѣйствія гипса есть много различныхъ вариантовъ. Либихъ высказывалъ, что гипсъ дѣйствуетъ растворяющимъ

¹⁾ Конечно при обычныхъ дозахъ гипса, въ 15—20 пудовъ на десятину.

образомъ на другія вещества почвы и помогаетъ поглощенію углекислыхъ солей изъ воздуха. Первая часть его объясненія подтверждается и другими авторами, но относительно второй трудно допустить, чтобы такая ничтожная по вѣсу масса гипса, который вносится какъ удобрение въ количествѣ 20 п., могла оказать вліяніе на поглощеніе амміачныхъ солей почвеннымъ слоемъ, вѣсъ котораго простирается до сотенъ тысячъ пудовъ на десятину 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 NH₃. Буссенго полагалъ, что гипсъ есть растворимая форма извести и дѣйствуетъ прямо. Риттаузенъ приписывалъ дѣйствіе гипса сѣрной кислотѣ. Это отчасти можно поставить въ связь съ тѣмъ, что бобовыя содержатъ много бѣлковъ и для образованія ихъ требуютъ много сѣры. Проф. Богдановъ указывалъ въ послѣднее время, что потребность растеній въ сѣрной кислотѣ больше, чѣмъ мы привыкли думать и можетъ быть многія почвы уже нуждаются въ соответственномъ удобреніи.

Чаще смотрятъ на гипсъ, какъ на косвенное удобрение, которое способствуетъ выдѣленію кали изъ водныхъ силикатовъ почвы. Въ опытахъ Дегерена оказалось, что при промываніи образца русскаго чернозема водой въ водный раствор переходило изъ 1 килогр. почвы 0.048 gr. K₂O, а при промываніи той же почвы водой съ гипсомъ — 0.428, т. е. въ 9 разъ больше.

Отмѣчаютъ что гипсомъ удобряютъ обычно почвы богатые, а не бѣдныя питательными веществами; это можетъ тоже указывать на то, что гипсъ играетъ преимущественно роль косвеннаго удобренія.

Изрѣдка употребляютъ и сѣрнокислый магній; есть указанія, что дѣйствіе его благоприятно. Въ Англіи употребляютъ еще желѣзный купоросъ FeSO₄; въ результатѣ, въ почвѣ образуется тоже гипсъ и углекислая закись желѣза, послѣдняя окисляясь и теряя CO₂ даетъ Fe₂(OH)₆. Здѣсь дѣло сводится къ образованію въ почвѣ гипса и гидрата окиси жезъза, 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 приему.

Постановка опытовъ по удобренію.

Опредѣленіе потребности почвъ въ удобреніи до сихъ поръ нуждается въ показаніяхъ прямого опыта, такъ какъ данныя обычнаго хи-

мического анализа (солянокислой вытяжки) дают слишком общую характеристику почвы, чтобы ей прямо можно было воспользоваться в цѣляхъ практическихъ; 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. Правда, теперь разрабатывается методъ слабыхъ вытяжекъ, но и здѣсь встрѣчаются препятствія на пути; помимо трудностей аналитическаго характера и недостатка физиологическихъ данныхъ приходится считаться съ тѣмъ фактомъ, что если бы мы и имѣли реактивъ, отдѣляющій напр. усвояемую фосфорную кислоту отъ неусвояемой (для того или иного растенія), то показанія анализа относились бы къ одному лишь моменту, въ который взята была почва для анализа; но почва представляетъ среду измѣняющуюся, населенную микроорганизмами, и количество усвояемыхъ веществъ или переходящихъ въ таковое состояніе за вегетационный 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 указанія для практики о примѣнимости или иного удобрения.

Подъ вліяніемъ новыхъ взглядовъ высказанныхъ Либихомъ. Съ 40-хъ годовъ начали производить въ большихъ количествахъ полевые опыты для выясненія вліянія различныхъ удобрень на культурныя растенія; при этомъ въ началѣ казалось, что эти опыты поставить очень легко, стоитъ только засѣять одинъ участокъ какимъ либо растеніемъ по испытываемому удобренью, а другой такой же участокъ—безъ удобрения. Вскорѣ, однако, оказалось, что такая элементарная постановка часто ничего не даетъ, такъ какъ на результатахъ опыта слишкомъ сильно отражаются всякія случайности.

При постановкѣ опытовъ пользуются методомъ разницы, т. е. измѣняютъ тотъ факторъ, вліяніе котораго хотятъ наблюдать, оставляя остальные факторы постоянными и неизмѣнными; но эта неизмѣнность остальныхъ факторовъ въ полевомъ опытѣ слишкомъ трудно осуществима. Въ полевыхъ участкахъ существуетъ цѣлый рядъ условій, которыя могутъ сильно отразиться на результатахъ

опыта, какъ-то: обработка и удобреніе участковъ въ прежніе годы, культурныя растенія бывшія на нихъ, природныя различія въ механическомъ и химическомъ составѣ почвы. Возможно бороться съ этими неточностями разными путями; одинъ изъ возможныхъ способовъ — детальное изученіе почвы въ химическомъ и физическомъ отношеніяхъ, сопряженъ съ слишкомъ большими затрудненіями. 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 удобренью на слѣдующій годъ.

Если участки невелики, то съ цѣлью выравниванія свойствъ почвы мыслимо перемѣшиваніе почвы; но это связано съ большими хлопотами, тѣмъ болѣе, что сколько-нибудь нетщательное распределеніе почвы способно создать существенныя различія въ строеніи почвы на участкахъ; лишь при очень малыхъ участкахъ (наполненія лизиметровъ) возможно пользоваться этими приемами.

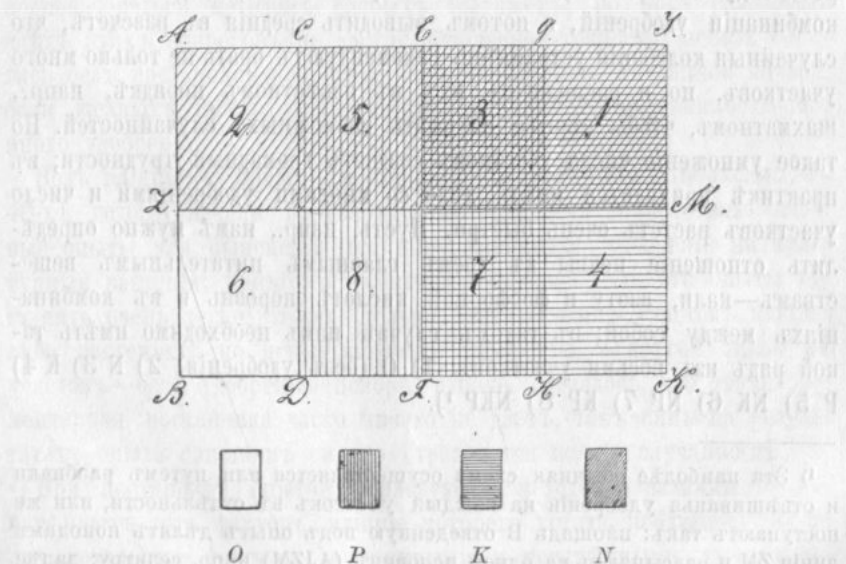
Наконецъ, четвертый, наиболѣе примѣнимый способъ парализовать случайныя различія состоятъ въ томъ что, для полевыхъ опытовъ рекомендуютъ брать большое число участковъ для одной и той же комбинаціи удобрень, а потомъ выводить среднія въ расчетѣ, что случайныя колебанія устранятся. Рекомендуютъ брать не только много участковъ, но и располагать ихъ въ извѣстномъ порядкѣ, напр., шахматномъ, чтобы вѣрнѣе избѣжать возможныхъ случайностей. Но такое умноженіе числа участковъ создаетъ громадныя трудности; въ практикѣ приходится имѣть дѣло со многими удобрениями и число участковъ растетъ очень быстро. Пусть, напр., намъ нужно опредѣлить отношеніе почвы къ тремъ главнымъ питательнымъ веществамъ—кали, азоту и фосфорной кислотѣ порознь и въ комбинаціяхъ между собой; въ такомъ случаѣ намъ необходимо имѣть такой рядъ изъ восьми участковъ: 1) 0 (безъ удобрения) 2) N 3) K 4) P 5) NK 6) NP 7) KP 8) NKP ¹⁾.

¹⁾ Эта наиболѣе обычная схема осуществляется или путемъ разбивки и отвѣшиванія удобрень на каждый участокъ въ отдѣльности, или же поступаютъ такъ: площадь В отведенную подъ опытъ дѣлятъ пополамъ линіей ZM и рассыпаютъ на одной половинѣ (AJZM) напр. селитру; далѣе дѣлятъ пополамъ линіей EF и рассыпаютъ на правой половинѣ (EFJK) напр. калийную соль; третье удобрень (фосфорнокислосое) рассыпается по площади CDGH, равной тоже половинѣ участка, по расположенной по

Если мы хотимъ избѣжать случайныхъ разницъ въ урожаяхъ съ отдѣльныхъ участковъ, необходимо ставить при самомъ грубомъ опытѣ по меньшей мѣрѣ два одинаковыхъ участка; итакъ, число ихъ возрастаетъ уже до 16; лучше же взять 3 или болѣе неудобренныхъ участковъ; когда ограничиваются однимъ участкомъ, то невозможно опредѣлить—принадлежитъ ли повышение урожая вліянію удобрения, или оно случайно.

Рекомендуется при выборѣ мѣста для опытовъ соблюдать по возможности, чтобы между участками не было различій, вызываемыхъ условіями рельефа, разницы эти могутъ состоять въ разномъ распределеніи влаги, питательныхъ веществъ (наносъ или смыванія мелкозема), также свѣта и тепла, при наклонѣ обрабатываемъ 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.

средины его, на разстояніяхъ отъ того и другого края на одну четверть длины. Этими тремя операціями мы получаемъ восемь различныхъ комбинацій по удобрению, согласно приведенной схемѣ, которая должна дать



отвѣтъ на вопросъ, какъ относится почва къ тремъ важнѣйшимъ категоріямъ удобрений — азотистымъ, фосфорнокислымъ калийнымъ (см. Вѣстникъ С. Х., 1901, № 74-а).

Чѣмъ неоднороднѣе почва, тѣмъ болѣе должно быть число однородныхъ участковъ, чтобы достигнуть извѣстнаго постоянства среднихъ показаній; критеріемъ можетъ служить сравненіе средняго показанія одного ряда напр. 5 неудобренныхъ (или одинаково удобренныхъ) съ показаніемъ другого такого же ряда.

Эта необходимость увеличенія числа участковъ является одной изъ самыхъ затруднительныхъ сторонъ при постановкѣ полевыхъ опытовъ, если желаютъ добиться точности и постоянства показаній. Самое важное въ этомъ случаѣ—знать размѣръ возможной погрѣшности и сопоставить съ нимъ различія получаемыя отъ примѣненія удобрения; если напр. отъ удобрения получаютъ приросты въ 40—50%, то разница между показаніями среднихъ изъ неудобренныхъ участковъ въ 5% и даже 10% не будетъ такъ затемнять результаты опыта, какъ если дѣло идетъ объ учетѣ болѣе тонкихъ вліяній; тогда приходится повышать требованіе къ точности показаній.

Обыкновенно сравниваютъ среднее показаніе одинаково удобренныхъ участковъ съ среднимъ изъ показаній участковъ неудобренныхъ, принимая послѣднее за 100 и выражая первое въ процентахъ. Но если дѣло идетъ о сравненіи показанія отдѣльнаго участка, 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 даннаго участка, если бы онъ не получалъ удобрения (Б. Н. Рождественскій).

Можетъ казаться, что иногда, для рѣшенія вопроса о пригодности удобрения достаточно имѣть лишь двѣ категоріи участковъ (съ даннымъ удобрениемъ и безъ него); но сдѣлать рациональный выводъ изъ такого опыта, напр., при опытѣ съ фосфоритомъ все-таки 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 удобрения не пригодна для данной почвы; можетъ быть, наконецъ, почва нуждается въ фосфорной кислотѣ и данная форма ея подходитъ къ условіямъ опыта, но одновременно не хватаетъ, напр., азота и безъ него дѣйствіе P_2O_5 не проявляется (законъ minimum'a).

Такимъ образомъ, кромѣ тѣхъ двухъ участковъ приходится ставить участокъ съ растворимой фосфорной кислотой, съ кали и азотомъ. Тогда опытъ принимаетъ такое расположеніе: 1) безъ удобрения 2) фосфоритъ 3) суперфосфатъ 4) селитра 5) селитра+фос-

форитъ 6) селитра+суперфосфатъ (не считая необходимыхъ повтореній).

Кромѣ числа участковъ обращаютъ вниманіе и на ихъ форму. Опытъ показываетъ, что вытянутые участки даютъ болѣе постоянные результаты, нежели квадратные. Вытянутыя полосы захватываютъ почву различныхъ качествъ, но въ отмѣриваніи ихъ должна соблюдаться извѣстная тщательность, такъ какъ небольшая ошибка въ измѣненіи короткой стороны и неправильность въ проведеніи длинной стороны могутъ существенно отозваться на площади участка. Для этого лучше пользоваться рядовой сѣлкой, которой можно сдѣлать участки строго одинаковой ширины и площади при любой длинѣ; это удобно при внесеніи удобрений рядовымъ способомъ при помощи комбинированныхъ сѣлоковъ.

Участки не должны быть слишкомъ велики; чѣмъ меньше участокъ, тѣмъ тщательнѣе могутъ быть произведены на немъ всѣ работы, но они не должны быть и слишкомъ малы. Большинство признаетъ участки въ 120 кв. саж. наилучшими, другія берутъ ихъ въ 240 саж. Есть сторонники участковъ въ 20—25 кв. саженъ и даже еще меньшихъ, но очень малые участки неудобны въ томъ отношеніи, что растений занимающихъ значительное пространство (картофель, свекла) приходится мало на этомъ участкѣ и на урожай сильнѣе вліяютъ всякія случайности, напр., нѣкоторое число невзошедшихъ растений. Предлагали дѣлать въ такихъ случаяхъ арифметическую поправку на недостающее число растений, увеличивая соответственно урожай. Но эта поправка совершенно произвольна и самое допущеніе, что число погибшихъ растений только случайно, — совершенно невѣрно въ такой общей формѣ.

Число наличныхъ растений несомнѣнно зависитъ отъ удобрения и состоянія почвы. Для свеклы, напр., по навозному удобрению обнаружено было для одного опыта въ среднемъ 88% отъ теоретическаго числа растений, остальные погибли отъ болѣзней и наѣдомыхъ; на удобренной почвѣ — осталось 61%, на участкѣ, получившемъ полное минеральное удобрение — 88%. Такимъ образомъ, на полнотѣ стоянія растений сказывается вліяніе удобрения; дѣлая поправку, мы неправильно понижаемъ это вліяніе.

Если пытаться различать случайныя вліянія отъ закономѣрныхъ, то опять внесемъ произволъ; поэтому лучше не прибѣгать къ подобнымъ поправкамъ. Другое возраженіе противъ малыхъ участковъ — они даютъ урожаи, которые слишкомъ велики при переводѣ ихъ на десятину. Это получается оттого, что при небольшихъ участкахъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга межами, процентъ кра-

евыхъ растений, развивающихся усиленно благодаря болѣе благоприятнымъ условіямъ, значителенъ, а потому и урожаи получаются преувеличенными. Однако же, когда насъ интересуютъ относительныя числа, то это возраженіе не имѣетъ значенія, если мы будемъ выражать повышеніе урожая въ %/о.

При постановкѣ опытовъ по сравнительной оцѣнкѣ удобрений приходится устанавливать размѣръ удобрения — не все равно, вносить ли при однородныхъ совершенно участкахъ большее или меньшее количество удобрения. При большомъ количествѣ испытываемыхъ удобрений происходитъ сглаживаніе разницъ между различными удобрениями, при малыхъ, наоборотъ, подчеркиваются болѣе рельефно разницы.

Пусть, напр. мы сравниваемъ суперфосфатъ и томасовъ шлакъ, у котораго коэффициентъ использованія = 50%. Пусть на данной почвѣ способны произвести наибольшій эффектъ 3 пуда P_2O_5 на десятинѣ. Не зная этого, мы вносимъ 6 пуд. P_2O_5 въ формѣ суперфосфата и томасова шлака и не получаемъ никакой разницы, потому что 3 п. P_2O_5 изъ суперфосфата не будутъ дѣйствовать, какъ избыточные, а 6 п. P_2O_5 томасова шлака произведутъ такой же эффектъ, какъ и 3 пуда фосфорной кислоты суперфосфата. Разница между этими удобрениями вполнѣ обнаружится, если мы возьмемъ половинныя количества. Такимъ образомъ, лучше въ подобныхъ случаяхъ устанавливать извѣстную градацію и брать одиночное, двойное тройное количество удобрений, или брать лишь малыя количества, чтобы всегда вносимый факторъ былъ въ положеніи минимума.

При задѣлкѣ удобрений должно быть обращено вниманіе на то, чтобы они задѣлывались на одинаковую глубину и одинаковыми орудіями, а на участкѣ неудобренномъ такая же вспашка, какая необходима для задѣлки, всетаки была произведена, въ противномъ случаѣ различіе можетъ происходить отъ неодинаковой обработки.

Кромѣ упомянутыхъ, есть еще рядъ причинъ, измѣняющихъ результаты полевыхъ опытовъ, напр., погода; засуха можетъ подавить дѣйствіе удобрения; нападеніе наѣдомыхъ, пораженіе паразитными грибами можетъ повредить опыту¹⁾. Для того чтобы избѣжать этихъ случайностей повторяютъ опыты изъ года въ годъ въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ по одному плану, какъ, напр., въ Ротамстедѣ. Другой пріемъ — это массовое повтореніе опытовъ одновременно во мно-

¹⁾ Иногда бываютъ случаи и обратные, что вліяніе неблагоприятнаго фактора утрированно подчеркиваетъ дѣйствіе удобрения; это наблюдалось однажды напр., при поврежденіи свекловичной плантаціи долгоносикомъ.

гихъ мѣстахъ, какъ это дѣлалъ Меркертъ; онъ ставилъ опыты по одному плану въ цѣломъ рядѣ хозяйствъ и сводилъ всѣ данныя къ концу года. Такіе опыты имѣютъ меньшее значеніе для отдѣльныхъ хозяйствъ чѣмъ опыты производимые въ данномъ хозяйствѣ, но не лишены значенія въ цѣляхъ выясненія дѣйствія какого-либо удобрительнаго вещества.

Другой методъ опредѣленія сравнительнаго достоинства различныхъ удобреній, методъ, при которомъ дѣйствительно можно создать обстановку совершенно тождественную — это культура растений въ искусственной обстановкѣ, въ сосудахъ (методъ вегетационный). Къ методу этому перешли невольно, стремясь уменьшить площадь участковъ и повысить точность опытовъ. Первые шаги въ этомъ направленіи принадлежатъ Ганаманну, который употреблялъ для своихъ опытовъ участки земли площадью въ 1 кв. метръ, отдѣленные другъ отъ друга цементными стѣнками и безъ дна, такъ что почва этихъ участковъ (тщательно перемѣшанная) не теряла связи съ подпочвой. Ганаманнъ былъ настолько увѣренъ въ своемъ методѣ, что даже не установилъ размѣровъ погрѣшностей. Когда Вагнеръ сталъ повторять эти опыты, то нашелъ, что одноименные участки и въ этихъ условіяхъ не даютъ тождественныхъ показаній. Вагнеръ такъ описываетъ свою провѣрку этого метода: снимался слой почвы и подпочвы на 12 вершк., то и другое равномерно перемѣшивалось по-рознь и помѣщалась въ ящики съ цементными стѣнками; необходимое удобреніе распределялось возможно тщательно, выбирались равные по вѣсу клубни для посадки, точно также по вѣсу отбирались зерна высѣваемого ячменя; всѣ работы по уходу, уборкѣ, взвѣшиванію урожая производились съ возможной тщательностью, но въ результатѣ опытовъ все-таки оказалась разница между одинаковыми участками въ 15—20% урожая. При изученіи причинъ этого явленія между прочимъ оказалось, что вліяніе на урожай оказывали сосѣднія съ опытными участки почвы, такъ какъ употребленный цементъ оказался водопроницаемымъ. Вагнеръ тщательно перемѣшалъ и сосѣдную почву, перемѣнилъ цементъ, окружилъ участки посѣвами ячменя, но опять колебанія были до 15% при среднихъ отклоненіяхъ въ 5%.

Причина этихъ колебаній заключалась, какъ оказалось впоследствии, въ томъ, что участки эти не имѣли дна и на урожаяхъ сказывалось вліяніе подпочвы, не одинаково влажной, такъ какъ уровень грунтовыхъ водъ былъ не одинаковъ въ различныхъ мѣстахъ. Кромѣ того, строеніе почвы на различныхъ мѣстахъ участковъ было не

одинаково: середина участковъ была плотнѣе, потому что при наполненіи участковъ земля, выбрасываемая изъ тачекъ и разравниваемая послойно граблями, все-таки ложилась плотнѣе въ срединѣ; благодаря этому здѣсь были лучшія условія доставленія влаги и нитратовъ и растения въ срединѣ развивались лучше. Вагнеръ дренировалъ участки, для того чтобы парализовать дѣйствіе грунтовыхъ водъ, но ниже 10% колебанія не спускались. Тогда онъ рѣшилъ перейти къ сосудамъ и избралъ размѣръ ихъ 50 ст. высоты и 25 ст. въ діаметрѣ. Цинковые сосуды внизу получали гравій, который служилъ и для дренажа и для уравниванія вѣса; сосуды наполнялись почвой не сразу, а послойно при одинаковой степени уплотненія, при чемъ одновременно отбирались пробы для опредѣленія влажности. Такимъ образомъ, вѣсъ почвы является всюду одинаковымъ и точно опредѣленнымъ, одинаковымъ всюду является ея составъ и строеніе; во время опыта влажность почвы регулируется точно по вѣсу, такъ что можно экспериментировать при различныхъ степеняхъ влажности. Распредѣлить удобрения можно весьма совершенно; можно имѣть строго одинаковое число растений во всѣхъ сосудахъ. Вліяніе 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 превышала въ среднемъ 1%. При этомъ устранялось вліяніе погоды; насѣкомыя и паразитные грибки если не устранялись совсѣмъ, то въ значительной мѣрѣ облегчалась борьба съ ними: поврежденія легко могутъ быть замѣчены и соответствующія культуры забракованы, что позволяетъ учесть роль почвы гораздо совершеннѣе, чѣмъ при полевыхъ опытахъ. Различные 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 получилъ цѣнныя данныя по многимъ вопросамъ удобренія (см. Landw. Jahrbücher 1883 и Journal f. Landwirtschaft 1880); таковы вопросы о сравненіи разныхъ источниковъ азота фосфорной кислоты, и пр.

Противъ этого метода есть возраженія, главные изъ нихъ таковы: мы создаемъ искусственную обстановку, помѣщенные въ почву

сосуды нагрѣваются сильнѣе, чѣмъ почва; повышеніемъ температуры сосудовъ увеличивается разложеніе органическихъ веществъ и нитрификація, такъ что процессы все идутъ болѣе ускоренно чѣмъ въ полевомъ опытѣ (возраженія Marek'a). Можно, конечно, бороться съ этимъ обстоятельствомъ; 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. На это указываетъ и то обстоятельство, что въ сосудахъ урожаи получаютъ гораздо выше, чѣмъ въ полѣ; если пересчитать урожай надземныхъ частей на десятину, то получается масса въ 1000 пудовъ и болѣе. Однако, эти опыты даютъ возможность изучить растеніе въ смыслѣ его требованій къ различнымъ удобрениямъ при наилучшихъ условіяхъ; сравнить различныя удобрения между собой; сравнивая песчаныя культуры съ почвенными учесть роль почвы; для рѣшенія же вопросовъ о рентабельности удобрений необходимо прибѣгать къ полевымъ опытамъ, такъ какъ хозяину важно знать размѣры дѣйствія удобрений при реальныхъ условіяхъ влажности, наличности наѣдомыхъ и другихъ невзгодъ.

Такимъ образомъ оба метода имѣютъ право на существованіе; по желательности, чтобы при разрѣшеніи болѣе общихъ вопросовъ вегетационныя опыты предшествовали полевымъ, такъ какъ въ нихъ лучше можетъ быть изучено значеніе отдѣльныхъ факторовъ и послѣ нихъ легче дать правильную постановку полевому опыту и разобраться въ его результатахъ ¹⁾).

Петровское-Разумовское.

Май. 1903.

¹⁾ По постановкѣ полевыхъ опытовъ см. инструкцію С. Л. Франкфурта и Б. Н. Рождественскаго въ „Трудахъ съѣзда общества сахарозаводчиковъ“, вып. I (имѣетъ выйти отдѣльнымъ изданіемъ); по вегетационному методу: П. С. Коссовичъ, Отчетъ сельско-хозяйственной лабораторіи Министерства Земледѣлія, годъ П. С. Л. Франкфуртъ—статья о вегетационномъ методѣ въ Энциклопедіи Девріена. Н. К. Недокучаевъ, Вегетационный методъ въ агрономіи—въ „Извѣстіяхъ Сельско-Хозяйственного Института“ за 1901 г. (имѣется въ продажѣ отдѣльной брошюрой, ц. 30 к.).

ОГЛАВЛЕНІЕ.

ВВЕДЕНІЕ.

Ученіе объ удобрении въ прошломъ и въ настоящемъ. Тьеръ, Либихъ, Буссенго, Гелльригель. 1—20

Почва, какъ посредникъ между растеніемъ и удобрениемъ.

Поглотительная способность почвы. Поглощеніе основаній и кислотъ въ зависимости концентрации и другихъ условій. Участіе отдѣльныхъ составныхъ частей почвы въ явленіяхъ поглощеній; общее значеніе послѣднихъ 21—42

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 42—67

Обзоръ матеріаловъ служащихъ для удобрения.

Удобрения одностороннія.

А. Азотистыя удобрения.

Чилийская селитра, ея происхожденіе и составъ. Отношеніе къ почвѣ. Дѣйствіе на различныя растенія (высота урожая составъ его, соотношеніе въ развитіи органовъ). Сѣрноокислый амміакъ, его полученіе; отличія отъ селитры по отношенію въ почвѣ и дѣйствію на растенія. Примѣненіе селитры и сѣрнокислаго амміака 68—81

Гуано, его составъ прежде и теперь. Рыбное гуано; другіе отбросы животнаго происхожденія (кровяная и роговая мука, шерстяные отбросы). Жмыхи какъ азотистое удобрение. Быстрота разложенія этихъ матеріаловъ въ почвѣ и ихъ сравнительная оцѣнка. Зеленое удобрение, его значеніе и способъ примѣненія. Нитрагинъ 82—96

В. Фосфорнокислыя удобрения.

Ихъ общее значеніе. Фосфориты, ихъ характеристика и распространеніе въ Россіи обработка (механическая). Значеніе фосфоритнаго удобрения 97—111

Приготовленіе суперфосфатовъ; основная реакція; составъ продукта. Двойной суперфосфатъ. Явленія ретроградации и ихъ значеніе. Осажденный фосфатъ (преципитатъ). 111—127

Томасовъ шлакъ, его происхождение и составъ. Кости, ихъ составъ и способы переработки. Удобрительное достоинство различныхъ фосфатовъ въ связи съ особенностями почвъ и растений. Примѣненіе фосфатовъ (количества, время внесенія, способъ распредѣленія и задѣлки). Дѣйствіе на растенія. 127—145

С. Калийныя удобрения

Растенія потребляющія много кали и растенія отзывчивыя къ калийному удобрению; несовпаденіе этихъ группъ. Зола, какъ калийное удобрение. Стассфуртскія соли, составъ важѣйшихъ продуктовъ. Отношеніе различныхъ культуръ къ стассфуртскимъ солямъ. 145—156

Удобрения полныя

Навозъ и его ингредиенты. Составъ твердыхъ и жидкихъ экскрементовъ; сравненіе состава смѣси экскрементовъ съ составомъ корма. Матеріалы служащіе подстилкой, ихъ физическія и химическія особенности. Составъ навоза. Количества его 157—163
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. . 163—176

Вывозка навоза, его распредѣленіе и задѣлка. Дѣйствіе навоза (химическая, физическая и биологическая сторона). Количество питательныхъ веществъ вносимыхъ съ навознымъ удобрениемъ. Усвояемость азота навоза. Явленія денитрификаціи. Удобрение толокой, условія его примѣненія 176—185

Компостъ, его приготовленіе и употребленіе. Человѣческіе экскременты, ихъ составъ въ связи съ способами удаленія. Примѣненіе въ необработанномъ видѣ. Пудреты. Сточныя (канализаціонныя) воды. 185—194

Удобрения косвеннаго дѣйствія.

Поваренная соль. Известь, способы ея примѣненія, дѣйствіе на органическія и минеральныя составныя части почвы. Мергель. Дефекаціонная грязь. Гипсъ, его употребленіе. Существующія объясненія его дѣйствія на почву и растенія. 194—203

Постановка опытовъ по удобрению въ полѣ и въ искусственной обстановкѣ. 203—212

Важнѣйшія пособия по учению объ удобрении.

Густавсонъ. Двадцать лекцій агрономической химіи. 1889.

Костычевъ. Ученіе объ удобрении. 1893.

Его же. Обработка и удобрение чернозема.

Трухановскій. Ученіе объ удобрении. 1897.

Ад. Майеръ. Ученіе объ удобрении. 1897.

Вагнеръ. Примѣненіе искусственныхъ удобрений. 1901.

Вагнеръ. Удобрение азотомъ. 1894.

Будринъ. Искусственные, преимущественно азотистыя удобрения. 1888.

Grandeau. Chimie et Physiologie, appliquées à l'agriculture et sylviculture (содержитъ лучший историческій очеркъ по развитію агрономической химіи).

Sachsse. Lehrbuch der Agrikulturchemie.

Ad. Mayer. Lehrbuch der Agrikulturchemie.

Déhérain. Chimie agricole (2-е изд.)

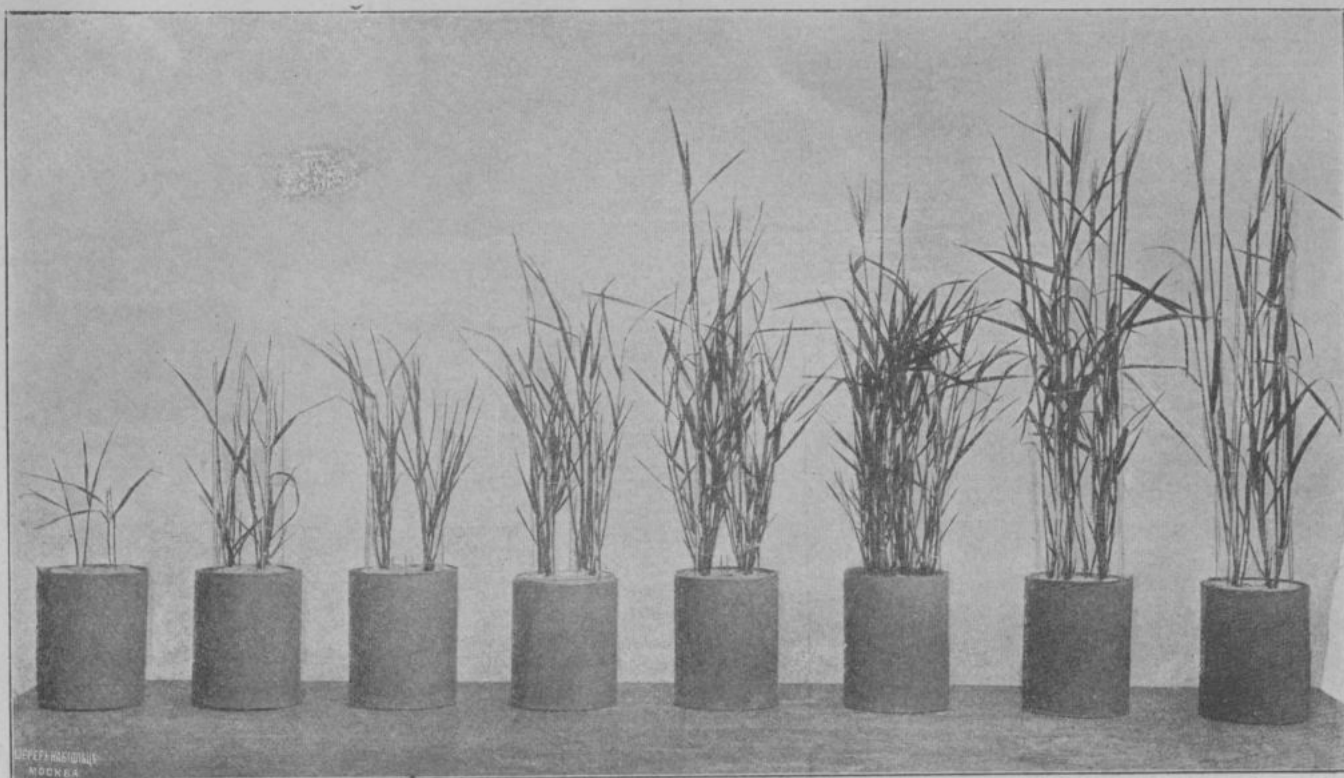
Müntz et Girard. Les engrais.

Maercker. Kalidüngung.

Schucht. Fabrikation des Superphosphats.



Таблица 1. (къ стр. 97),
Значение фосфорной кислоты (песчаная культура 1896 г.).



Колич. P_2O_5	0	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	1 (норм.)	3 ное	8-ное
Урожай:	1,3	5,5	11,9	18,5	34,3	35,1	38,3	33,6 грамм.

Опытъ показываетъ, что урожай опредѣляется количествомъ введенной фосфорной кислоты, пока она находится въ положеніи минимал'наго фактора (фосфорная кислота дана въ видѣ растворимой соли, NaH_2PO_4).

Таблица 2.

Песчанья культуры 1900 года.

Пшеница (къ стр. 132).



Форма P_2O_5 :	—	Фосфоритъ (Смоленскій)					$CaHPO_4$
Относит. колич.:	0	2	4	6	8	10 ное	1
Урожай:	1,2	2,5	2,6	2,0	3,1	3,7	14,7

Опытъ показываетъ, что злаки сами по себѣ чрезвычайно плохо используютъ фосфоритъ, такъ что даже десятерная доза не замѣняетъ единицы фосфорной кислоты двухкальціева фосфата.



Таблица 3.

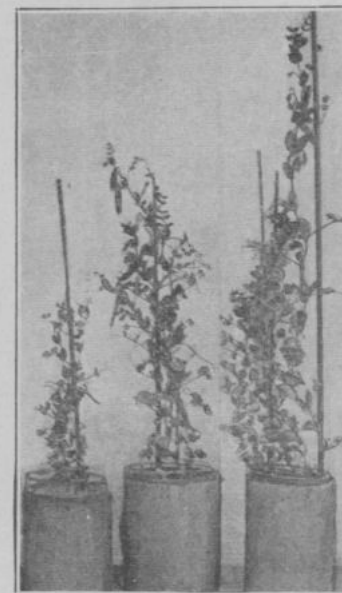
Песчанья культуры 1899 и 1902 г.г.

(Къ стр. 132 — 134).

Озимая рожь.

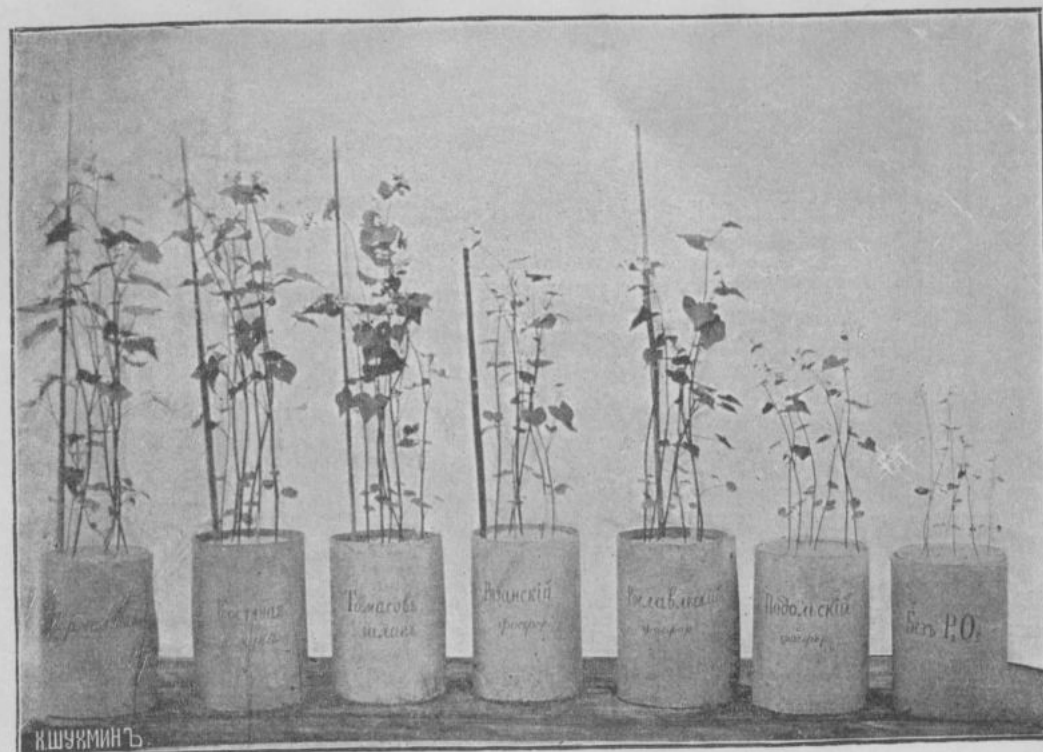


Безъ P_2O_5 Фосфоритъ Раствор. ф. к.
Урожай: 3,5 5,9 97,4 гр.
Подобно яровымъ хлѣбамъ и озимая
рожь въ условіяхъ песчаной куль-
туры не проявляетъ способности ис-
пользовать фосфоритъ.



Безъ P_2O_5 Фосфоритъ Раствор. ф. к.
Въ тѣхъ-же условіяхъ горохъ и гор-
чица даютъ на фосфоритѣ растенія,
замѣтно отличающіяся отъ растеній
лишенныхъ фосфорной кислоты.

Таблица 4 (къ стр. 134).
Гречиха (песчанья) культуры 1899 г.



Форма P_2O_5 : Урожай (сы- рой массы):	KH_2PO_4	Кост. мука	Том. шлакъ	Ф о с ф о р и т ъ			Безъ P_2O_5
				Ряз.	Смол.	Подольск.	
	49,9	46,2	44,6	20,9	31,0	14,6	3,6

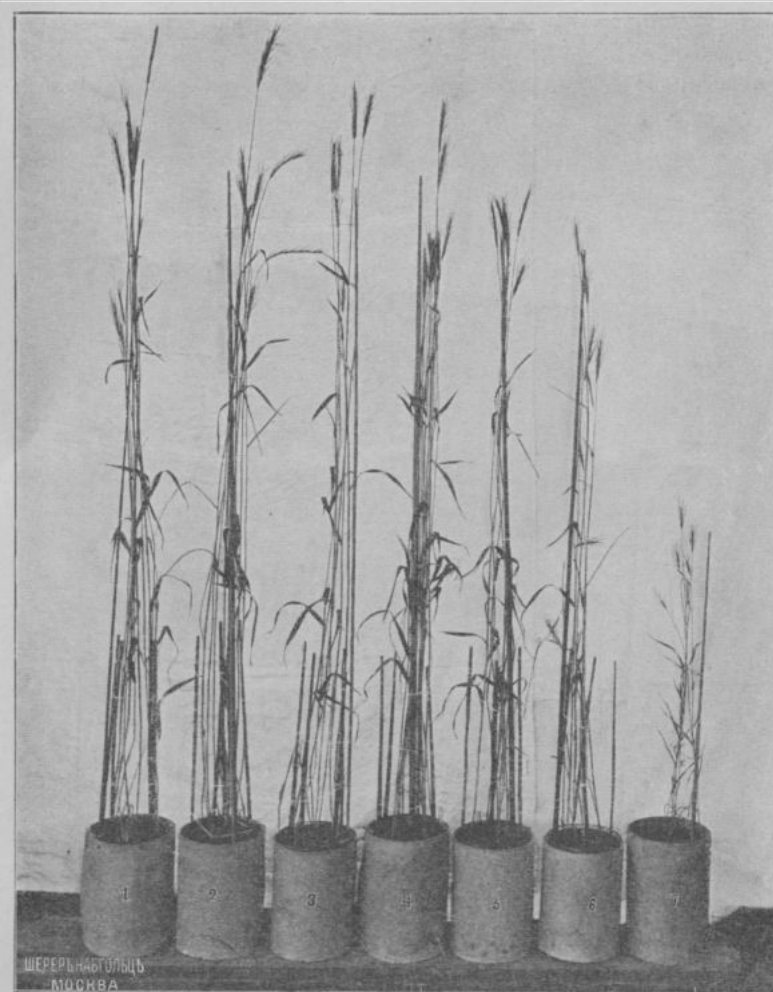
Гречиха, какъ растение съ болѣе энергичной растворяющей способностью корней, достигаетъ значительнаго развитія и на фосфоритѣ (урожай сухой массы зрѣлой гречихи приведены для типичнаго случая на стр. 126).



УНИВЕРСИТЕТ
КАЗАНЬ
С. ПУТИН

Таблица 5.

Рожь (песчаная культура 1899 г.), въ стр. 126—134.



Источник P_2O_5 .	KH_2PO_4 .	Том. шл.	$CaHPO_4$.	$Ca_3(PO_4)_2$.	$Ca(H_2PO_4)_2$.	Кость.	Фосфоритъ.
			+2H ₂ O.	+2H ₂ O.	+H ₂ O.		
Урожай:	21,7	28,6	24,5	23,1	22,4	12,5	1,8 gr.

Рожь, плохо развившаяся на фосфоритѣ, дала гораздо лучше результаты на костяной мукѣ, которая въ свою очередь сильно уступаетъ растворимому и свежесаженымъ фосфоритамъ кальція (положеніе томасова шлака здѣсь выше обычнаго).



Таблица 6.

Просо (песчаная культура 1900 г.), къ стр. 126—134.

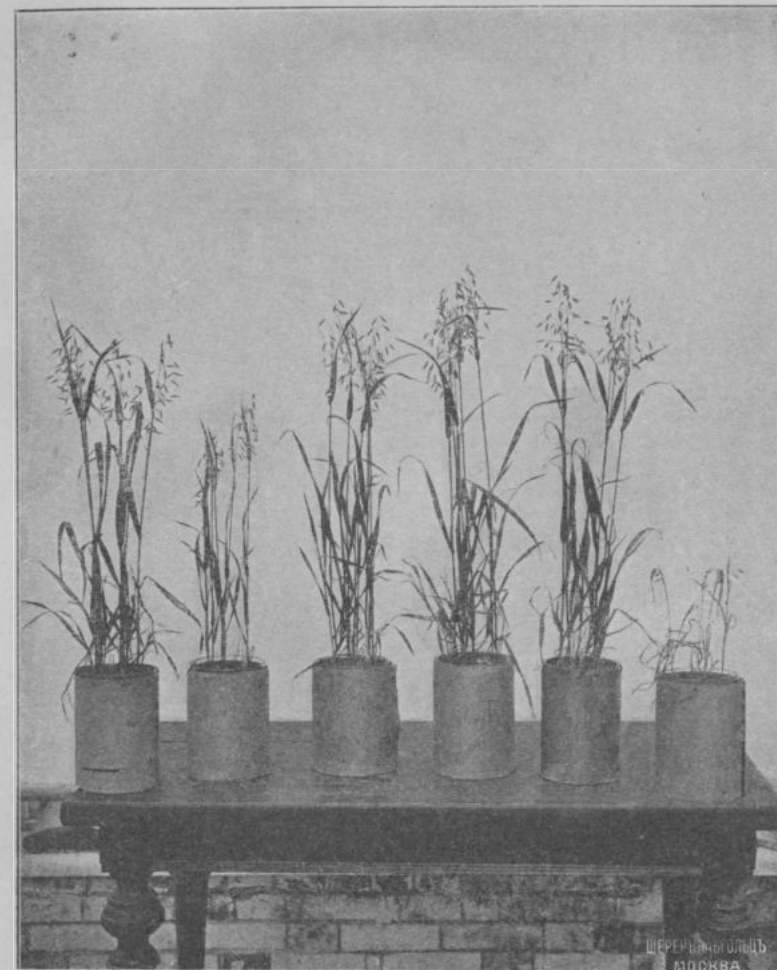


Источ. P_2O_5 : Безъ P_2O_5	Фосфоритъ. (смол.)	КОСТЯНАЯ МУКА.				$CaHPO_4$
		сырая	пареная	обезклеенная	19.9	
Урожай: 0,15	2,9	15,0	19,9	17,1	19,9	24,8 гр.

Просо обнаруживаетъ существенныя различія въ сосудахъ съ фосфоритомъ и костяной мукой, при чемъ костяная мука дала довольно хорошіе результаты.

Таблица 7.

Овесъ (песчаная культура 1900 г.), къ стр. 140.



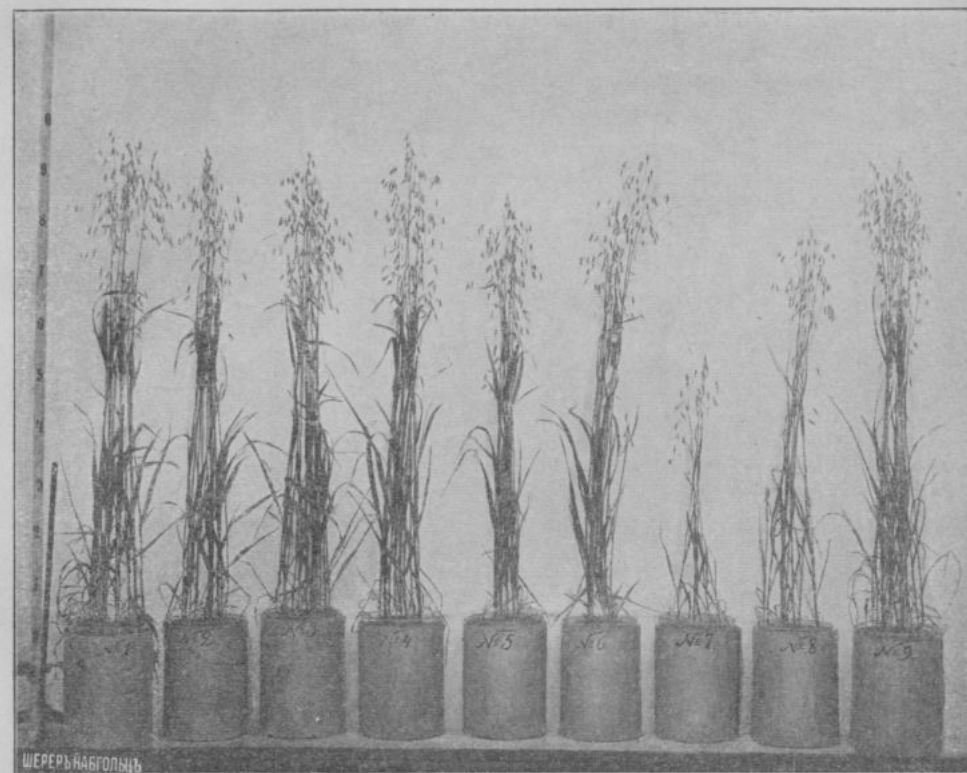
Источ. P_2O_5 :	KH_2PO_4	Ф О С Ф О Р И Т Ъ				
Источ. N:	$NaNO_3$	$NaNO_3$	$\frac{3}{4}NaNO_3$ $\frac{1}{4}(NH_4)_2SO_4$	$\frac{1}{2}NaNO_3$ $\frac{1}{2}(NH_4)_2SO_4$	$\frac{1}{4}NaNO_3$ $\frac{3}{4}(NH_4)_2SO_4$	$(NH_4)_2SO_4$
Урожай:	19.7	6.9	22.0	20.5	19.2	1.6
Кол-ч. P_2O_5 въ урожаѣ:	104.8	6.2	66.0	116.8	176.6	24.1 mgr.

Сѣрно-кислый аммоній въ смѣси съ селитрой дѣйствуетъ растворяющимъ образомъ на фосфоритъ и повышаетъ урожай; но если дать только $(NH_4)_2SO_4$, то благодаря излишней кислой реакціи развитіе растений задерживается.



Таблица 8.

Овесъ (песчаная культура 1900 г.), къ стр. 131.



	СаПРО ₄	Al	Fe	Ф	О	С	Ф	А	Т	Ы	Fe	Al	Fe
Сушка:	—	100°											
Урожай:	30.2	24.0	23.0	21.3	150°	19.5	17.5	3.0	12.5	30.9			

Фосфорнокислый глиноземъ очевидно отдаетъ часть фосфорной кислоты растеніямъ; да прокаливанье не дѣлаетъ его совершенно недоступнымъ. Поэтому выводы Чапека объ отсутствіи кислотъ въ корневыхъ выдѣленіяхъ лишаются своего основанія (но этимъ еще доказано обратное положеніе).



Таблица 9.

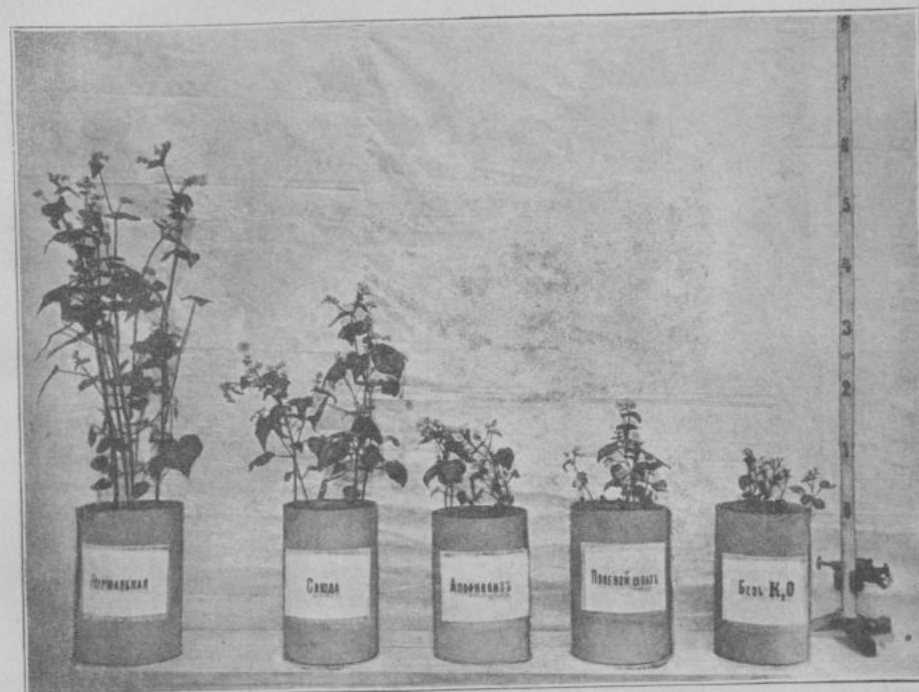
Табакъ (песчаная культура 1902 г.), въ стр. 138.



	Растворимая ф. к.	Зола.	Томасовъ шлакъ.	Костъ.	Фосфоритъ.	Безъ P_2O_5 .
Урожай:	—	45,0	35,3	25,9	5,0	0,67 гр.

Таблица 10.

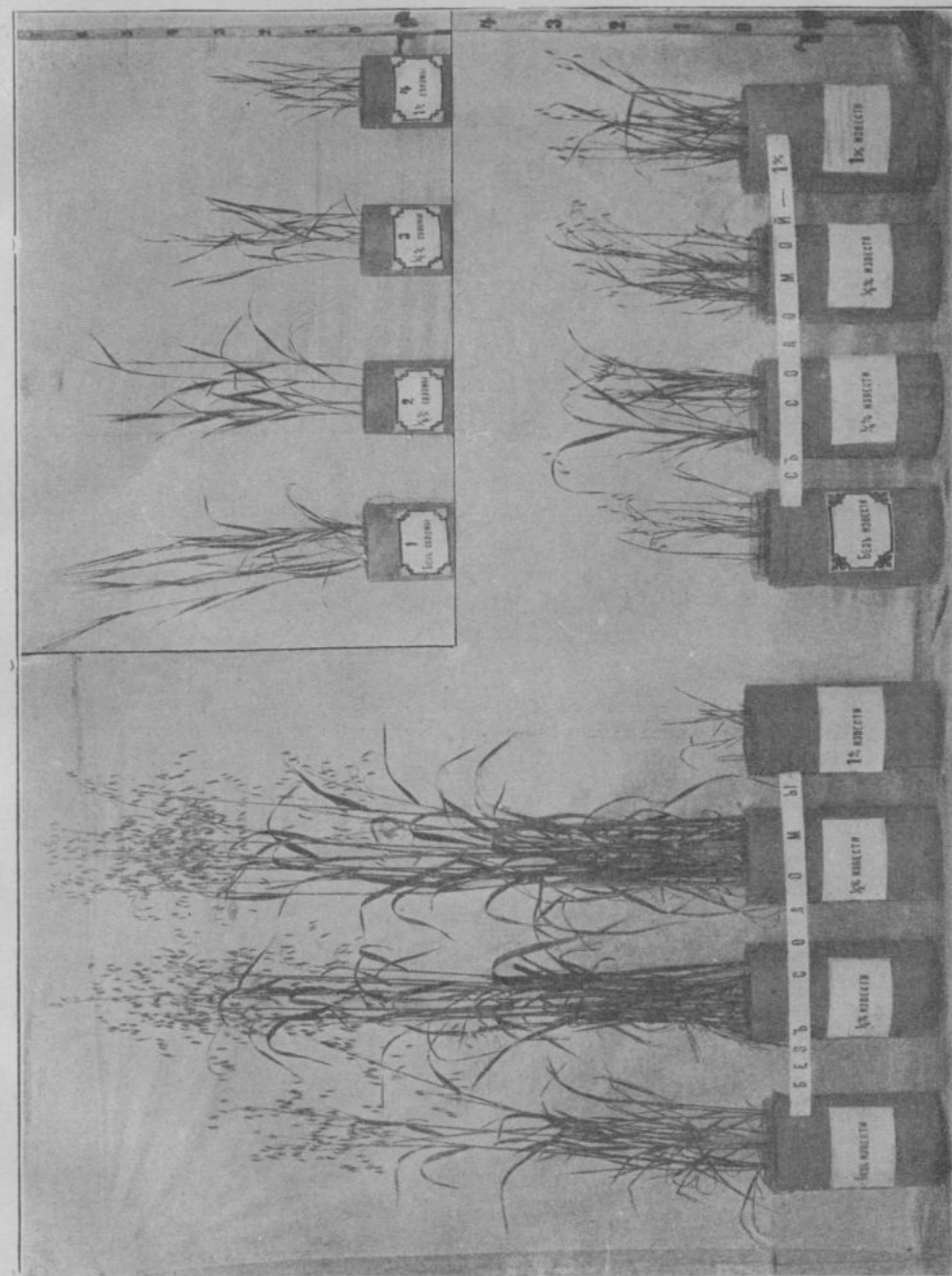
Песчаная культура 1902 г.
Отношение гречихи къ различнымъ источникамъ калия



Источ. K_2O :	Раствор. соль	Слюда	Апофиллитъ	Полевой шпатъ	Безъ кали
Урожай:	8,1	3,3	1,2	0,7	0,5 гр.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР
ПОЧВОВЕДЕНИЯ

Таблица 11.
Почвенные культуры 1902 г.
(къ стр. 180 и 200).



2

**Въ продажѣ имѣются слѣдующія печатныя
работы того же автора:**

- 1) О распаденіи бѣлковыхъ веществъ при проростаніи. 1895.
Ц. 80 к.
- 2) Бѣлковыя вещества и ихъ превращенія въ растеніи въ
связи съ дыханіемъ и ассимиляціей. 1899. Ц. 1 р.
- 3) Доступна ли культурнымъ растеніямъ фосфорная кислота
фосфоритовъ? (съ 4 таблицами). 1899 г. Ц. 50 к.
- 4) Результаты вегетаціонныхъ опытовъ за 1899 и 1900 г.г.
(съ 8 таблицами). Ц. 60 к.

Курсъ „Частнаго Земледѣлія“ готовится къ печати въ но-
вомъ изданіи.

Ц. 1 р. 80 к.

19 11/1 95.08

THOMSON

5-6

