

6313

Г. 859 ч. 2

34825

Григорьев Д. Н.

Учение об употреблении

№ 76
Ир
ИЗДАНИЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВЪ.

ЧЕНИЕ ОБЪ УДОБРЕНИИ.

631.8
П. 859 у о.
34825
КУРСЪ

проф. Д. Н. ПРЯНИШНИКОВА,

ОСТАВЛЕННЫЙ ПО ЕГО ЛЕКЦИЯМЪ И ПОДЪ ЕГО РЕДАКЦІЕЙ *К.*

студентами С. Кочергинымъ и Н. Тулайковымъ.

— ❧ —
МОСКВА.
Типо-литографія В. Рихтеръ, Тверская, Мамоновскій пер., с. д.
1900. *К*

Печатано по распоряженію Сельско-Хозяйственного Института.
Директоръ К. Рачинскій.

34825

Ученіе 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, необходимыя для жизни; 2) или потому, что оно вызываетъ рядъ реакцій въ почвѣ, результатомъ которыхъ является превращеніе прежде недоступныхъ для растенія веществъ въ форму легко усвояемую; 3) или оно усиливаетъ еще и энергію жизненныхъ процессовъ, идущихъ въ почвѣ, внося съ собой организованные ферменты и матеріалъ для ихъ жизнедѣятельности; 4) наконецъ, удобреніе измѣняетъ въ большей или меньшей мѣрѣ физическія свойства почвъ.

Такимъ образомъ, чтобы оцѣнить удобрительное значеніе какого либо вещества, нужно знать потребности растенія, нужно быть знакомымъ съ цѣлымъ рядомъ процессовъ физическихъ, химическихъ и біологическихъ, происходящихъ въ окружающей его средѣ. Поэтому и развитіе ученія объ удобреніи было тѣсно связано съ развитіемъ естественныхъ наукъ вообще, фізіологіи 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 значительной степени вѣрности и детальности, страдая лишь недостаткомъ объясненія. Такъ, римлянамъ напр. извѣстно было удобрительное дѣйствіе не только изверженій животныхъ, но и нѣкоторыхъ минеральныхъ веществъ, какъ зола, гипсъ, известь, мергель; различали нѣсколько сортовъ мергеля, изъ

которых 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 послѣднихъ изслѣдованій), т. е. мотыльковыя, и преимущественно люпины. 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 внесенія удобрений къ извѣстнымъ фазамъ луны; считается при внесеніи удобрений съ принципомъ комбинирования веществъ однородныхъ, напр.: «сухую и теплую» почву удобрять навозомъ сухимъ и теплымъ потому что «simile simili gaudet» (Colerus, Oeconomia, 1592) или же, напротивъ, уравновѣшиванія противоположностей. Питаніе и ростъ приписывали какой нибудь «субстанции», считая за сущность растительной жизни въ однихъ случаяхъ жиръ (unctuosum), въ другихъ соль, въ третьихъ селитру. Glauberus писалъ: «Sal enitrum 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 Palissy «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 всѣ необходимыя для растенія соли). «Если кто засѣваетъ поле нѣсколько лѣтъ подрядъ, не унаживая, то посѣвы извлекутъ изъ земли соль необходимую для своего роста; земля, такимъ образомъ, обдѣняется солями и отказывается давать урожаи, поэтому нужно ее удобрить или дать отдохнуть нѣсколько лѣтъ, чтобы она снова приобрѣла нѣкоторую соленость происходящую изъ дождей и росъ». Подробнѣе о Palissy см. у Grandeau, 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 собственнымъ наблюденіямъ и выводамъ. Къ этому же времени относится и первый опытъ водной культуры: Duhamel'ю удалось выростить въ водѣ и довести до плодоношенія бобы; дубъ росъ у него въ водѣ 8 лѣтъ. Изъ этихъ двухъ опытовъ Duhamel вывелъ заключеніе, что растеніе можетъ питаться водой и воздухомъ, не придавши должнаго значенія тому обстоятельству, что обыкновенная вода содержитъ въ себѣ соли.

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

¹⁾ Авторъ сочиненія „Fundamenta agriculturae chemica“.

станція» 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 выдѣлять 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 бесполезности», 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 Гравдо, 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, въ 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 измеленный уголь, а получивъ отрицательный отвѣтъ на опытъ онъ объяснилъ, что углеродъ можетъ поступать въ корни только въ растворимыхъ соединеніяхъ. Удобрительное дѣйствіе углекислаго амміака Дэви также объясняетъ тѣмъ, что это вещество содержитъ въ себѣ 4 органогена. Соли онъ считалъ необходимыми постольку, поскольку онѣ сообщаютъ организму большую крѣпость и способность противостоять паразитамъ. Такими же сторонниками питанія растеній гумусомъ были въ Италіи Гаццери, во Франціи Chaptal.

Но болѣе всѣхъ популярности этой ложной теоріи питанія растеній способствовалъ Тэеръ (1752 — 1828), такъ много поработавшій въ дѣлѣ преобразованія сельскаго хозяйства въ Германіи. Тогда (около 100 лѣтъ тому назадъ) Германія переживала переходную стадію,

аналогичную отчасти той, въ какой находится теперь наше сельское хозяйство: это былъ періодъ упраздненія трехполья и перехода къ плодосмѣнному 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 опытъ Шрадера, что онѣ синтезируются растеніемъ, а о гумусѣ пишетъ: «плодородіе почвы зависитъ собственно цѣликомъ отъ него, такъ какъ кромѣ воды онъ единственное вещество почвы, могущее служить пищей растеніямъ». Чѣмъ больше питательныхъ веществъ содержитъ растеніе, тѣмъ больше оно и поглощаетъ гумуса; напримѣръ, 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 переносили гумусъ въ форму удобоусвояемую.

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

«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 въ при непрерывной культурѣ и къ необходимости возврата минеральныхъ веществъ почвѣ. «Воздухъ остается всегда одинаковымъ по своему составу, но нельзя того же сказать о почвѣ; поэтому необходимо возмѣщеніе утраченного ею, причемъ всегда нужно обращать больше 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 большинство 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 усвоенія перегноя изъ 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 ученѣмъ мірѣ, но и въ массѣ практическихъ хозяевъ; оно было написано не строгимъ язы-

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

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

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

На долю перегноя Либихъ оставилъ только одну роль — постоянного 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, такъ какъ зная, что воздухъ содержитъ азотъ и въ видѣ амміака, и въ формѣ окисленной, рѣшилъ, что почва достаточно получаетъ азота съ осадками, чтобы удовлетворить потребность культурныхъ растеній. Поэтому, съ точки зрѣнія Либиха, въ навозѣ цѣнна была лишь зольная часть его. (Это вполнѣ опровергнуто было прямымъ опытомъ Буссенго, удобрившаго два однородныхъ участка одинъ — навозомъ, а другой — золой отъ такого же количества его; на первомъ участкѣ эффектъ получился гораздо большій).

Естественнымъ продолженіемъ взглядовъ Либиха на питаніе рас-

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

теній 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 вытекала изъ стремленія уравновѣсить предполагаемый расходъ органическихъ веществъ съ его приходами въ почвѣ.

Либихъ подвергъ критикѣ самое понятіе объ *обогащающихъ* почву растеніяхъ; разъ растенія берутъ изъ почвы только минеральныя вещества, необходимыя для ихъ развитія, то каждый урожай уноситъ нѣчто изъ почвы, обѣдняетъ ее, ни одно растеніе не можетъ обогащать почву элементами пищи для другихъ растеній, а можетъ только ее истощать. Но истощеніе это производится разными растеніями въ разномъ направленіи: одни берутъ преимущественно 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 грозить 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 соломѣ злаковыхъ дало поводъ Либиху первоначально считать и это вещество существеннымъ для развитія растеній.

продукты, увозя вмѣстѣ съ ними и тѣ вещества, которыя взяты были изъ почвы для ихъ образованія—возвращаются въ навозѣ лишь вещества, входящія въ составъ соломы и сѣна, идущихъ на кормъ и подстилку животнымъ. Слѣдовательно, поля при исключительно навозномъ удобреніи ежегодно не получаютъ часть того, что отдають растенію; а такъ какъ есть разница въ составѣ зерна и соломы, то не всѣми питательными веществами почва будетъ обѣдняться въ равной степени; прежде всего почувствуется недостатокъ въ фосфорной кислотѣ, которой много содержится въ зернахъ и меньше—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 даетъ 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 растений, назначилъ для полученія преміи слѣдующую тему: «такъ называемыя неорганическія вещества, которыя находятся въ золѣ растений, 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 растений въ промѣтомъ царской водкой для удаленія

выращиванія растений въ искусственной, строго опредѣленной средѣ, которымъ шли Вигманъ и Польсторфъ и которой впоследствии получилъ 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, всѣ 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 всѣ 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 дистиллированной водѣ. Этотъ методъ получилъ въ то время предпочтеніе потому, что свободную отъ примѣсей воду получить легче, нежели совершенно чистый песокъ; кромѣ того и самая прозрачность среды, возможность вынимать изъ нея растеніе, не причиняя вреда ему, представляютъ извѣстныя удобства. Первые предложеніи замѣнить

даютъ въ одномъ случаѣ полную смѣсь солей, а въ другомъ—исключаютъ изъ нея испытуемое вещество и наблюдаютъ, какъ отзывается эта разница на ростъ; («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 , F_2O_3 , P_2O_5 , N_2O_5 , So_3 ; если хотя одно изъ этихъ веществъ отсутствуетъ, растеніе не развивается нормально, остается предѣльнымъ, подобно тому, 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 такового, 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 трехъ-основный 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 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. Либихъ же требовалъ

¹⁾ Кнопъ нашелъ, что растеніе наилучше развивается при такомъ соотношеніи питательныхъ веществъ: 4 части $Ca(NO_3)_2$, по 1 части KNO_3 , $CaSO_4$ и $MgSO_4$.

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

въ интересахъ потомковъ примѣненія приемовъ, хотя бы и убыточныхъ въ настоящее время. Помимо трудной выполнимости этого требованія является еще вопросъ, насколько правильно мы теперь можемъ оцѣнивать интересы нашихъ потомковъ. Покойный Н. Е. Лясковскій, читая 1886 года въ Моск. Унив. 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» 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 серия 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, замкнутыми сѣрной кислотой или въ стеклянномъ шкафу, съ постояннымъ токомъ воздуха очищеннаго отъ соединеній азота. Извѣстно, что эти опыты, произведенные (1851—54 гг.) въ большомъ числѣ, со всѣми возможными предосторожностями, привели Буссенго къ выводу, что атмосфер-

¹⁾ Если до этого, въ прямомъ смыслѣ, еще повидимому и далеко, то все же появившаяся въ томъ же 1886 году работа Гелльригеля 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 цѣлью продолжаютъ онъ 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 и 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 подъ вліяніемъ селитры	—	0,323	0,733	2,883

Такъ видимъ, внесеніе селитры въ количествахъ относящихся какъ 1:2:8 вызвало увеличенія урожая въ почти въ такихъ же отношеніяхъ. Этотъ опытъ сдѣланъ былъ на открытомъ воздухѣ, слѣд. углекислый амміакъ, которому Либихъ приписывалъ такую роль, имѣлъ доступъ къ растеніямъ, но 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 путемъ анализа учету количество отдѣльных элементовъ вносимыхъ съ удобреніями и уносимыхъ урожаями послѣдовательныхъ культуръ даннаго сѣвооборота, замѣтилъ, что урожай въ суммѣ уносить постоянно больше азота, чѣмъ его вносятся съ удобреніями за весь періодъ сѣвооборота.

Вотъ эти данныя:

	Азотъ урожаявъ.	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

Значить 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 добыванія 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.

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 дождя). 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 подѣ 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 Grandeau); 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 обилентъ, важно отмѣтить еще что онъ одинаковъ для всѣхъ растеній, а въ сельско-хозяйственной практикѣ все болѣе и болѣе накапливались факты указывающіе, что одни изъ культурныхъ растеній (бобовыя) используютъ какіе-то источники азота, недоступные для другихъ.

Весьма рельефно это сказалось у Лооза и Джильберта (Ротамстедтъ) 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 унесли 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 впоследствии прямо отмираютъ или служатъ пищей животнымъ, тоже умирающимъ и приходящимъ 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) подлѣжитъ известнымъ физическимъ законамъ—чѣмъ выше t^0 , тѣмъ больше амміакъ выдѣлится водой въ воздухъ, чѣмъ ниже, тѣмъ вода будетъ удерживать большія количества амміака въ растворѣ; значить южныя моря будутъ отдавать атмосферѣ больше амміака, чѣмъ сѣверныя, значить южныя вѣтры будутъ вызывать повышение титра амміака въ атмосферѣ что и имѣетъ мѣсто въ дѣйствительности.

Эти цифры 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.

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).

Далге, Шульцъ (въ Люпицѣ) показалъ, что можно получать на бѣдной песчаной почвѣ удовлетворительные урожаи ржи и картофеля, не примѣняя ни селитры, ни навоза, а культивируя люрины на зеленое удобрение и внося подъ нихъ каппитъ 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, завѣдуя сельско-хозяйственной опытной станціей¹⁾, поставилъ себѣ одной изъ главныхъ задачъ опредѣленіе количества отдѣльныхъ элементовъ пищи (N, K, P), какія необходимы для полученія нормальныхъ урожаевъ сельско-хозяйственныхъ культурныхъ растений. Оказалось, что установленіе такихъ нормъ для азота натолкнулась на непредвидѣнные затрудненія. Именно, при песчаныхъ культурахъ (въ пескѣ *непрокаленномъ*, въ отличіе отъ Буссенго) злаки обнаруживали извѣстную правильность, давая урожай тѣмъ болѣе, чѣмъ болѣе введено было въ сосуды азота въ формѣ селитры, но бобовыя развивались внѣ всякой зависимости отъ этого фактора; вотъ цифровой 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.

Такие результаты Hellriegel получалъ въ 1883, 84 и 85 годахъ (первыя его наблюденія надъ бобовыми относятся даже къ 1863 году) около этого времени появилась работа Brunnhorst'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'ъ.

²⁾ См. описаніе этой серіи работъ: „Untersuchungen über die Stickstoffnahrung 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 усвоеніемъ 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 правы были старые авторы, давая нѣкоторымъ растениямъ названіе «обогащающихъ» почву: бобовыя могутъ увеличивать въ ней не только количества органическаго вещества, но и азота; учесть 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, Россовичъ, Bouilhac, Mazé и др.) Отмѣтимъ, что Nobbe и Hiltner указали и различія между бактеріями разныхъ видовъ бобовыхъ, на возможность повысить урожай бобового зараженіемъ почвы соответствующей 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 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 координированье 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 сельско-хозяйственныхъ культурныхъ растений (въ противоположность первоначальной формулировкѣ Либиха), но къ

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.).

факторамъ физическимъ и химическимъ добавимъ, на основаніи работъ Гелльригеля, признаніе значенія фактора біологическаго, не упуская изъ виду, что факторъ этотъ можетъ дѣйствовать какъ въ положительную сторону (усвоеніе азота, нитрификаціи), такъ и въ отрицательную (денитрификація).

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

Почва, какъ посредникъ между растеніемъ и удобрениемъ.

Поглотительная способность почвъ.

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

Исторію изученія явленій поглощенія ведутъ обыкновенно съ Гаццери (Италія), который въ 1819 г. издалъ сочиненіе озаглавленное «Новая теорія удобрения». Тамъ онъ описываетъ свои опыты продолживанія навозной жижи черезъ глину, причемъ происходитъ обезживаніе 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 производилъ такіе же опыты, не зная о работахъ Гаццери и пришелъ къ заключенію, что даже песчаные почвы способны притягивать растворимые вещества и сполна ихъ воспринимать, не отдавая ихъ затѣмъ притекающей водѣ; даже растворимые соли, будучи поглощены, лишь въ незначительныхъ количествахъ вымываются водою; отсюда Броннеръ заключалъ, 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 продолжалъ опыты со многими почвами и различными веществами, пытаясь вы-

яснить, какая составная часть обуславливает поглощение. Проще говоря через почву растворы калийных и аммиачных солей, он наблюдал поглощение оснований, кислоты же, связанные с ними (SO_3 , Cl , N_2O_5) оказывались в раствор большей частью в виде солей извести, а часто и других оснований; фосфорная кислота вела себя иначе—она тоже задерживалась почвой; если кали и аммиак употреблялись в соединениях с P_2O_5 , то они поглощались сильнее. Уэ объясняет это явление реакциями взаимного обмена между раствором и почвой; сначала он думал, что в почву вступает в эти реакции кремниевая известь; но опыты с этим веществом не подтвердили его предположения. Тогда Уэ обратил внимание на так называемую цеолитную часть почвы—водные двойные соединения кремниевослого глинозема с другими кремнекислыми основаниями, которые образуются в почве, при процессах выветривания, непосредственно или путем вторичным, при соприсосновении 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. Проще говоря слабые растворы сернистого 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 извести ¹⁾; поэтому он решил, что явления поглощения не зависят от химического состава почвы, и должны отойти к категории явлений физических. Для сравнения он указывал на способность угля задерживать красящие вещества

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

и обезцвѣчивать такимъ образомъ прощженный растворъ. Этой способностью дѣйствительно обладаютъ многія вещества въ тонко измельченномъ состояніи: какъ сѣра, мышьякъ, но нельзя сравнивать поглощеніе солей почвою съ этимъ поглощеніемъ, такъ какъ здѣсь задерживаются лишь трудно растворимыя вещества, трудно диффундирующія, съ высокимъ молекулярнымъ вѣсомъ, иногда даже не цѣликомъ проходящіе черезъ обыкновенный фильтръ. Соли же щелочныхъ и щелочноземельныхъ металловъ не задерживаются ни этими веществами, ни углемъ, если уголь не содержитъ минеральныхъ примѣсей. Адольфъ Майеръ приготовилъ свободный отъ золы уголь, осаждающій сажу отъ коптящей керосиновой лампы на дно чашки съ холодной водой и затѣмъ прокаливая ее въ закрытомъ тиглѣ. Такъ приготовленный уголь не поглощалъ солей заведомо поглощаемыхъ почвой: KCl , K_2SO_4 , Na_2HPO_4 ; NH_4OH и т. д.—титры профильтровываемыхъ жидкостей остались безъ измѣненія; а красящія вещества этотъ же уголь осаждаетъ.

Помимо того, что сравненіе съ углемъ является не подходящимъ, рядъ работъ по поглотительной способности, вызванныхъ Либихомъ же, доставилъ рядъ фактовъ, подтверждающихъ взглядъ Уэ; тѣмъ не менѣе на выводахъ германскихъ изслѣдователей надолго отразилось вліяніе авторитета Либиха и многіе изъ нихъ старались доказать, что однихъ химическихъ причинъ недостаточно для объясненія явлений поглощенія.

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

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

Поглощеніе щелочей. Не только кали, какъ мы выдѣли изъ опытовъ Уэ, способенъ поглощаться почвой, но также и натръ, и аммиакъ, причемъ кислота остается въ растворѣ (если только это не была фосфорная или SiO_2) въ связи съ другими основаниями, замѣняющими поглощенные въ эквивалентныхъ количествахъ. Но энергія, съ которой поглощается основаніе, различна, такъ, натръ зна-

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

	Взято на 250 к. с. Na ₂ O въ формѣ.	Поглощ. въ гр.	Въ % отъ взятаго ко- личества.	Для кали.		
				K ₂ O.	Gr.	%.
100 гр. почвы. Сѣрнок. 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
Фосфорнок. . .	0.1550	0.0414	—26.7	0.2355	0.1271	53.9
Карбонаты. . .	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)₂ O, (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 (NaCl)—0.0270 Na₂O, а послѣ обработки растворомъ кали—0.0621 Na₂O. Тоже можетъ быть свидѣтельствомъ 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 вліяетъ: чѣмъ крѣпче растворъ, тѣмъ абсолютно больше изъ него беретъ почва, но процентно—меньше: слабые растворы истощаются поэтому сильнѣе, но никогда—до конца. Это можно видѣть на слѣдующихъ цифрахъ:

Въ 500 частяхъ воды растворено 0.585-mmг K ₂ O	поглотилось 0.190-mmг.
» » » » 1.170 » » »	0.250 »
» » » » 2.340 » » »	0.390 »

Какъ видно поглощеніе повышается не пропорціонально концентрации, а медленно. Бедеръ пытался установить такое правило для этого: величина поглощенія возрастаетъ при увеличеніи концентрации 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. $\sqrt{2}$) получаютъ слѣдующія величины при удвоеніи концентраціи:

$$\frac{1}{20} : \frac{1}{10} \text{ для } K_2CO_3 - 1,21 \text{ (min.) для } KNO_3 - 1,85 \text{ (max.)}$$

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 взаимнѣе поглощаемого вещества выделяется другое и равновѣсіе опредѣляется не только количествами вещества реагирующихъ, но и энергіей замѣщенія различной для разныхъ веществъ. По опытамъ Беммелена кривая, выражающая эту зависимость, имѣетъ видъ параболы, т. е. поглощеніе вначалѣ быстро слѣдуетъ за концентраціей, а затѣмъ уже мѣняется очень медленно, какъ бы приближаясь къ точкѣ насыщенія. Поэтому и законъ Бедекера не можетъ быть вѣренъ: для начальныхъ ступеней концентраціи можетъ существовать пропорціональность не корнямъ, а цѣлымъ числамъ, а для высшихъ ступеней возрастаніе поглощенія отстаетъ 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:

100 гр. поч. 0.5888 гр. K ₂ O	раствор. въ 250 к. с. поглощ. 0.1990 гр. = 33.8% —1.1
» » 1.1795 » » 500 » »	0.2517 » = 21.3% —1.21
» » 2.3550 » » 1000 » »	0.2935 » = 12.4% —1.47

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

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 gr.; слѣдовательно въ жидкости осталось $\frac{A-a}{1}$ gr.; при этомъ распредѣленіи существуетъ равновѣсіе въ притяженіи веществъ почвой и растворомъ. Удвоимъ теперь объемъ раствора 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 такъ ясно, такъ какъ 1-й случай отличается отъ 2-го лишь участіемъ 2-го 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 Гандаберга и Стомана изъ амміачнаго раствора поглотилось черезъ 4 часа—0.050 gr., черезъ 24—0.058 и черезъ 168—0.067 gr.

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

Относительно того, насколько отвѣчаютъ эквивалентамъ количества поглощаемыхъ оснований, 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 gr. почвы:

1	2	3	4	5
2.483	1.700	1.940	1.524	1.583

При обработкѣ NH_4Cl и перечисленіи $(NH_4)_2O$ на K_2O получается:

2.510	1.712	1.980	1.562	1.610
-------	-------	-------	-------	-------

¹⁾ Landw. Versuchsstationen, XXXIII.

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

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

	Эквивалент. основ.	Поглощено K_2O .
При 0.2944 K_2O въ 250 к. с.	0.1241	0.1381
» 0.5888 »	0.2061	0.1990
» 1.1776 »	0.3138	0.3124
» 2.3552 »	0.4540	0.4503

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

Количество основанія.	Концентрація.	Поглощ.
$MgCl_2$ 0.1	1 gr. на 250 к. с.	0.0985—9.8%
$CaCl_2$ 0.1	1.4 gr. »	0.0374—2.7%
$MgCl_2$ 0.01	0.1 »	0.0346—34.6%
$CaCl_2$ 0.01	0.14 »	0.0208—15%

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 оснований при соприкосновеніи съ почвой, обратимся теперь къ этой послѣдней и посмотримъ, какія изъ ея составныхъ частей и въ какой мѣрѣ участвуютъ въ поглощеніи оснований.

Песокъ и невыветрившіеся минералы очевидно должны быть

исключены изъ числа факторовъ поглощенія. Первый, состоя изъ кварцевыхъ зеренъ, предоставляет почти неизмѣняемое химически тѣло, не поддаваясь дѣйствию даже сильныхъ реактивовъ. Остаются слѣдовательно слѣдующія вещества: силикаты водные (вывѣтрившіеся), гидраты окиси желѣза и глинозема, свободная водная SiO_2 , карбонаты, сульфаты, фосфаты и гуматы.

Что касается водныхъ силикатовъ, то они или представляютъ конечные продукты вывѣтриванія, простые силикаты, какъ водный кремнекислый глиноземъ (каолинъ), водная кремнекислая магнезия (талькъ), или суть продукты вывѣтриванія 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 обмѣнное разложеніе: образуется съ одной стороны фосфорнокислый глиноземъ, а съ другой—кремнекислый кали напр., это послѣднее можетъ связаться опять таки избыткомъ каолина.

Цеолиты. Что встрѣчающіеся въ природѣ цеолиты обладаютъ въ сильной степени способностью обмѣнивать свои основанія, показали опыты Эйхгорна и Лемберга. Первый изъ нихъ бралъ известковый цеолитъ-шабазитъ въ мелкоистолченномъ состояніи (I) и обрабатывалъ его при обыкновенной t° растворами поваренной соли (II), 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	—

	I (шабаз.)	II (NaCl)	III (NH_4Cl)	IV (Na_2CO_3)	V ($\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	VI (KCl)
$(\text{NH}_4)_2\text{O}$	—	—	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 (зстати 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 KOH.

Разъ цеолиты обладаютъ въ такой сильной степени поглотительной способностью, естественно было имъ приписать всѣ 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 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 операціи было слѣдующее:

Оказалось въ растворѣ	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	Поглотилось K_2O
До обработки. HCl . .	0.0940	0.084	0.4047	0.0261	0.1841
Послѣ „	0.0136	—	0.5661	0.0004	0.0227

Брустлейнъ наблюдалъ даже полное уничтоженіе поглощенія почвой амміака изъ NH_4Cl послѣ обработки HCl одной изъ изслѣдованныхъ имъ почвъ. Но лишь долгая обработка HCl способна низводить поглощеніе на низкую степень; происходитъ это частью отъ трудности, съ какою цеолиты отдають свои основанія, а затѣмъ и отъ того,

что въ почвѣ силикаты находятся въ разныхъ степеняхъ вывѣтри-
ванія: въ то время какъ одни продукты вывѣтриванія разрушаются
кислотой, измѣняются подъ ея вліяніемъ, — невывѣтрившіеся сили-
каты даютъ водныя соединенія, способныя опять поглощать.

Кромѣ дѣйствія кислотъ водныя силикаты измѣняются подъ влія-
ніемъ прокаливанія. Послѣ прокаливанія большинство изъ нихъ ста-
новится трудно доступными дѣйствию кислотъ, теряютъ воду и лишь
очень медленно обмѣниваютъ свои основанія при соприкосновеніи съ
растворами солей. Такъ, шабазитъ въ опытахъ Эйхгорна теряетъ
способность поглощать NH_3 . Подобнымъ же образомъ дѣйствуетъ
прокаливаніе и на почву. Въ опытахъ Biderman'a изъ раствора съ
0.4283 K_2O на 100 к. с. почва поглотила слѣдующія количества K_2O :

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

Съ другой стороны при прибавленіи цеолитовъ почва, лишенная
поглотительной способности, пріобрѣтаетъ ее. Такъ, Раутенбергъ
показавъ, что каолинъ не поглощаетъ, взбалтывалъ этотъ каолинъ
съ растворомъ хлористаго кальція и алюминія и затѣмъ приливалъ
столько кремнекислой щелочи, чтобы сполна осадить известь и гли-
ноземъ. Такимъ образомъ получался каолинъ съ разными количе-
ствами искусственнаго цеолита (смотря по количеству взятыхъ ве-
ществъ).

Поглощеніе амміака изъ раствора NH_4Cl получилось слѣдующее:

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

Такимъ образомъ каолинъ пріобрѣлъ способность поглощать осно-
ванія и притомъ тѣмъ въ большемъ количествѣ, чѣмъ больше было
прибавлено цеолита.

Поглощеніе цеолитами основаній изъ растворовъ подчиняется тѣмъ
же законностямъ, какъ и поглощеніе ихъ почвой. Armsby прослѣ-
дилъ ¹⁾ параллельно поглощеніе для нильской почвы и искусственно

¹⁾ L. Versuchsstationen, XXI.

имъ приготовленнаго силиката; послѣдній представлялъ натрово-гли-
ноземную водную соль кремнекислоты такого состава: SiO_2 —48.42,
 Al_2O_3 —23.16, Na_2O —14.20 и H_2O —14.13; полученъ онъ былъ пу-
темъ осажденія щелочного раствора глинозема растворомъ кремне-
кислаго натра. Въ зависимости отъ измѣненія количества раствора
поглощеніе въ обоихъ случаяхъ увеличилось по одному и тому же
закону: — кривыя, выражающія измѣненіе поглощенія для почвы и
для цеолита, получились весьма близкія между собой.

Взамѣнъ поглощаемого основанія цеолиты выделяютъ другое; если
растворъ не мѣняется, то на извѣстномъ пунктѣ реакція останавли-
вается, подъ вліяніемъ накопленія въ растворѣ вытѣсненнаго осно-
ванія; поэтому можно искусственно уменьшить размѣры поглощенія,
введя въ растворъ соль, вытѣсняемую изъ цеолита основанія. Такъ,
въ тѣхъ опытахъ съ натровыми цеолитами Armsby наблюдалъ слѣ-
дующее поглощеніе изъ раствора CaCl_2 , причемъ въ одномъ случаѣ
прибавлялся NaCl , а въ другомъ нѣтъ:

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

Тоже наблюдалъ и Лембергъ въ своихъ многочисленныхъ опытахъ.

Затѣмъ, и порядокъ замѣненія основаній тотъ же самый для цео-
литовъ, какъ и для почвы: кали наиболѣе вытѣсняется и съ наи-
большей энергіей замѣняетъ другія основанія при поглощеніи; натръ
и известь ведутъ себя обратно.

Разъ цеолиты играютъ такую большую роль въ дѣлѣ поглощенія,
естественно ожидать, что будетъ извѣстная пропорціональность между
ихъ содержаніемъ въ почвѣ и поглотительною способностью. Но до
сихъ поръ такой параллелизмъ строго не установленъ въ виду того,
что у насъ нѣтъ точнаго мѣрила для количества цеолитовъ въ поч-
вѣ. Кнопъ предлагалъ судить о содержаніи ихъ по количеству осно-
ваній, извлекаемыхъ изъ почвы соляной кислотой (исключивши, ко-
нечно, карбонаты); но у него не получалось полной послѣдователь-
ности для всѣхъ отдѣльныхъ случаевъ; согласіе получалось лишь
для среднихъ чиселъ. Да и трудно было бы ожидать здѣсь совер-
шенной правильности; въ кислотахъ могутъ растворяться и другія
основанія, напр. гидратъ окиси желѣза. Поэтому быть можетъ пра-
вильнѣе было бы опредѣлять поглощенные основанія, вытѣсняя ихъ
амміакомъ, путемъ промыванія почвы растворомъ NH_4Cl . Но и въ

такомъ случаѣ, еслибы 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, выделяемой кислотами въ свободномъ состояніи и являющейся результатомъ разложенія цеолитовъ.

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; это процессъ чисто химическій; такъ какъ извѣстна способность этихъ веществъ вступать въ соединеніе съ щелочами. Но какъ реакція не идущая до конца, процессъ этотъ стоитъ въ зависимости отъ концентрации раствора и количества его, обнаруживая тѣ же законности какъ и ранѣе разсмотрѣнные 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 "
"	0.1263 gr. K_2O	" 0.8482 на 200 к. с.
"	0.1468	" 1.6927 "
"	0.1577	" 3.4247 "

Кромѣ ѣдкихъ щелочей, глиноземъ способенъ еще поглощать кремнекислое кали, образуя цеолитообразное соединеніе. Хлористыя же, сѣрно-кислыя и азотно-кислыя соли почти совершенно не задерживаются. (По Варингтону, сѣрно-кислыя 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 gr. $\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ¹⁾. Но амміакъ не связывается SiO_2 , въ какой бы формѣ онъ ни былъ введенъ. Присутствіе гидратной кремнекислоты въ почвахъ обработанныхъ кислотами, является одной изъ причинъ неполной утраты ими поглотительной способности. У Беммелена такая почва (100 gr.) поглотила изъ 1.3818 gr. K_2O (въ 200 к. с.)—0.5828 gr., а изъ 0.4700 (на 250.)—0.2397, т. е. проявила весьма значительное поглощеніе относительно раствора углекислыхъ щелочей. Еще большую роль кремнекислота играетъ въ возстановленіи поглотительной способности почвы, какъ это обнаружилось въ опытахъ Гейдена. Онъ, послѣ обработки почвы соляной кислотой, кипятилъ ее съ содой, чтобы удалить SiO_2 . Когда послѣ этой обработки онъ испыталъ дѣйствіе раствора KCl , то почва, вмѣсто пониженія поглощенія показала увеличеніе его противъ почвы ничѣмъ не обработанной; именно, почва вначалѣ поглощала 0.0524 gr. K_2O , а послѣ дѣйствія HCl и Na_2CO_3 —0.1124, т. е. вдвое больше. Дѣло объясняется такъ. При дѣйствіи кислоты цеолиты отдаютъ ей свои основанія, выделяя SiO_2 ; въ связи съ кремнекислотой остается лишь глиноземъ, слѣдовательно, получается каолинъ. При дѣйствіи углекислой щелочи на SiO_2 получается кремнекислая щелочь, которая съ каолиномъ и даетъ опять цеолитъ; что же касается того, почему поглощеніе не только возстановляется, но и увеличивается, то во 1-хъ всѣ бывшія въ почвѣ основанія замѣнены однимъ—натромъ, поэтому отсутствующія будутъ усиленно поглощаться; а затѣмъ еще кислота можетъ измѣнять не сполна вывѣтрившіеся силикаты, дѣлать ихъ болѣе гидратными, а слѣдовательно и болѣе поглощающими.

Подобнымъ же образомъ въ другихъ опытахъ (Петерса) *углекислая известь* возстановляла и увеличивала поглотительную способность почвы. Беммеленъ показалъ, что въ присутствіи углекислой известной водной SiO_2 способна поглощать щелочи въ наибольшемъ 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; или SiO_2 реагируетъ сначала съ CaCO_3 , давая кремнекислую известь, а въ ней происходитъ замѣщеніе части извести калиемъ.

Перемойныя вещества почвы также участвуютъ въ процессахъ поглощенія. Что касается поглощенія ими основаній изъ среднихъ

¹⁾ L. Versuchsstationen, XXIII.

солей, то оно может 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 : взаимныя поглощеннаго количества амміака выдѣлились въ соотвѣтствующемъ количествѣ известъ и магнезія. При кипяченіи гумуса съ соляной кислотой поглощительная 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 магнезиі участвуютъ во 1-хъ въ поглощеніи кислотъ, дающихъ съ ними нерастворимыя соединенія, какъ фосфорнаѣ, кремневая, а во 2-хъ они обуславливаютъ взаимное поглощеніе, если къ почвѣ, содержащей CaCO_3 , будетъ притекать растворъ MgCl_2 , то отчасти будетъ образоваться MgCO_3 , а CaCl_2 переходить 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 зависетьъ отъ количественнаго соотношенія реагирующихъ веществъ. Подобныя же реакціи карбонатовъ возможны, конечно, и съ азотнокислыми и сѣрнокислыми солями. Но эти явленія играютъ второстепенную роль, сравнительно съ вышеразсмотрѣнными.

Наконец, *фосфаты* и *сульфаты* тоже отчасти могут являться факторами поглощения оснований, поскольку эти последние способны давать нерастворимые соединения вследствие реакций обмена или образования сложных соединений напр. фосфорная аммиачно-магnezияльная соль.

Положение кислот. Фосфорная кислота поглощается наиболее,

- 1) Biedermann's Centralblatt für Agriculturchemie, 1881.

за нею слѣдуетъ кремневая и угольная; поглощеніе сѣрной, азотной и соляной кислотъ совершенно приближается къ нулю.

Фосфорная кислота P_2O_5 . Здесь мы находимъ законности подобныя тѣмъ, какія видѣли при поглощеніи оснований: тоже абсолютное возрастаніе и процентное пониженіе при повышеніи концентрации. Вотъ цифры Петерса для KH_2PO_4 .

		24 часа	3 недели
100 гр. из	0.892 гр. P_2O_5 раств. в 250 к. с. пог.	0.3238=36.3%	0.5141=57.6%
"	1.784 "	0.5168=29.0%	0.7196=40.3%

Кроме того данные эти показывают, что влияние времени сказалось весьма существенно: увеличение срока действия оказалось равносильным удвоению концентрации.

При поглощении фосфорной кислоты не происходит обмена, такъ какъ никакой кислоты вмѣсто ея въ растворъ не переходитъ. Основаніе, въ связи съ которымъ дается фосфорная кислота, поглощается также, но въ количествахъ не стоящихъ въ связи съ количествомъ поглощенной кислоты; такъ, для Na_2HPO_4 оказалось, что когда поглощеніе напр. было для различныхъ почвъ.

Для Na_2O —	0.143	0.233	0.233	0.355	0.286
Для получ.	0.070	0.177	0.229	0.289	0.514

Такимъ образомъ не наблюдается какого либо соотношенія между поглощеніемъ натра и P_2O_5 . Тоже оказалось и при опытахъ съ калийными и амміачными солями. Но всетаки поглощеніе основанія и кислоты не идутъ вполне независимо другъ отъ друга; именно, первое можетъ косвенно повышать второе, взаимнѣ кали и натра въ растворъ переходить извѣсть, магнезія, способная связывать P_2O_5 и поглощеніе ея усиливается. Обратное воздѣйствіе также можетъ имѣть мѣсто: разъ P_2O_5 связываетъ извѣсть, напряженіе въ растворѣ и стремленіе обратно замѣщать наир. натръ — уничтожается и новое количество натра можетъ выступить изъ раствора въ реакцію.

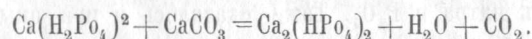
Если мы употребляем кислую фосфорнокислую соль для опыта, то на величину поглощения может существенно влиять температура. Это объясняется разложением карбонатов кислыми фосфатами, энергия которого естественно увеличивается с температурой; это же относится и к вышеупомянутому влиянию времени на поглощение 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 изъ ихъ состава, замѣщаясь водой, если для нихъ является какое либо болѣе сильно связывающее ихъ вещество, какимъ и можетъ явиться P_2O_5 для извести и магнезій.

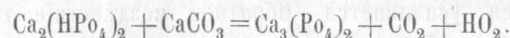
Такимъ образомъ силикаты способствуютъ поглощенію фосфорной кислоты двояко: или они отдаютъ связывающія ее основанія (Ca, Mg) въ обменъ на щелочи, если мы вводимъ въ почву фосфорнокислыя щелочи, или отдаютъ ихъ благодаря прямому дѣйствию свободной или не вполне связанной фосфорной кислоты.

Большая роль въ поглощеніи P_2O_5 принадлежитъ $CaCO_3$, $Fe_2(OH)_6$, $Al_2(OH)_6$; въ виду важности этого вопроса для разъясненія превращеній фосфорнокислыхъ удобреній въ полѣ рассмотримъ его подробно. Наичае фосфорная кислота съ цѣлью удобренія вносится въ почву въ видѣ $Ca(H_2PO_4)_2$ — одноизвесткового фосфата, растворимаго въ водѣ (это соединеніе находится въ суперфосфатахъ); затѣмъ существуетъ еще двуосновной фосфатъ $CaHPO_4$, нерастворимый въ водѣ, но растворимый въ соляхъ амміака (лимоннокисломъ NH_3); его называютъ поэтому полурстворимымъ фосфатомъ; наконецъ, трехосновный фосфатъ $Ca_3(PO_4)_2$ принадлежитъ къ веществамъ нерастворимымъ ни въ водѣ, ни въ лимоннокисломъ NH_3 ; онъ поддается лишь дѣйствию кислотъ.

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



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



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

Съ полутороокисями фосфорная кислота образуетъ соединенія вообще въ водѣ нерастворимыя, но они могутъ быть при меньшемъ количествѣ основанія растворимы въ лимоннокисломъ NH_3 . Наичае встрѣчается въ почвѣ $Fe_2(OH)_6$; смотря по количеству онъ отнимаетъ большее или меньшее количество P_2O_5 у известковаго монофосфата и переводитъ его въ ди или трифосфатъ. Желѣзо также можетъ выходить изъ состава силикатовъ и связываться съ P_2O_5 , а въ силикатъ войдетъ основаніе фосфорнокислой соли.

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

Азотная, сѣрная и соляная кислоты. Ни одна изъ этихъ кислотъ не поглощается сколько нибудь правильно и въ замѣтныхъ количествахъ. Вотъ цифры Кюпа для HNO_3 :

	1) 100 гр. почвы	дано 26 к. с. N	найденно 24
	2) 100 »	» 13.5	» 15
	3) 100 »	» 17.0	» 17
	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 подъ вліяніемъ органическихъ веществъ или дѣятельности микроорганизмовъ.

Для сѣрной кислоты также не наблюдается поглощеніе, а часто происходитъ обогащеніе раствора ею, если почва содержала сѣрнокислыя соли въ замѣтномъ количествѣ. Тоже относится и къ соляной кислотѣ. Что касается объясненія тѣхъ случаевъ, когда все-таки наблюдается поглощеніе и этихъ кислотъ (въ очень слабыхъ размѣрахъ), то можно предположить образованіе основныхъ солей съ 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 при-

¹⁾ Jahresbericht 1868 г.

существование понижает способность SiO_2 поглощаться почвой, какъ это наблюдалъ Либихъ.

Уничтоженіе кислотности почвы путемъ прибавленія Ca CO_3 или прокаливанія увеличиваетъ поглощеніе кремнекислоты.

Изъ физиологіи растений извѣстно, что корни растений воспринимаютъ пищу изъ весьма слабыхъ растворовъ: при водныхъ культурахъ употребляются растворы 1—3 на тысячу; 5 промилла 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 воспріятія корнями, но не дѣйствуютъ разрушающимъ образомъ на нихъ. Ходъ усвоенія нужно представлять себѣ такъ: растение поглощаетъ изъ слабого раствора питательныя вещества въ большей пропорціи, чѣмъ остальные (не по какой либо особой избирательной способности, а просто потому, что вещества усвояемыя исключаются изъ сферы дѣйствія и постоянно въ клѣточку можетъ осмосировать новое количество). Разъ извѣстныхъ веществъ въ растворѣ стало меньше, цеолиты отдаютъ вновь часть ихъ, вслѣдствіе нарушенія равновѣсія и растение вновь можетъ усвоить ихъ и т. д.

Точно также при внесеніи въ почву удобренія въ видѣ растворимыхъ солей концентрація повышалась бы чрезмерно, еслибы тѣ вещества, напряженіе которыхъ въ растворѣ наибольшее, не поглощались бы съ наибольшей силой. Поглощательная способность является такимъ образомъ регуляторомъ почвеннаго раствора со стороны концентрации 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 взамѣнъ его выдѣлится кали, известь, магнезія и др. Поэтому никакое удобреніе не дѣйствуетъ только прямо, а вызываетъ въ почвѣ рядъ измѣненій, дѣйствуетъ и косвенно, (особенно въ большихъ количествахъ въ качествѣ косвеннаго удобренія употребляется ѣдка известь).

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

Для изученія этого вопроса или дѣлаютъ опыты въ совершенно

опредѣленныхъ условіяхъ, т. е. съ почвой извѣстнаго состава, поглотившей извѣстное количество вещества, извлеченіе котораго водой и наблюдаютъ; или анализируютъ дренажныя воды, т. е. профильтровывающіяся черезъ почву атмосферныя осадки, собранныя проложенными въ подпочвѣ дренажными трубами. Первымъ методомъ работалъ напр. Петерсъ. Подѣйствовавши на почву растворомъ KCl онъ промывалъ ее затѣмъ водой и въ послѣдовательныхъ обработкахъ получилъ слѣдующія цифры:

	Ч.	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 поглощательной способности переводится въ форму трудно вымываемую, но все-же постоянно находящуюся въ растворѣ въ небольшихъ количествахъ. Основанія, поглощаемыя съ меньшей энергіей, легче переходятъ въ растворъ, это отражается и на составѣ дренажной воды, какъ показываютъ слѣдующія цифры:

На 1000 ч.	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$	SiO_2	Cl	SO_3	P_2O_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, известь также, 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 поглощаемаго NH_3 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 ступенію при превращеніи азотистыхъ веществъ; обра-

зуются 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 нитратовъ 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 N_2O_5 въ дренажныхъ водахъ при искусственномъ внесеніи селитры въ почву; въ одномъ случаѣ N_2O_5 было на 1000 ч. воды съ*неудобренного участка 0.0056 и 0.0408—на удобренномъ селитрой; поэтому азотнокислые 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 известъ и сѣрная кислота; но онѣ не такъ цѣнны для сельскаго хозяина, такъ какъ почва въ нихъ обыкновенно не нуждается въ такой степени, какъ въ азотѣ, P_2O_5 и K_2O .

Но и для кали отношеніе къ раствору можетъ мѣняться, если дѣйствуетъ не чистая вода, а содержащая соли. Основанія этихъ солей могутъ вытѣснять кали изъ поглощенного состоянія, если на помощь имъ является дѣйствіе массы; тогда кали переходить въ почвенный растворъ и частью поглощается нижележащими слоями почвы, частью же переходить 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 водой, и опредѣлялъ въ ней кали. Результатъ получился слѣдующій:

	Съ гипсомъ. Безъ гипса.		
Почва 1	0.138	0.048	Изъ 1 кило почвы.
» 2	0.138	0.028	
» 3	0.067	0.003	

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

Подобно дѣйствію гипса сказывается удобреніе и другими солями

напр. поваренной солью. Франкъ дѣйствовалъ на почву въ одномъ случаѣ растворомъ кали, а въ другомъ кали и натра вмѣстѣ; въ первомъ случаѣ кали почти совершенно было задержано на глубинѣ $1\frac{1}{2}$ ф., а во второмъ оно прошло на 4 ф. глубины.

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

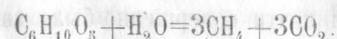
Органическое вещество почвы.

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

Органическія вещества почвы также не ведутъ себя пассивно по отношенію къ вносимымъ въ почву матерьяламъ; помимо того, что они являются источникомъ углекислоты, дѣйствующей какъ слабый растворитель, они иногда обусловливаютъ кислотную реакцію почвы, и энергично растворяютъ напр. фосфаты; далѣе они являются источникомъ азота для 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 удобреній, какъ навозъ, кровяная мука, зеленое удобреніе 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 притоцѣ кислорода воздуха разложеніе находящихся въ почвѣ органическихъ веществъ идетъ до образованія сполна окисленныхъ продуктовъ: клѣтчатка превращается въ углекислоту и воду; въ обрат-

номъ случаѣ клѣтчатка расщепляется на менѣе окисленный продуктъ — метанъ и болѣе окисленный — углекислоту по слѣдующей общей схемѣ:



Условія этого разложенія органическаго вещества можно осуществить на опытѣ, но такъ какъ въ почвѣ разлагается обычно не только клѣтчатка, но бѣлки и другія составныя части растений, то при анаэробномъ разложеніи напр., въ числѣ продуктовъ разложенія получается H_2S , PH_3 , H , N ; преимущественно же выделяются углекислота и метанъ.

Энергія разложенія не одинакова въ обоихъ случаяхъ: при доступѣ воздуха разложеніе происходитъ сильнѣе, нежели безъ него. Это видно напр. изъ опытовъ Гэйона (Gayon), который помѣщалъ навозъ въ ящики съ сплошными и продыравленными стѣнками и наблюдалъ температуры разложенія. Въ ящикахъ съ продыравленными стѣнками, при болѣе свободномъ доступѣ кислорода воздуха на шестой день опыта температура была 58° , (близъ стѣнокъ) а внутри ящика 44° , между тѣмъ какъ въ ящикахъ съ непродыравленными 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 *перегноя* 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 1.78% . 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	64.0
» H—измѣняется очень мало, колеблется около 5%			
» O	36.0	30.0	26.0
» N	0.8	2.1	4.1
» Зола	2.7	7.4	9.2

Если наблюдать измѣненіе не элементарнаго состава, а ближайшихъ составныхъ частей, то вообще раньше разрушаются менѣе

стойкія вещества; напр. пентозаны разрушаются относительно скорѣе что видно изъ слѣдующихъ цифръ:

Въ торфѣ на глубинѣ	10 сант.	количество ихъ	17.4%
»	50	»	10.3%
»	100	»	5.3%
»	200	»	1.6%

Наоборотъ, смоль, какъ веществъ болѣе прочныхъ, по мѣрѣ разложенія органическихъ соединеній накапливается относительно больше; кромѣ того смолы, обволакивая и пропитывая другія вещества, препятствуютъ ихъ разложенію. Вольни выделялъ смолы изъ торфа эфиромъ и тогда разложеніе шло энергичнѣе. Эфиръ извлекъ изъ торфа 5.1% смоль; до обработки торфа эфиромъ выделялось углекислоты 25.9 объема на 1000 объемовъ протянутого черезъ него воздуха; послѣ обработки торфъ подвергнутый разложенію давалъ — 50.6 . Дубильныя вещества также трудно разлагаются и также задерживаютъ разложеніе. Вольни смачивалъ различные матеріалы растворомъ танина различной концентрации и тѣмъ болѣе была концентрація раствора, тѣмъ слабѣе шло разложеніе ¹⁾.

Въ результатѣ разложенія органическихъ веществъ являются темноокрашенные гуминовые соединенія. Повидимому, цвѣтъ ихъ обусловленъ родомъ дѣйствующихъ при разложеніи микроорганизмовъ, которые являются главнымъ факторомъ разложенія, такъ какъ кислородъ воздуха самъ по себѣ при обычныхъ температурахъ дѣйствуетъ ничтожно, и значительно лишь при высокихъ температурахъ, которыя не имѣютъ мѣста въ обычныхъ условіяхъ. Имѣются наблюденія, показывающія, что темный цвѣтъ продуктовъ разложенія органическаго вещества происходитъ только лишь при условіи появленія гифовыхъ грибовъ; бактеріи же не даютъ темноцвѣтныхъ продуктовъ, обозначаемыхъ общимъ названіемъ гуминовыхъ веществъ (Костычевъ). Всякая прибавка къ органическому веществу ядовитыхъ для микроорганизмовъ соединеній, (карболовой кислоты, хлороформа), повышение температуры (за извѣстный предѣлъ) приближаютъ разложеніе

¹⁾ Такъ, листья сои, 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).

къ нулю. Если принять за 100 количество выделяющейся углекислоты при нормальных условиях разложения торфа, то послѣ прибавки карболовой кислоты углекислоты выделяется 5.7, послѣ нагревания до 115—2.3. То обстоятельство, что выделение CO_2 въ двухъ послѣднихъ случаяхъ не прекращается совсѣмъ объясняется отчасти тѣмъ, что ткани растений механически удерживаютъ CO_2 , образовавшуюся ранѣе, и продолжаютъ затѣмъ отдавать ее окружающему воздуху.

Нѣкоторое вліяніе на ходъ разложения органическихъ веществъ оказываютъ животныя: слизи, дождевые черви, личинки мухъ и т. п. Дождевые черви напр. механически измельчаютъ почву, пропускаютъ ее черезъ кишечникъ и тѣмъ измѣняютъ ходъ разложения. Смотря по тому, присутствуютъ или нѣтъ дождевые черви, структура гумуса получается различной, почему нѣкоторые авторы предлагаютъ различать гумусы:—1) *копрогенный*, при образованіи подвергавшійся вліянію животныхъ организмовъ и 2) *торфяной* гумусъ, образовавшійся безъ участія ихъ.

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

«При опытахъ, для которыхъ сѣно, березовыя листья и еловая хвоя разлагались предварительно въ большихъ плоскихъ чашкахъ, однажды замѣчено было, что въ чашкѣ, содержавшей до 150 гр. 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 мухами, 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 гр. вещества измельчены были въ мѣсяцъ съ небольшимъ).

Микроорганизмы работаютъ съ различною энергіей въ зависимости отъ температуры среды, влажности и притока кислорода воздуха. Количество кислорода при аэробномъ разложеніи существенно прибавка кислорода увеличиваетъ энергію разложения, но лишь до извѣстнаго

предѣла. Вольни наблюдалъ разложеніе органическихъ веществъ при различномъ содержаніи кислорода:

	0	2	8	15	21%
Соотвѣтственно выделилось CO_2	3.3	3.6	10.0	10.8	12.5

Вліяніе влажности существенно, но часто не непосредственно, а находится въ связи съ кислородомъ; и здѣсь до извѣстнаго предѣла разложеніе тѣмъ энергичнѣе, чѣмъ больше содержаніе влаги. Въ опытѣ Вольни, влажность, взятая въ процентахъ отъ полной влагоемкости почвы была

	6.8%	26.8	46.8.
Соотвѣтственно выделилось CO_2 на 1000 ч. протянутого воздуха	2	18	35

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

	3,6%	11,7	38,7%
выделилось углекислоты:	0	0,0023	0,5184 гр. въ сутки.

Сильное повышеніе влажности, вслѣдствіе вытѣсненія воздуха изъ поръ вещества, уменьшаетъ разложеніе. Въ одномъ изъ опытовъ Костычева влажность была 16 42 59 72% отъ влагоемкости энергія разложения 126 1665 1066 1658 mgr. CO_2 .

Это обстоятельство приходится имѣть въ виду напр. при храненіи навоза, гдѣ является возможность въ извѣстной мѣрѣ регулировать ходъ разложения, измѣняя степень насыщенія навоза влагой.

Вліяніе температуры на процессъ разложения весьма существенно: при повышеніи температуры въ естественныхъ условіяхъ разложения, энергія послѣдняго сильно увеличивается; при дальнѣйшемъ повышеніи температура наступаетъ обратная энергія разложения, за которымъ начинается съ дальнѣйшимъ пониженіемъ температуры паденіе. Вотъ данныя одного опыта Костычева:

Температура разложения	0,5°	17°	35°	50°	65°
энергія разложения въ mgr. CO_2	195	378	1191	518	381

Этот оптимальный температурный связан, очевидно, с оптимальной температурой для развития микроорганизмов и не является постоянным, а зависит от рода разлагающихся веществ и природы микроорганизмов, под влиянием которых происходит это разложение. Для более старого перегноя напр. оптимальная температура более высока. Предполагали, что при повышении температуры выше оптимальной разложения, наконец, прекращается выделение CO_2 , а наблюдаемая при этом кривая ее объясняли целиком присутствием раннее образовавшейся углекислоты, задержанной тканями; но еще у Костычева есть указания, что при долгой обработке почвы при 100° углекислота все-таки выделяется. Дегерен показал, что при высоких температурах начинается уже непосредственное воздействие кислорода воздуха на вещество; он замечает, что при нагревании почвы в запаянных трубках кислород воздуха потребляется и замещается углекислотой. Исследовав ближе это явление, он пришел к следующим выводам: За оптимальной температурой, когда «биологическая» кривая разложения падает, постепенно начинает подниматься кривая разложения непосредственного действия кислорода воздуха (химическая кривая). Следуя за повышением температуры; при приближении к 100° и выше энергия разложения от причин химических возрастает и может превышать энергию выделения углекислоты под влиянием микроорганизмов при оптимальных условиях их деятельности. В лабораторных опытах это обстоятельство необходимо иметь в виду, но оно не имеет никакого значения в практике. Здесь наблюдается почти исключительно законность разложения, выражаемая поднимающейся с повышением температуры части «биологической» кривой.

При разложении органических веществ играют роль и другие факторы. Напр. кислая реакция среды мешает разложению органических веществ, а присутствие щелочей облегчает этот процесс, так как органические вещества в щелочной среде вообще легче окисляются, нежели в средней и кислой. При разложении под влиянием бактерий накопление кислот является препятствием к дальнейшему разложению. Поэтому прибавка CaCO_3 обыкновенно повышает разложение органического вещества. Внесение CaO может создать в начале сильно щелочную среду, задерживающую разложение; но по мере приближения реакции к нейтральной, (вследствие связывания CaO органическими кислотами и CO_2) количество выделяемой CO_2 увеличивается в связи с увеличением разложения.

Самый характер органического вещества также весьма сильно

влияет на разложение: в свежих материалах разложение идет энергичнее, так как части легче разрушаемые исчезают первыми, а остающиеся, как более прочные, труднее подвергаются разложению. Энергия разложения тем больше, чем выше содержание пентозанов, углеводов, белков и тем ниже, чем больше смолы и древесины в разлагающемся веществе.

Вольпи делал опыты с навозом свежим, разлагавшимся 8 недель и 20 недель, (соответственно содержание углерода в сухом веществе было 24, 30 и 34); углекислоты выделялось на 1000 ч. воздуха 13, 11 и 8 частей.

Для торфа по мере углубления (и возрастания относительного содержания углерода) энергия разложения также наблюдалась убывающая:

	40%	42%	45% углерода
на 1000 ч. воздуха	2.9 ч.	2.5 ч.	2.2 ч. CO_2 .

Продуктам разложения органических веществ еще Тэром было предложено название *гумуса*. Гумус богаче углеродом и немного беднее водородом и кислородом, чем вещества, из которых он произошел. До сих пор гумус еще не изучен достаточно. Несомненно, что гумус есть смесь органических и органо-минеральных тел. Индифферентность этой смеси, неспособность ее растворяться в воде и других реактивах, особенно же неспособность ее к кристаллизации до сих пор не позволили сделать удовлетворительной группировки ее составных частей. За неимением другой приведем группировку Мюльдера. Он разделяет гумус на 2 части.—1) *индифферентная* тела, куда относятся *ульминг*—желтоватобурого цвета, часто сохраняющий еще строение древесины, продуктом разложения которой является и *гуминг*—более темный, продукт дальнейшего разложения; оба имеют нейтральную реакцию. При кипячении со щелочами из этих тел образуются гумусовые вещества *кислотного* характера—*ульминовая* и *гуминовая кислоты*. Лучшие изучены последние.

В почве гуминовая кислота встречается обычно в виде кальциевой соли, нерастворимой в воде, как и самая кислота; щелочные соли гуминовой кислоты растворяются. Для извлечения гуминовой кислоты из почвы последние обрабатывается HCl , а потом обработкой аммиаком гуминовая кислота удаляется в виде аммонийной соли. Повторным осаждением HCl и растворением в NH_4OH гуминовая кислота очищается. По элементарному составу гуминовую

кислоту пытались приблизить къ углеводамъ и приписывали ей формулу $C_{24}H_{18}O_9$. (Мульдеръ) Дѣло въ томъ, что Мульдеръ, получивъ изъ сахара 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 выдѣлить его не удается. При такихъ условіяхъ наличность въ гуминовой кислотѣ азота, фосфорной кислоты и другихъ веществъ объяснять примѣсами было бы трудно ¹⁾.

Кромѣ того P_2O_5 ведетъ себя здѣсь иначе, нежели въ минеральныхъ соединеніяхъ:—она осаждается при подкисленіи. Безъ азота, P_2O_5 и зольныхъ частей гуминовая кислота была получена также Бертло при дѣйствіи на сахаръ соляной кислоты, но она не вполне тождественна природной гуминовой кислотѣ.

Мульдеръ получилъ еще двѣ растворимыя въ водѣ кислоты: *креную* и *апокреную*. Апокреновая кислота является продуктомъ окисленія гуминовой кислоты и можетъ быть получена изъ нея искусственно, дѣйствіемъ HNO_3 , а при восстановленіи получается креновая (водородомъ *in statu nascendi*). Обѣ кислоты переходятъ въ растворъ вмѣстѣ съ гуминовой кислотой при обработкѣ почвы HCl и амміакомъ. Гуминовая кислота выдѣляется изъ раствора HCl ; фильтратъ нейтрализуется KOH и въ присутствіи уксусной кислоты основной уксусно-мѣдной солью осаждается апокреновокислая мѣдь. Въ фильтратѣ остается креновокислая мѣдь, которая выдѣляется при нейтрализации раствора амміакомъ. Въ процессѣ образованія подзолистыхъ почвъ сѣвера Россіи этимъ кислотамъ приписываютъ значительную роль, благодаря ихъ способности давать растворимыя соли съ болѣею частью оснований.

При повтореніи работъ Мульдера Эггерцъ показалъ, что тождество искусственнаго и естественнаго гумуса не полное: если ра-

¹⁾ Интересно, что иногда послѣ извлеченія перегной 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.	

створъ 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 въ гумусѣ лежавшемъ нѣсколько лѣтъ на воздухѣ при повторномъ смѣшиваніи съ CaO амміакъ не выдѣлился.

Минеральныя вещества природной гуминовой кислоты прочно связаны съ органической ея частью.

Самый составъ осадковъ отъ HCl въ амміачныхъ вытяжкахъ отличается значительнымъ разнообразіемъ въ зависимости отъ исходнаго матеріала.

C	40	— 56%
H	4.3	— 6.6%
O	35	— 40%
N	2.6	— 6.0%
SO_2	0.37	— 10.5%
P_2O_5	0.15	— 7.5%
S	0.5	— 2.09%
F_2O_3 и Al_2O_3	0.3	— 3.9%

Это присутствіе минеральныхъ веществъ въ гумусѣ обратило на себя вниманіе различныхъ авторовъ. Еще Соссюръ указалъ, что растительный перегной содержитъ тѣ же вещества, какъ и растеніе и думалъ, что гумусъ является посредникомъ при питаніи растеній минеральными составными частями почвы. Къ этой же мысли вернулся впослѣдствіи Грандо, построившій на ней свою органо-минеральную теорію питанія растеній.

Органическія вещества почвы не могутъ быть получены безъ золы и азотистыхъ веществъ.

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

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

Исследуя органическое вещество этих почв (такъ наз. «matière noire» — терминъ, вошедшій въ общее употребленіе въ агрономической литературѣ), которое Грандо получалъ при помощи NH_3 изъ промытой HCl почвы, 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;
- IV — торфяная почва.

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

Отсюда Грандо заключилъ, что большое содержаніе matière noire и высокій % золы въ ней и дѣлаетъ плодородными наши черноземы. Если высчитать количество фосфорной кислоты въ matière noire изъ 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 noire 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 noire всего лишь въ 16 разъ превосходитъ ежегодное потребленіе P_2O_5 урожаями.

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

Чтобы еще больше подтвердить свои соображенія, Грандо помѣщалъ matière noire въ діализаторъ и при этомъ наблюдалъ, что 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 noire, которыя такъ легко проходятъ черезъ перепонку діализатора. Дальше Грандо показалъ на опытѣ, что если почву лишить matière noire, 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 noire, многія другія вещества, растворимыя въ водѣ или вытѣсняемыя изъ цеолитовъ. Далѣе показанія Грандо относительно содержанія золы въ органоминеральномъ веществѣ несомнѣнно преувеличено еще и по другой причинѣ: амміачная вытяжка содержитъ въ взмученномъ состояніи тонкій илъ.

При повтореніи опытовъ Грандо въ химической лабораторіи Петровской Академіи слушателемъ Гавриловымъ принятъ былъ во вниманіе первый источникъ погрѣшностей: чтобы отдѣлить matière noire отъ растворенныхъ попутно солей, амміачная вытяжка не прямо выпаривалась, а обрабатывалась соляной кислотой; тогда растворенныя соли оставались въ жидкости а органоминеральное вещество осѣдало; послѣ промыванія опредѣленіе показало, что matière noire содержитъ всего 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 про-

тягивая его через порозный глиняный фильтр. Если удавалось сдѣлать это, то *matière poire* получалось уже далеко не съ такимъ количествомъ золы, а значительно меньше (работа Г. Ф. Нефедова).

Позднѣ Эггерцъ произвелъ повѣрку опыта Грандо съ діализомъ и получилъ иные результаты; онъ бралъ взвѣшанное количество перегноя и наблюдалъ количество P_2O_5 , проходящей черезъ перепонку діализатора; онъ 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 гр.; черезъ слѣдующіе 6 дней — 0.002 гр. Послѣ обработки гуминовой кислоты HCl проходятъ черезъ перепонку только слѣды P_2O_5 . Напр., опытъ шелъ въ теченіе 64 дней и прошло только 0.005 гр. Замѣтимъ, что было бы и невѣроятно, чтобы минеральныя вещества не извлекаемыя соляной кислотой изъ органическаго вещества, столь легко отщеплялись отъ него при подобныхъ опытахъ.

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 обработки HCl	овесъ > 22 см. 2 метелки
	вика > 6 0.

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

Вообще можно думать, что минеральныя вещества гумуса, наоборотъ, менѣе доступны растеніямъ, чѣмъ минеральныя вещества почвы и только послѣ распадѣнія 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 наблюдается слѣдующее.

Почва въ 1881 году содержала 0.059 гр. P_2O_5 , извлекаемой соля-

ной кислотой; послѣ четырехлѣтняго лежанія на воздухѣ, безъ растительнаго покрова, фосфорной кислоты получилось уже 0.114 гр; въ другомъ опытѣ соотвѣтствующія величины были 0.077% и 0.150%.

Въ какой формѣ находится фосфоръ въ органическомъ веществѣ до сихъ поръ въ точности еще не извѣстно. Можно предполагать, что онъ находится тамъ—по крайней мѣрѣ отчасти—въ видѣ P_2O_5 , такъ какъ иногда достаточно дѣйствія не очень сильныхъ агентовъ, чтобы обнаружить отщепленіе фосфорной кислоты. Напр. при нагреваніи почвы до 150° и 160° фосфорная кислота 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 культурныхъ опытовъ, смотря потому, подвергается почва высушиванью до наполненія ея сосудовъ, или же нѣтъ; напр. высушенная почва при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ дала урожай 59,9 гр., а сырая 27,2 (опыты Таске); въ первомъ случаѣ въ урожаѣ содержалось 249 mgr. P_2O_5 , а во второмъ—79 mgr.; однако факты эти требуютъ еще дальнѣйшаго подтвержденія.

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. Только при окисленіи органическаго вещества получается SO_3 , 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.

Органическое вещество почвы содержитъ и азотъ, благодаря чему нѣкоторыя почвы вообще содержатъ много азота. Черноземъ въ этомъ отношеніи превосходитъ многія почвы: такъ, онъ можетъ содержать до 0.5 и даже 0.6% азота, что не уступаетъ въ среднемъ

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, большее или меньшее количество азота въ органическомъ веществѣ почвы зависитъ отъ климата и положенія. Чѣмъ суше почва, тѣмъ богаче органическое вещество ея азотомъ. Для калифорнійскихъ почвъ, напр., получаются по Hilgard'у слѣдующіе результаты опредѣленія азота. Если почва лежитъ въ низинѣ, то азота содержится въ ней около 5.2%; для нѣкотораго промежуточнаго 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% бѣлкового азота и 0.25% азота не бѣлкового. Тѣ черноземы, которые изслѣдовалъ Костычевъ, содержали около 5% азота въ органическомъ веществѣ. Почвы эти населены массой различныхъ микроорганизмовъ, которые окисляютъ органическое вещество въ углекислоту и воду. Пусть почва получаетъ запасъ углеводовъ въ видѣ ли солоmistаго навоза, или пожнивныхъ остатковъ. Микроорганизмы дѣятельно принимаются за ихъ разложеніе и процентъ азота постепенно будетъ расти (вслѣдствіе траты углеводовъ на дыханіе) и дойдетъ, наконецъ, до 5%—это ровно столько азота, сколько содержится его въ тканяхъ самого организма (т. е. грибовъ и бактерий, по Костычеву). Дальше затрудняется размноженіе ихъ, начинается частичное отмираніе и азотъ будетъ освобождаться въ формѣ NH_3 и HNO_3 и будетъ усваиваться корнями растений или вымываться въ подпочву и содержаніе его въ органическомъ веществѣ не повысится болѣе, чѣмъ это отвѣчаетъ содержаніе 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 бактерий 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 нельзя. 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.

Были высказаны и другія предположенія о характерѣ азотистыхъ органическихъ веществъ почвы. Бертло, напр., полагалъ, что азотъ находится тамъ въ видѣ амидной группы. Этому предположенію было дано фактическое подтвержденіе въ послѣднее время въ нашей химической лабораторіи; оказалось, дѣйствительно, что при дѣйствіи HNO_2 на органическое вещество почвы болѣе половины азота его выделялось въ видѣ газообразнаго N, какъ это происходитъ при дѣйствіи HNO_2 на амидо группу. Кромѣ того, еще въ 1881 году здѣсь же было констатировано¹⁾, что органическое вещество почвы способно удерживать азотъ амміака и переводить его въ состояніе болѣе прочное.

Если, напр. на гуминовую кислоту дѣйствовать NH_3 и высушить это вещество, то не удастся уже отдѣлить весь амміакъ при помощи MgO , что говоритъ за то, что N держится 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 (амидогруппа?) 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 азотнокислыя соли (лишь въ меньшей мѣрѣ—амміачныя соли). Поэтому для насъ важно знать тѣ условія при которыхъ азотъ перегноя превращается въ азотъ амміака и нитратовъ. Анализы показываютъ, что нитратовъ въ почвѣ содержится мало. Буссенго нашелъ, напр., что въ одной изъ почвъ, имъ изслѣдованныхъ, при общемъ содержаніи въ органическихъ веще-

¹⁾ См. работу Тархова въ Извѣстіяхъ Петровской Академіи 1881 года.

ствахъ азота въ 1.43 гр. (на 1 кило почвы) на долю амміака приходилось 0.004 а на долю нитратовъ—0.040. Такое распределение азота является обычнымъ для большинства почвъ; но не смотря на малое количество нитратовъ, обнаруживаемое анализомъ, культурныя растенія могутъ (часто) довольствоваться этимъ источникомъ, благодаря его постоянству: взаѣмъ потребленной (или вымытой дождемъ, при отсутствіи растеній) азотной кислоты образуются новыя количества ея.

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

Шлезингъ и Мюнцъ 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 клоачныя воды, но вели опытъ значительно дольше, чѣмъ Буссенго; приэтомъ 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 жизнедѣятельность бактерій, 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 соответствующимъ микроорганизмомъ. Однако Шлезингу и Мюнцу не удалось выдѣлить этихъ микроорганизмовъ въ чистомъ видѣ. Это сдѣлалъ Виноградскій показавшій, что процессъ идетъ въ двѣ фазы подѣ влияніемъ двухъ организмовъ: сначала образуется азотистая, а затѣмъ уже азотная кислота.

Извѣстно, что Виноградскій воспользовался для изолированія нитрифицирующихъ бактерій именно той ихъ отличительной чертой, которая явилась препятствіемъ для другихъ авторовъ, работавшихъ въ томъ же направленіи: нитрифицирующія бактеріи не растутъ на желатинѣ (столь благоприятной средѣ для развитія большинства микроорганизмовъ), но развиваются хорошо лишь на минеральныхъ субстратахъ (непригодныхъ для другихъ бактерій). 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, 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 бактеріи—сильно размножившимися и облегающими 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 бактерій. Этимъ путемъ удалось показать, что въ процессѣ превращенія амміака въ азотнокислыя соли участвуютъ два рода бактерій: одни доводятъ окисленіе лишь до азотистой кислоты (*Nitrosomonas*), а другія продолжаютъ его до азотной кислоты (*Nitrobacter*); какъ первыя не способны образовать азотную кислоту, такъ вторыя не способны окислять амміакъ; функціи ихъ строго раздѣлены; но такъ какъ въ природѣ обѣ формы встрѣчаются совместно, 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 бактеріи способны разлагать углекислоту карбонатовъ и брать

изъ нея углеродъ, необходимый для образованія органическаго вещества, используя для этой цѣли энергію окисленія амміака въ азотную кислоту (взаимнѣ энергіи свѣтового луча, которой пользуются хлорофиллоносные организмы). По Виноградскому, на каждые 35 mgr. азота, перешедшаго въ окисленную форму, приходится 1 mgr. углерода, усвоеннаго бактеріями изъ углекислыхъ солей.

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

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

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

	1.5%	6%	11%	16%	21%	кислорода
Энергія нитриф.	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_3 прибавка соли до 2,5 на 1000 повышала нитрификаціи, а за этими предѣлами уже вредила. Лучшее 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 усваивать 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 накапливать значительныя количества амміака (одновременно съ обычнымъ разложеніемъ, съ выдѣленіемъ CO_2). Амміакъ этотъ образуютъ другіе организмы, болѣе стойкіе чѣмъ нитрифицирующіе, и потому не погибшіе при 90° ; отсюда естественно заключить, что такое же образованіе амміака постоянно идетъ въ почвахъ, но такъ какъ онъ по мѣрѣ образованія нитрифицируется, то мы и не можемъ констатировать въ нормальныхъ почвахъ значительныхъ количествъ амміака. Образованіе амміака изъ органическаго вещества не является функцией какого-нибудь особаго организма: цѣлый рядъ бактерій 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.

Первая почва (огородная) заключала въ 100 гр. до опыта: амміака 0.9 и нитратовъ 24.4 mgr.
Вторая (торфяная) почва . . . » 2.1 » 0.0 »
Третья (вересковая) почва . . . » 2.5 » 0.0 »

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

	Амміака.	Нитратовъ.
1-я почва . . .	23.9 mgr.	99
2-я » . . .	39.7 »	0.0
3-я » . . .	73.9 »	0.0

Тѣ же самые результаты получены были и для другого азотистаго удобренія (кожаной муки).

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

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

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

Вымываніе нитратовъ сильно зависитъ отъ различныхъ условий:—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 растений они не потребляются и паръ не въ состояніи предотвратить ихъ отъ этого вымыванія. Если паръ былъ удоб-

ренный, то потери нитратовъ достигали значительно большей величины ¹⁾ (для условій Англіи).

Во влажномъ климатѣ, съ продолжительной и теплой осенью, является большая возможность вымыванія нитратовъ, благодаря большому количеству осадковъ, 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 такія наблюденія въ Ротамстедѣ (возьмемъ цифры для трехъ слѣдующихъ одинъ за другимъ годовъ):

Дренаж. водъ: 25.3 40.7 65.9 сент.

Потеря азота 30.7 43.6 54 килограммовъ въ годъ на гектаръ.

Значитъ, 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 растений потери

уменьшаются во много разъ, особенно невелики онѣ могутъ быть при климатѣ континентальномъ. Насколько сильно влияетъ степень развитія растений на вымываніе нитратовъ, можно видѣть изъ слѣдующаго опыта (Петермана).

На удобренномъ участкѣ урожаи 64 цило; дренажн. водъ 281 kg. Потери 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. мукъ „ 809 „ 145 „ 4.519			

Изъ этихъ цифръ видно, что чѣмъ больше была масса растений на данномъ участкѣ (а слѣдовательно—чѣмъ больше было испарено воды), тѣмъ меньше было дренажныхъ водъ, тѣмъ меньше утрачено нитратовъ. Количество потеряннаго азота далѣе сильно мѣняется въ зависимости отъ того, вносились азотистыя удобрения или нѣтъ, и въ

¹⁾ Надо замѣтить, что накопленіе нитратовъ для обезпеченія развитія озимыхъ считается одной изъ цѣлей оставленія земли подъ паромъ. Дегеренъ напр. сраниваетъ паръ съ кучей, служащей для добыванія селитры, такъ какъ и здѣсь и тамъ почва обогащается органич. веществомъ, поддерживается въ извѣстномъ состояніи скважности, содержаніе влаги стараются регулировать ест. только въ пару производство селитры является гораздо болѣе экстензивнымъ.

какой формѣ: внесеніе селитры вызываетъ большія потери, чѣмъ внесенія сѣрникоислаго амміака, по понятнымъ причинамъ. Кровяная мука дала наименьшія потери, какъ матерьялъ, 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 просачиваются въ землю, а въ значительной степени стекаютъ съ полей; это будетъ понижать концентрацію растворенныхъ въ водѣ нитратовъ. Кромѣ того вода проходя черезъ почву можетъ растворять и уносить въ рѣки азотъ не принадлежащій къ нитратамъ почвы; а также и то, что часть азота можетъ быть потреблена населяющими воду растеніями. Благодаря всему этому наиболѣе характернымъ является содержаніе нитратовъ въ водѣ рѣкъ въ зимнее время, когда вліяніе всѣхъ этихъ источниковъ погрѣшностей сводится до minimum'a. Такъ въ опытахъ Шлезинга количество азотной кислоты въ водахъ р. Сены въ зависимости отъ времени года колебалось такимъ образомъ:

Февраль 1895 г.	азотной кисл.	на 1 литръ воды	8.67 миллиграммовъ
Апрѣль	»	»	5.15 »
Іюль	»	»	4.15 »
Сентябрь	»	»	3.85 »
Декабрь	»	»	7.13 »
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

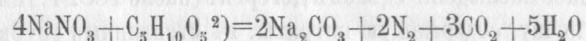
мѣсяцамъ года рассчитывалъ годовую потерю на 1 гектаръ; оказалось, что потери нитратовъ въ такомъ случаѣ равнялись отъ 5 до 8 килограммовъ азота съ общей площади полей. Шлезингъ считаетъ, что потери эти съ избыткомъ покрываются тѣмъ азотомъ, который поглощается изъ атмосферы почва. Аналогичная работа для нашихъ условій (почвы Петровскаго-Разумовскаго и воды Москвы-рѣки) произведена А. В. Ключаревымъ. Потери нитратовъ у насъ оказываются еще меньшими.

Денитрификація. Шлезингъ наблюдалъ, что почва насыщенная водой или чѣмъ инымъ способомъ лишенная вентиляціи, не только не накопляетъ вновь нитратовъ, но утрачиваетъ и то ихъ количество, которое въ ней содержалось; при этомъ замѣчалось выдѣленіе свободного азота. Первое указаніе на микроорганизмовъ, какъ на виновниковъ этого возстановительнаго процесса, принадлежитъ видному Meuselю который наблюдалъ, что вода изъ источника содержащая азотнокислыя соли при стояніи обнаруживала значительное образованіе азотистой кислоты; этой перемѣны не замѣчалось, если къ водѣ прибавлялась карболовая кислота или вода стерилизовалась кипяченіемъ.

Аналогичное наблюденіе сдѣлалъ Дегеренъ (около 1882 г.) именно, онъ запаивалъ почву, содержащую нитраты, въ стеклянныя трубки; черезъ нѣкоторое время нитраты исчезали, (небольшое количество воздуха въ трубкахъ оказывается вскорѣ потребленнымъ на образованіе углекислоты); если въ трубку ввести хлороформъ, то нитраты сохраняются; значитъ, въ процессѣ участвуютъ микроорганизмы. Въ 1886 году 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, Geltau и Aberton (Голландія) нашли форму распространенную въ воздухѣ, въ водѣ и почвѣ, обладающую той же способностью; подъ вліяніемъ работъ Вагнера (Дармштадтъ) разные авторы, Stuber и Burri, Широкихъ и др., занимаясь изученіемъ бактерій навоза и твердыхъ экскрементовъ с. х. домашнихъ животныхъ, нашли и въ этихъ матерьялахъ нѣсколько формъ того же физиологическаго типа; словомъ, бактеріи этой группы оказываются довольно распространенными и при томъ бактеріи почвы и навоза

между собой обыкновенно не тождественны¹⁾. Одни изъ этихъ бактерий способны цѣликомъ разлагать селитру, подобно организмамъ выдѣленнымъ Gayon'омъ и Dupetit; другія же достигаютъ того же эффекта лишь при совместной дѣятельности (симбіозѣ), при чемъ одна форма образуетъ изъ азотнокислыхъ солей азотистокислыя, а другая уже разлагаетъ послѣднія съ выдѣленіемъ свободного азота. Обыкновенно денитрифицирующими бактеріями собственно называютъ бактерій первой категоріи. Описываемый процессъ является противуположнымъ нитрификаціонному не только по самому направленію реакціи, но и (въ связи съ этимъ) по роду зависимости отъ окружающихъ условій; такъ, нитрификація требуетъ доступа воздуха, а типичные денитрификаторы являются наиболѣе энергичными именно въ отсутствіи кислорода. Далѣе, нитрифицирующій ферментъ страдаетъ отъ избытка 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).

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

Такъ, Дегеренъ показалъ, что крахмалъ способенъ сильно увеличивать денитрификацію; 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 Künemann'у въ почвѣ чаще встрѣчаются: *Bacillus prousaeneus*, *Bacillus fluoretecus lynefacieus* 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 перепрѣвшимъ навозомъ, съ которымъ вносятся пентозаны, клѣтчатка и др. углеводы.

Въ опытахъ Дегерена при внесеніи соломы количество нитратовъ въ параллельномъ съ только что приведеннымъ 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 неперепрѣвшаго 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 удобреніемъ мы понимаемъ всякое вещество, вносимое 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 удобрениями*.

Прямые удобрения могутъ содержать или одно только питательное вещество, тогда они называются *односторонними*; или они содержатъ въ различныхъ количествахъ всѣ питательныя вещества необходимыя для растенія и тогда они называются *полными удобрениями*. При внесеніи другого рода удобрительныхъ веществъ, мы вызываемъ въ почвѣ реакціи, въ результатъ которыхъ освобождается то или другое необходимое для растеній питательное вещество; удобрения, дѣйствующія такимъ образомъ, называются *косвенными удобрениями*.

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

Смотря по содержанію одного какого либо вещества въ прямыхъ одностороннихъ удобренияхъ, они дѣлятся на *азотистыя*, *фосфорно-кислыя* 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 и старыя залежи ея находятся въ провинціяхъ Атакама (въ Боливіи) и Тарапака (Перу), а также и въ нѣкоторыхъ районахъ Чили. Селитряныя залежи достигаютъ толщины отъ 1 до 5 метровъ и обычно бываютъ покрыты пескомъ и глиной; иногда слои этого песка встрѣчаются въ перемежку съ слоями селитры. Относительно происхожденія залежей селитры мы не имѣемъ точныхъ данныхъ. Нужно думать, что здѣсь игралъ роль процессъ нитрификации, столь энергично идущій въ тѣхъ климатическихъ условіяхъ; матеріаломъ для нитрификации могли послужить, напр., отложенія 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 P_2O_5 . Залежи селитры не содержатъ этого вещества, отсюда можно думать, что селитра перенесена сюда изъ другихъ мѣстъ водою. Далѣе предполагаютъ, что въ процессъ образованія селитры

составомъ морской воды стоитъ и присутствіе въ натровой селитрѣ (помимо примѣси $NaCl$) іодновато и бромноватокислыхъ K и Na . Впрочемъ, сырая только что добытая масса селитры состоитъ изъ $NaNO_3$ въ смѣси съ хлористымъ натромъ, сѣрнистымъ 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 Іодноватокислыя 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 выкристаллизовывается селитра, представляющая продажный матеріалъ содержащій около 95% $NaNO_3$.

Натровая селитра состоитъ изъ 36.47% натра и 63.53% азотной кислоты съ 16.47% азота. Продажная селитра содержитъ до 15—16% азота; такое содержаніе и считается достаточнымъ показателемъ чистоты продукта (благодаря значительно высокой цѣнѣ селитру часто фальсифицируютъ различными малоцѣнными веществами, какъ-то: поваренной солью, глауберовой солью, пескомъ и т. п.).

Что касается потребленія селитры, то главная масса ея потребляется 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 до 30 милліоновъ пудовъ селитры; ввозъ ея постепенно повышается. Для Россіи это удобреніе считается 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 яв-

представляет таких различий въ отношеніи къ разнымъ растеніямъ, какъ группа удобреній азотистыхъ, селитра — въ частности: намъ приходится исключить всѣ растенія сем. бобовыхъ изъ числа растений удобряемыхъ селитрой. Нельзя сказать, чтобы селитра на эти растенія совершенно не дѣйствовала, но дѣйствіе это, если оно 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, 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 (Удобреніе 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 удобренія до конца и въ почвѣ всегда останется нѣкоторое количество его. Если принять за 100 количество внесеннаго въ почву азота, то для овса коэффициентъ использования будетъ 73, для пшеницы 60, для моркови 90. Въ общемъ, коэффициентъ использования 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 удобренія 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.

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 собой 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 влияетъ 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 мучнистыя, а при большомъ содержаніи ихъ—стекловидныя. Азотистыя удобренія, увеличивая въ зернахъ процентное содержаніе азотистыхъ веществъ, способствуютъ стекловидности зеренъ» (Костычевъ «Ученіе объ удобреніи почвъ» стр. 66). Отмѣтимъ, впрочемъ, что связь между строеніемъ зерна и его стекловидностью недостаточно еще выяснена; но во всякомъ случаѣ несомнѣнно, что подъ вліяніемъ азотистаго удобренія растенъ % 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 спеціальны, въ большинствѣ же случаевъ увеличить содержаніе бѣлковъ въ зернахъ желательно. Не останавливаясь на результатахъ полевыхъ опытовъ, для примѣра приведемъ результаты культуръ произведенныхъ у насъ въ 1896 году (С. М. Кузнецовымъ):

Количество азота.	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

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

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 чѣмъ больше вносится въ почву азота, тѣмъ отношеніе зерна къ солому становится менѣе выгоднымъ: это общее правило изъ данныхъ полевыхъ опытовъ. Изъ опытовъ Штудера оказалось, что если считать количество соломы пшеницы за 100, то безъ азотистаго удобренія зерна будетъ 57, при удобреніи 47; для ржи соотвѣтствующія цифры будутъ 62 и 53. Нѣкоторые авторы возражаютъ противъ высказаннаго положенія; такъ, Вагнеръ говоритъ, что вышеуказанное отношеніе зерна къ солому при удобреніи азотомъ зависитъ просто отъ способа внесенія азотистыхъ удобреній, — 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 предположеній. Напр., опытъ съ овсомъ: если селитра внесена при посѣвѣ, то зерна получается 51 часть на 100 ч. соломы; если половина внесена при посѣвѣ, а половина послѣ кущенія, то зерна 53; если вся селитра внесена послѣ кущенія, зерна получилось 57, и, наконецъ, при внесеніи всей селитры передъ созрѣваніемъ, зерна получилось 64. Слѣдовательно, внесеніемъ азота въ послѣдній періодъ роста растений можно увеличить отношеніе зерна къ солому. Но практически положеніе Вагнера не примѣнимо вслѣдствіе необходимости внесенія азотистыхъ удобреній въ началѣ роста растенія, такъ какъ коэффициентъ использованія удобренія тѣмъ меньше, чѣмъ оно позднѣе внесено; кромѣ того, неудобно разбрасывать удобреніе при высокомъ стояніи хлѣба; чтобы внесенное поздно удобреніе подѣйствовало, необходимо еще, чтобы вскорѣ послѣ этого прошелъ дождь. Очевидно, съ нежелательнымъ уменьшеніемъ отношенія между зерномъ и соломою практичѣе бороться одновременнымъ внесеніемъ другихъ (фосфорнокислыхъ) удобреній.

Къ числу неблагоприятныхъ вліяній азотнокислыхъ удобреній при одностороннемъ внесеніи надо отнести и то, что при употребленіи одной селитры созрѣваніе растений можетъ запаздывать; кромѣ того,

растенія богатые азотомъ скорѣе и чаще подвергаются дѣйствию ржавчины.

Въ нѣкоторыхъ (исключительныхъ) случаяхъ замѣчается даже пониженіе урожаевъ отъ употребленія селитры. Въ сухое лѣто, напр., удобренные селитрой участки могутъ сильнѣе пострадать, чѣмъ неудобренные, такъ какъ на первыхъ сильнѣе развивается листва и почва сильнѣе иссушается, при чемъ возможно и излишнее повышение концентраціи растворовъ въ почвѣ при обильномъ удобреніи. При избыткѣ удобренія и достаточной или избыточной влажности замѣчается полеганіе хлѣбовъ, вслѣдствіе взаимнаго затѣненія сильно густящихся растений, которое обусловливаетъ малое развитіе древесины и недостаточную толщину клѣточныхъ стѣнокъ. Такимъ образомъ, комбинаціи различныхъ условій могутъ дать иной разъ отрицательные результаты при внесеніи азотнокислыхъ удобреній и съ этимъ необходимо считаться при примѣненіи селитры (хотя бы на опытныхъ поляхъ, если не въ нашей полевой практикѣ).

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

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

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

въ 1843 году урожай былъ	10000 килогр.
» 1844 » » » »	5500 »
» 1845 » » » »	1700 »

т.-е., урожай его быстро падали ¹⁾.

¹⁾ Это явленіе авторы опытовъ объясняютъ тѣмъ, что корнеплоды требуютъ вдвое или втрое больше азота, чѣмъ хлѣба; хотя трудно при

На той же (бѣдной) почвѣ азотистое удобрѣніе дало такой результатъ:

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

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

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

Еще примѣръ:

урожай свеклы % сахар. въ соѣ	
Безъ азотист. удобрѣнія .	28000 кил. 13.0
Удобрѣніе селитрой . . .	42000 кил. 11.1

Въ опытахъ Целлера съ картофелемъ получены подобныя же результаты.

Въ сухомъ веществѣ %	
Почва неудобренная	Азотист., веществ. 11.15 крахмала 77.05
Азотистое удобрѣніе	" " 15.70 " 74.68
Удобрѣніе не содержащее азота. .	" " 11.15 " 75.47.

Изъ этихъ опытовъ видно, что азотистыя удобрѣнія, увеличивая урожай, повышаютъ содержаніе въ свекловицѣ и картофелѣ азотистыхъ веществъ (бѣлковыхъ и небѣлковыхъ) и понижаютъ содержаніе углеводовъ (крахмала и сахара). Въ виду того, что высокое содержаніе азотистыхъ веществъ въ заводскихъ сортахъ свекловицы

этомъ учесть вліяніе побочныхъ причинъ, каковы напр. поврежденія отъ насѣкомыхъ, развивающихся при долговременной культурѣ корнеплодовъ на томъ же мѣстѣ.

даже вредно, не рекомендуется вносить большихъ количествъ азотистыхъ удобрѣній подѣ нихъ. Наоборотъ, подѣ кормовые сорта свеклы и картофеля желательно вносить азотистыя удобрѣнія для повышенія содержанія въ продуктѣ урожая бѣлковыхъ веществъ.

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

Другія растенія (рапсъ, макъ, табакъ) очень отзывчивы на азотистыя удобрѣнія и выносятъ ихъ въ значительныхъ количествахъ, равно какъ и ленъ, хотя избытокъ азота дурно вліяетъ на качество волокна. Вообще, необходимо въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ соразмѣрять максимальное количество удобрѣнія съ рискомъ отъ неблагоприятнаго дѣйствія азота.

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

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

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

Итакъ, безъ подѣва травъ мы можемъ однимъ поверхностнымъ удобрѣніемъ измѣнить составъ луговой смѣси въ ту или другую сторону, смотря по характеру удобрѣнія. (Послѣднія цифры, относящіяся къ калийному удобрѣнію, указываютъ на большее значеніе для бобовыхъ минеральныхъ удобрѣній, чѣмъ азотистыхъ).

Что касается способа внесенія селитры, то она непосредственно передѣ внесеніемъ въ почву размалывается. Размалывать ее задолго

до внесения неудобно, потому что она какъ вещество гигроскопическое можетъ сплываться снова. Говоря вообще, полезно селитру не разбрасывать по полю въ видѣ поверхностнаго удобрения, а запахивать. Иногда селитру смѣшиваютъ съ торфянымъ порошкомъ, пескомъ, сухой землей для болѣе равномернаго распредѣленія. Если вносятъ селитру и суперфосфатъ, то не рекомендуется смѣшивать эти удобрения заблаговременно, во избѣжаніе потерь азота. Примѣнять ее въ качествѣ поверхностнаго удобрения полезно тогда, когда запахать ее уже нельзя, напр., когда желаютъ весной поправить пострадавшія озимыя хлѣба. Въ другихъ же случаяхъ селитру необходимо запахивать (или инымъ способомъ смѣшать съ почвой, напр., съ помощью экстирпатора, бороны) передъ посѣвомъ, потому что она внесенная поверхностно способствуетъ образованію корки, особенно при слабомъ дождѣ, смачивающимъ только поверхностные слои почвы. Такая корка можетъ вызвать запаздываніе появленія всходовъ и даже пониженіе урожая.

Такъ какъ азотная кислота не поглощается почвой, то разбрасываніе селитры осенью подъ озимыя хлѣба, говоря вообще, не рекомендуется, потому что осеннія и весеннія воды могутъ выщелочить селитру еще не использованную растениями. Однако, Костычевъ справедливо замѣчаетъ, что «у насъ въ черноземной полосѣ можно ожидать лучшаго дѣйствія селитры отъ осенняго удобрения, но тоже поверхностнаго передъ самыми морозами. Въ черноземъ 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).

Въ послѣднее время обращено вниманіе еще на одно неблагоприятное обстоятельство при употребленіи продажной селитры, именно, вредное дѣйствіе примѣси къ ней хлорнокислаго кали (KClO_4). Достаточно 1—2% этой соли въ селитрѣ для отравленія растений. Этимъ обстоятельствомъ, между прочимъ, объясняется появившаяся въ послѣднее время во Франціи и Бельгіи агитація противъ употребленія селитры.

2. Сѣрноокислый амміакъ.

Сѣрноамміачная соль встрѣчается въ природѣ въ небольшихъ количествахъ ¹⁾. Эти естественные источники сѣрноамміачной соли

¹⁾ Въ вулканическихъ странахъ въ смѣси съ окисью желѣза и хлористымъ аммоніемъ; въ видѣ амміачныхъ квасцовъ встрѣчается въ буромъ углѣ.

большого практическаго значенія не имѣютъ; получается же сѣрно-кислый аммоній какъ отбросъ нѣкоторыхъ заводскихъ производствъ, или же добывается попутно изъ городскихъ нечистотъ при приготовленіи пудретовъ. При прежнемъ способѣ приготовленія пудретовъ нечистоты отстаивались въ ямахъ; изъ осадка дѣлали пудретъ, а жидкость спускалась прочь. Но когда замѣтили въ ней высокое содержаніе амміака, то обратили на это вниманіе и стали отгонять амміакъ при дѣйствіи извести, улавливая его въ сѣрную кислоту. Одинъ кубическій метръ жидкости даетъ 10 килограммовъ сѣрно-амміачной соли (1%) азота. Впослѣдствіи описанный способъ былъ измѣненъ такъ, что стали отгонять NH_3 , не прибѣгая къ предварительному отстаиванію твердыхъ веществъ.

Другой крупный источникъ сѣрноамміачной соли есть газовое производство. Каменный уголь содержитъ отъ 1½% до 1½% азота. При сухой перегонкѣ его часть азота получается въ видѣ воднаго раствора амміака, преимущественно углекислаго; часть же амміака уносится газообразными продуктами; при промывкѣ свѣтильнаго газа водой H_2SO_4 собираются значительныя количества $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Иногда прямо употребляютъ газовыя воды на удобрение, но лучше подвергать ихъ перегонкѣ съ известью и превращать въ сѣрноамміачную соль, 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 растений. (10 килограммовъ роданистаго аммонія достаточно для того, чтобы отравить всю растительность на пространствѣ 1 гектара). Обыкновенно отъ роданистыхъ соединеній сѣрноамміачная соль бываетъ окрашена въ розовый цвѣтъ (отъ соприкосновенія съ стѣнками сосудовъ), что и служитъ отчасти указаніемъ на необходимость испытанія соли на чистоту.

Чистая сѣрноамміачная соль содержитъ 21.21% азота; продажная соль содержитъ обычно 20% азота. Иногда процентъ азота значительно ниже приведеннаго, въ особенности, если для приготовленія былъ взятъ избытокъ сѣрной кислоты, такъ что образуется кислая сѣрноамміачная соль NH_4HSO_4 . Примѣсь такой соли, помимо меньшаго содержанія азота, нежелательна еще и потому, что благодаря кислой реакціи она вредна сама по себѣ растениямъ.

При разсмотрѣніи поглощательной способности почвъ было указано, что амміакъ 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 азотъ все-таки переходитъ въ дренажныя воды, хотя сравнительно слабо.

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; 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 въ азотную кислоту (убиваніемъ нитрифицирующихъ ферментовъ) растенія развивались хорошо въ присутствіи амміака; тоже было въ опытахъ Коссовича. Въ заболоченныхъ почвахъ нѣтъ условій, благопріятствующихъ переходу амміака въ азотную кислоту, однакоже растенія растутъ на нихъ и питаются азотомъ, очевидно, амміачнымъ. Во всякомъ случаѣ, этотъ переходъ для растений очень желателенъ и совершается тѣмъ легче, чѣмъ до извѣстныхъ предѣловъ выше температура, влажность и чѣмъ больше нитрифицирующихъ бактерий.

Было много попытокъ сравнить дѣйствіе амміака и азотной кислоты, какъ удобрительныхъ веществъ. Изъ данныхъ 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. Сравниваются, 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, что обуславливаетъ неравномѣрность дѣйствія удобренія. 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 вышесказаннаго, является достаточное 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.

3. Отложенія и отбросы непосредственно органическаго происхожденія.

Гуано. Гуано представляетъ удобрение, содержащее вмѣстѣ съ азотомъ и фосфорную кислоту. Оно представляетъ скопленіе извержений морскихъ птицъ, подобныя тѣмъ, какія образуются въ наше время, если изверженія птицъ защищены отъ дѣйствія дождя, напр., подъ крышами. Гуано образовалось въ южныхъ странахъ, на берегу и островахъ южной Америки, гдѣ дожди бываютъ очень рѣдко. Морскія птицы, изъ экскрементовъ которыхъ образовалось гуано, питаются преимущественно рыбой и, отличаясь прожорливостью, откладываютъ массу экскрементовъ. Считаютъ приблизительно, что населеніе въ 600000 морскихъ птицъ могли въ 5000 лѣтъ отложить наблюдавшуюся въ Перу толщу гуано.

Пища птицъ богата фосфоромъ и азотомъ; еще въ большей мѣрѣ это относится и къ ихъ экскрементамъ, такъ какъ послѣ окисленія органическаго вещества переваримой части въ организмѣ на воздухѣ выделяются CO_2 и H_2O (но не N и P, цѣликомъ переходящіе въ выдѣленія). Къ экскрементамъ птицъ отчасти примѣшиваются перья, кости и другія постороннія вещества.

Впервые гуано стало употребляться въ Европѣ только въ этомъ столѣтіи, но на мѣстахъ нахожденія примѣнялось туземцами издавна. Первые партіи его отличались большимъ содержаніемъ азота, чѣмъ послѣдующія, такъ какъ эксплуатацію начали съ болѣе цѣнныхъ залежей (Перу), а по ихъ истощеніи перешли къ видамъ гуано

менше богатымъ азотомъ. Перуанское гуано, очень рѣдко подвергалось дѣйствию дождей; другіе же виды, напр. Джервисъ, Бакеръ-гуано, подвергались значительному дѣйствию дождей, причемъ органическое вещество разлагалось, азотъ улетучивался въ видѣ NH_3 и вымывался, а фосфорная кислота, связанная съ Са, оставалась на мѣстѣ, такъ что гуано, смачиваемое дождями, становится все болѣе и болѣе относительно богаче фосфорнокислой известью.

Азотъ въ экскрементахъ птицъ главнымъ образомъ находится въ формѣ мочевої кислоты. Мочевая кислота въ гуано болѣе или менѣе разложилась до амміака и щавелевой кислоты, поэтому содержаніе въ гуано мочевої кислоты и щавелевой кислоты съ амміакомъ находится въ обратной зависимости. Вообще, содержаніе азота въ различныхъ сортахъ гуано колеблется въ значительныхъ предѣлахъ—отъ 4 до 20%. Примѣрный составъ гуано, неподвергавшагося выщелачиванію дождями (старого перуанскаго), таковъ:

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

Современное гуано, изъ залежей подвергавшихъ вліянію дождей, содержитъ:

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

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

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

Европы на гуано потребляются даже ракообразныя, это такъ называемое *гранатовое гуано*.

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

Близко къ описываемой группѣ удобрений стоитъ *пометъ домашнихъ птицъ*. Еще древніе придавали большое значеніе голубиному помету и употребляли его на удобрение. Пометъ этотъ содержитъ въ сухомъ веществѣ 5—6% азота и 7—14% фосфорнокислой извести. Экскременты разныхъ домашнихъ птицъ неодинаковы по составу; гуси и утки, напр., даютъ продукты наиболѣе водянистыя, содержащіе до 75% воды и отъ $\frac{1}{2}$ до $\frac{3}{4}$ % азота.

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

	Голуби.			Куры.		Утки.	Гуси.
Воды	22,4	45,7	58,0	61,0	60,9	46,6	77,0
Песку	20,8	28,7	7,0	7,0	6,7	10,7	5,6
N	5,0	1,4	2,0	0,7	0,6	0,7	0,5
P_2O_5	1,8	1,1	1,2	2,0	2,0	1,5	0,4
Органическ. 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 распредѣленія, иначе растенія на мѣстахъ переудобренныхъ могутъ выгорать. На десятину кладутъ отъ 40 до 100 пудовъ (смотря по составу), въ виду значительной усвояемости N и P_2O_5 въ этихъ удобренияхъ.

Считаютъ возможнымъ примѣнять эти матерьялы и въ качествѣ поверхностнаго удобрения; но этотъ способъ связанъ съ вѣроятностью потерь азота, съ пониженіемъ коэффициента использованія (особенно въ связи съ погодой—напр. отсутствіемъ дождей послѣ распредѣленія удобрения).

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 полу-

чается около 500000 пуд. сырой крови или около 100000 п. сухой крови.

Обыкновенно кровь передъ употребленіемъ сушится, а если получается въ небольшихъ количествахъ, то употребляется въ дѣло прямо (именно, ее разводятъ водой и поливаютъ ею почву или же навозныя и компостныя кучи).

При сушкѣ крови, въ тѣхъ мѣстахъ гдѣ имѣются альбуминные заводы, альбуминъ выдѣляется изъ кровяной сыворотки, какъ таковой, сгустокъ же идетъ на приготовленія кровяной муки. Если же полученіе альбумина не имѣется въ виду, то кровь цѣликомъ нагревается водянымъ паромъ, причемъ всѣ 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. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (обыкновенно берутъ смѣсь FeSO_4 съ H_2SO_4 и NaNO_3); образующіеся приэтомъ сгустки отдѣляются лопатой и высушиваются безъ риска загниванія. Смотря по чистотѣ продукта, въ кровяной мукѣ получается около 12% азота и около 0,5—1% фосфорной кислоты.

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

Вещества, образующія рога, копыта, также употребляются какъ азотистое удобреніе. Для этой цѣли служатъ обычно остатки отъ производства различныхъ издѣлій изъ рога (гребни, пуговицы). Чистый рогъ богатъ азотомъ:—онъ содержитъ до 17—18% азота, но роговые отбросы сильно загрязняются землею, пылью, костями, вслѣдствіе чего содержаніе азота понижается до 12%. Рогъ трудно поддается измѣненію и разложенію, поэтому для цѣлей удобренія его обрабатываютъ перегрѣтымъ паромъ, причемъ получается стекловид-

ная легко размалывающаяся масса съ значительной растворимостью; или же рогъ подогрѣваютъ (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 обугливанье, 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 удобреніе; но эти матеріалы трудно разлагаются, въ особенности дубленая кожа; кромѣ того, въ нихъ содержится не такъ много азота—7—8%. Точно также шерстяные отбросы медленно разлагаются въ необработанномъ состояніи. При нагреваніи съ щелочами или при дѣйствіи пара при 5 или 6 атмосферахъ давленія получается изъ этихъ матеріаловъ масса довольно растворимая и гораздо легче разлагающаяся въ почвѣ.

Рога, копыта, шерсть, перья, благодаря тому, что они трудно перегниваютъ, въ цѣляхъ удобренія подвергаются также химической переработкѣ. Для этого пользуются или дѣйствіемъ ѣдкихъ щелочей, или сѣрной кислоты, приэтомъ щелочи дѣлаютъ матеріалъ удобнымъ для смѣшиванія съ землей, а сѣрная кислота послѣ переведенія азотистыхъ веществъ въ растворъ обычно нейтрализуется костяной мукой или минеральными фосфатами. По предложенію Э. Жирара для обработки тушъ животныхъ павшихъ отъ сибирской язвы 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.

Послѣ обработки тушъ кислота содержитъ около 1½% азота. Отработанную кислоту предлагается употреблять для приготовленія суперфосфата (Эмэ Жираръ). Большого примѣненія этотъ способъ не нашелъ.

Для обработки тушъ щелочами предлагаютъ дѣйствовать на нихъ на холоду известью, или подвергать сухой перегонкѣ съ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и небольшимъ количествомъ Na_2CO_3 для полученія амміака (Франція).

Способъ обработки роговъ, перьевъ и пр., предложенной Энгельгардомъ, ¹⁾ состоитъ въ томъ, что на каждые 10 п. органическаго вещества берутъ 2 п. CaO и 1½ п. поташу. Смѣсь въ кадкѣ обли-

¹⁾ См. „Сельское Хозяйство и Лѣсоводство“ 1867.

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

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

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

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

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

5) Но зеленое удобреніе расходуетъ значительныя количества влаги (на 1 единицу сухаго вещества 300 и болѣе единицъ воды), что въ сухихъ климатахъ можетъ играть рѣшающую роль при оцѣнкѣ этого приѣма.

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

Интересно, что практика прежняго времени отмѣтила въ качествѣ растений, подходящихъ для зеленого удобрения какъ разъ такія, которыя по позднѣйшимъ опытамъ оказываются обладающими значительной растворяющей способностью корней, какъ люпинъ изъ бобовыхъ, гречиха, горчица, сурѣпка, шпергель изъ другихъ семействъ. Изъ бобовыхъ также часто прибѣгаютъ къ вику, какъ растенію скоро развивающемуся, инкарнатному клеверу, иногда даже красному клеверу (напр., второй укосъ, если онъ не можетъ быть использованъ на кормъ); но люпины являются растеніемъ, предназначаемымъ для

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

данной цѣли по преимуществу, какъ по особенностямъ сильно развитой корневой системы, позволяющей имъ расти на малоплодородныхъ песчаныхъ почвахъ, по количеству богатой бѣлками зеленой массы, такъ и по неудобствамъ скармливанія.

При посѣвѣ растений на зеленое удобреніе сѣмена высѣваются густо, чтобы всходы посѣянныхъ растений глушили сорныя травы. Передъ цвѣтеніемъ или въ самомъ цвѣту растенія или скашиваются и запахиваются, или передъ запахиваніемъ прикатываются катками по направленію движенія плуга. Считаютъ, что запахка растеній должна производиться именно во время цвѣтенія, когда азотистыя вещества въ растеніяхъ находятся въ формѣ наиболѣе доступной для разложенія. Костычевъ высказалъ нѣкоторые соображенія, почему важно растенія запахивать именно свѣжими, живыми. Живая растительная масса при запахиваніи разрушаетъ свои бѣлки, образуя амидосоединенія (какъ всегда растенія, лишенные свѣта); это обстоятельство съ точки зрѣнія Костычева является важнымъ, какъ облегчающее переходъ азота въ форму усвояемую для растений; при запахиваніи же мертвой растительной массы для полученія этихъ продуктовъ надо ждать еще дѣйствія микроорганизмовъ. Проверки этихъ предположеній путемъ опыта въ большихъ размѣрахъ не была сдѣлана; чѣмъ болѣе опыты, сдѣланные въ част. (въ сосудахъ), говорятъ за то, что значительной разницы между дѣйствіемъ высушенной и невысушенной зеленой массы, запаханной въ почву, не оказывается.

Эффектъ зеленого удобрения складывается 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 разсчитывать на среднія метеорологическія условія данной мѣстности ¹⁾.

Если для Южной Россіи приходится считаться съ обстоятельствомъ

¹⁾ Въ мѣстностяхъ съ мягкими зимами можно сѣять растенія для зеленого удобрения еще съ осени (клеверъ инкарнатный, озимую вику) и запахивать ихъ весной; тогда главный аргументъ противъ зеленого удобрения (изсушеніе почвы) отпадаетъ самъ по себѣ.

изсушения почвъ при зеленомъ удобреніи, то это не является столь же необходимымъ для сѣверной и сѣверозападной Россіи въ виду сравнительной влажности климата ихъ. По вопросу о значеніи зеленого удобренія высказываются очень различныя взгляды.

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 запастись влагой. При удобреніи подъ яровыя возможно примѣненіе зеленого удобренія и не въ паровомъ полѣ: такъ, возможно разводить растенія на зеленое удобренія, *подсевая* ихъ подъ главное растеніе, тогда развитіе падаетъ главнымъ образомъ на время послѣ уборки хлѣбовъ и запашка—на осень; иногда возможна пожнивная культура растеній на зеленое удобреніе, т. е. посѣвъ ихъ тотчасъ послѣ уборки хлѣбовъ и запашка опять осенью же. Наконецъ, въ южныхъ районахъ возможенъ посѣвъ озимой вики, инкарнатнаго клевера, (озимой сурѣпки) осенью и задѣлка—весной, до посѣва яровыхъ.

Что касается количествъ азота, каковыя вносятся въ почву съ зеленымъ удобреніемъ, то здѣсь возможны лишь приблизительныя 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 замѣнять по количеству азота 18 пуд. селитры и болѣе.

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

Но это соображеніе справедливо не для всѣхъ условій; а именно. возможно, что потребность въ удобреніи 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 удобренія на мѣстѣ (въ формѣ зеленого удобренія). Наконецъ, не всѣ растенія воздѣлываемыя на зеленое удоб-

реніе являются хорошимъ кормомъ; не является таковымъ, напримѣръ, люпинъ, незамѣнимый на нѣкоторыхъ почвахъ по своей способности использовать малодоступные источники минеральной пищи, накапливать значительныя количества азота органическаго вещества. Во всякомъ случаѣ вопросъ о примѣненіи зеленого удобренія рѣшается лишь въ тѣсной связи съ мѣстными условіями для cadaго отдѣльнаго случая. Въ исторіи нѣкоторыхъ хозяйствъ зеленое удобреніе играло видную роль.

Существуютъ хозяйства, напр., Шульца въ Люпицѣ (Германія), гдѣ на бѣдныхъ песчаныхъ почвахъ не удавалось вести хозяйство, пока не ввели зеленое удобреніе, въ качествѣ котораго употребляли люпины (внося лишь калийныя и фосфорнокислыя удобренія). Благодаря зеленому удобренію 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 удобренія, при прочихъ равныхъ условіяхъ, зависитъ отъ рода растенія. Вотъ данныя одного опыта (во всѣхъ взятыхъ случаяхъ количества взятаго 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 удобренія используется довольно хорошо: не разъ наблюдалось (въ нашихъ культурахъ), что при внесеніи двойного количества азота въ формѣ зеленого удобренія по сравненію съ селитреннымъ эффектъ получался болѣе, чѣмъ при удобреніи селитрой. (Значитъ, коэффициентъ использованія былъ выше 50%).

Совмѣстно съ ранѣ описанными спеціальными азотистыми удобрениями могутъ быть рассмотрѣны 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 рости уже могутъ, но за отсутствіемъ бактерій не пользуются атмосфернымъ азотомъ.

Во избѣжаніе этого Saalfeld предложилъ заражать такія почвы, внося въ нихъ нѣкоторое количество почвы, заведомо содержащей клубеньковыя бактеріи. Результаты такого заражения нерѣдко были положительными.

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

Гороха	урожай	былъ	1,56	gr.
Люпиновъ	»	»	1,63	»
Гледичіи	»	»	3,45	»
Robini'i	»	»	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 подъ 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. На поляхъ Московскаго сельскохозяйственнаго института внесеніе нитрагина подъ клеверъ не произвело замѣтнаго эффекта, такъ какъ очевидно вносимый факторъ не былъ въ *minimum*ѣ.

На почвахъ заболоченныхъ (вообще, лишенныхъ бактерій) отъ внесенія нитрагина нужно 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 стеклянкахъ плохо; бактеріи, въ немъ заключающіяся, долго безъ кислорода, какъ аэробные организмы, жить не могутъ. Кромѣ того, онѣ требуютъ отсутствія свѣта для сохраненія жизни; при употребленіи же нитрагина его смѣшиваютъ съ сѣменами, съ землей, причемъ дѣйствіе свѣта не всегда въ должной мѣрѣ ограничивается. Важными также являются условія влажности почвы, въ которую вносится нитрагинъ. Понятно, что подъ вліяніемъ суммы указанныхъ причинъ половины опытовъ примѣненія нитрагина (или даже болѣе того) легко могли оказаться безрезультатными.

Кромѣ зараженія почвъ, совсѣмъ не содержащихъ клубеньковыхъ бактерій, нитрагинъ съ соотвѣтствующими бактеріями полезно употреблять тогда, когда въ данной мѣстности вводится культура новаго бобоваго растенія, бактерія котораго въ данной почвѣ не содержится. Во всякомъ случаѣ, нитрагинъ имѣетъ за собой нѣчто положительное, чего нельзя сказать о другомъ бактеріальномъ удобрении—алинитѣ.

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

Исторія алинита вкратцѣ такова. Нѣкто г. Каронъ (владѣлецъ имѣнья Эленбахъ близъ Касселя) зная, что въ почвахъ встрѣча-

ются бактеріи, усвояющія азотъ воздуха помимо бактерій клубеньковыхъ, стали изучать бактеріальное население своей почвы и обратили 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 урожаи хлѣбовъ. Тогда Каронъ рѣшилъ, что благоприятное дѣйствіе этой бактеріи зависитъ отъ обогащенія почвы азотомъ; онъ назвалъ ее *Bacillus ellenbachensis* и сталъ рекомендовать культивировать эти бактеріи и вносить въ почву для обогащенія ея азотомъ.

Одна фабрика купила право на пользованіе открытіемъ и стала выпускать алиинтъ въ продажу при соответствующей рекламѣ.

При опытахъ примѣненія алиинта результаты оказались нулевыми или во всякомъ случаѣ сомнительными. Нужно сказать, что алиинтъ былъ пущенъ въ продажу ранѣе, чѣмъ изучена была его бактерія: неизвѣстно, что такое *Bac. ellenbachensis*, неизвѣстно даже, были ли культуры Карона дѣйствительно чистыми; никакихъ доказательствъ относительно связыванья азота (кромѣ сомнительныхъ опытовъ Карона) не имѣется.

При изученіи алиинта другими изслѣдователями результаты были довольно разнорѣчивы. Такъ Stoclasa пришелъ къ выводу, что бацилла Карона есть ничто иное, какъ *Bacillus megatherium*, ранѣе описанный de-Bary; что онъ является слабымъ денитрификаторомъ, что онъ способенъ малорастворимыя азотистыя вещества (напр., въ торфѣ) переводить въ растворимое состояніе.

Штуцеръ и Гартлебъ также отмѣчаютъ, что этотъ бацилла энергично образуетъ амміакъ насчетъ бѣлковъ; усвоенія азота атмосферы они констатировать не могли.

Лаухъ утверждаетъ что *B. ellenbachensis* ничто иное какъ обыкновеннѣйшій *Bac. subtilis* (сѣнной бацилла), а алиинтъ представляетъ высушенную культуру этого бацилла на картофелѣ.

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

Итакъ, составъ алиинта неизвѣстенъ и ожидать эффекта отъ его примѣненія, вообще говоря, основаній нѣтъ; исключенія, впрочемъ, возможны. Приведемъ результаты опытовъ П. С. Коссовича ¹⁾, произ-

¹⁾ См. „Хозяинъ“ 1899 г., №№ 30 и 31.

веденныхъ въ лабораторіи министерства земледѣлія на разныхъ почвахъ.

	Урожай	
	Съ алиинтомъ	Безъ алиинта
Песокъ	2,6	3 } (овесъ)
Песчаная почва . . .	12,6	11,3 }
Подзолъ	33,2	33,3 (гречиха)
Торф. почва (кислоты нейтрализованы CaCO_3)	31,5	25,6 (овесъ)

На большинствѣ почвъ алиинтъ не дѣйствовалъ, исключеніе представляетъ торфъ. Но специфическаго дѣйствія алиинта 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. Поднятый при введеніи алиинта шумъ объясняется какъ недостаточно критическимъ отношеніемъ Карона къ собственнымъ работамъ, такъ и слишкомъ усердной рекламой фабрики, выпустившей алиинтъ.

В. Удобренія фосфорнокислыя.

Въ предыдущемъ отдѣлѣ мы имѣли дѣло съ элементомъ, для котораго существуетъ извѣстный круговоротъ, который приходитъ въ почву изъ атмосферы и обратно возвращается въ нее при озоленіи, при разложеніи. Теперь переходимъ къ фосфорной кислотѣ, которая съ урожаемъ берется изъ почвы окончательно и естественнымъ путемъ въ нее не возвращается. Возможно только относительное обогащеніе почвы усвояемой фосфорной кислотой на счетъ вывѣтриванія остатковъ неразрушившихся еще минераловъ, содержащихъ P_2O_5 .

Значеніе фосфорной кислоты для жизни растений достаточно извѣстно изъ физиологіи растений; въ песчаныхъ культурахъ легко обнаружить пропорціональность урожаевъ внесенной P_2O_5 , если поставить ее въ положеніе фактора, находящагося въ minimum'ѣ.

Фосфорная кислота значительно распространена въ природѣ. Большинство кристаллическихъ горныхъ породъ пронизано игольчатыми кристаллами апатита и содержатъ 0,1—1,0% P_2O_5 .

При вывѣтриваніи горной породы фосфорная кислота предохраняется отъ вымыванія благодаря образованію мало растворимыхъ

соединений съ Са, Fe; бываютъ случаи, что содержаніе P_2O_5 при вывѣтриваніи относительно увеличивается. По анализамъ Вольфа, напр., въ одномъ случаѣ невывѣтрившійся известнякъ содерж. 0,07% P_2O_5 .
вывѣтрившійся » » 0,16 »

Въ почвахъ фосфорной кислоты содержится вообще немного, хотя колебанія въ этомъ отношеніи возможны значительныя. Нѣкоторые авторы для руководства въ вопросахъ объ удобреніи фосфорной кислотой давали группировку почвъ по содержанію P_2O_5 , напр.: Очень богатая фосфорной кислотой почва содержитъ болѣе 2 ч. P_2O_5 на 1000 ч. почвы.

Богатая » » » » 1 ч. »
Средняя » » » » $\frac{1}{2}$ —1 ч. »
Бѣдная » » » » 0,1—0,5 ч. »
Очень бѣдная » » » » меньше 0,1 ч. »

Нѣкоторые авторы (французскіе) считаютъ возможнымъ судить по этимъ цифрамъ о потребности почвы въ фосфорнокисломъ удобреніи, но Мюнцъ справедливо отмѣчаетъ, что приведенная таблица можетъ служить какъ критерій количества вносимой P_2O_5 лишь при крайнихъ случаяхъ, что же касается среднихъ цифръ, то онѣ не могутъ указать на потребность растений въ P_2O_5 , такъ какъ трудно указать, въ какой формѣ находится Р въ почвѣ. Такъ, напр., въ горныхъ породахъ нерѣдко встрѣчается апатитъ (минералъ съ фосф. кислотой); очень вѣроятно присутствіе его и въ почвѣ, почему было бы безъинтересно опредѣлить принадлежащую ему P_2O_5 ; но большее значеніе имѣтъ 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 фосфорнокислая 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 растворимости солей P_2O_5 въ почвѣ трудно, вотъ по какой причинѣ: при обработкѣ почвы уксусной кислотой получаютъ 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

¹⁾ См статью Emmerling'a Landw. Versuchsstationen, LII, стр. 60.

съ Al, Fe, причемъ, по вышесказанному, фосфорная кислота вновь осаждается ¹⁾; чѣмъ дольше оставлять растворъ нефилътрированнымъ, тѣмъ больше осаждается растворенной фосфорной кислоты; (полезнѣе, пожалуй, для возможно полного извлеченія P_2O_5 примѣнять повторную обработку уксусной кислотой и непосредственно каждый разъ фильтровать). Описанными реакціями объясняется переходъ въ почвѣ солей фосфорной кислоты: вода, содержащая CO_2 также растворяетъ фосфорно-кислую известь, а растворенная фосфорная кислота осаждается затѣмъ въ формѣ менѣе растворимой, встрѣчая соединеніе 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 растениями въ первый годъ и остается въ почвѣ, тѣмъ не менѣе въ послѣдующіе годы ожидаемаго эффекта не получается вслѣдствіе постепеннаго уменьшенія растворимости P_2O_5 . Можно думать, что послѣднее явленіе зависитъ отъ ранѣ описанныхъ реакцій.

Какъ растворитель, извлекающій всю *поглощенную* фосфорную кислоту почвы, употребляютъ обыкновенно 1—2% лимонную кислоту; чаще, впрочемъ, ставятъ задачей этому реактиву отдѣлить *усвояемую* P_2O_5 отъ малоусвояемой. Казалось, эти двѣ категоріи должны совпадать; но есть опыты доказывающіе, что P_2O_5 поглощенная почвой постепенно черезъ нѣсколько мѣсяцевъ переходитъ въ форму неизвлекаемую 1% лимонной кислотой.

Органическій Р, какъ мы видѣли выше, также содержится въ почвѣ и освобождается при распаденіи сложныхъ частицъ органическаго вещества.

Посмотримъ, какъ великъ расходъ P_2O_5 въ почвѣ. Анализъ показываетъ, что при выщелачиваніи почвы вымывается 1 mgr P_2O_5 на каждый литръ пропущенной жидкости. Дренажными водами вымывается съ десятины около 1 килограмма—количество ничтожное сравнительно съ содержаніемъ Р въ почвѣ. Приведемъ учеты, показывающіе относительныя количества отчуждаемой отъ почвы разными растениями фосфорной кислоты.

	Сѣмена.	Солома.
Бобовыя содержатъ	0,9—1,5% P_2O_5	0,4% P_2O_5
Масличныя »	1—1,5 »	0,2—0,4 »
Корнеплоды »	0,1 »	0,2—0,4 »
Хлѣбн. злаки »	0,5—0,8 »	0,2 »

¹⁾ Landw Versuchsstationen Bd. 46, 217 (Gerlach).

Абсолютно же урожай хлѣба (въ 75 п.) беретъ съ десятины 16—20 kilogr. (1—1¼ п.), P_2O_5 бобовыхъ 20—30 kilogr., масличныя 20—40 kilogr., корнеплоды 40—50 kilogr., травы 20—40 kilogr. (по Muntz'y).

Если считать въ почвѣ 0,1% P_2O_5 , то десятина ея въ 8 вершковомъ слоѣ (вѣсомъ въ 340,000 пуд.) содержитъ 340 п. P_2O_5 . Такимъ образомъ, запасъ P_2O_5 въ почвахъ не является большимъ. Если бы урожай хлѣбовъ отнимали каждый годъ по 1 пуду, то безъ искусственнаго внесенія извнѣ P_2O_5 запасъ изсякъ бы черезъ какія нибудь 300—350 лѣтъ; но непрерывной культуры безъ удобренія вести невозможно, урожаи начинаютъ падать (а значитъ и истощеніе замедляется); является необходимость чередованія культуры съ годами залежи и пара, а позднѣе возвращенія части взятаго съ павозомъ; на дѣлѣ истощеніе растягивается на значительно большій періодъ, тѣмъ не менѣе относительное обѣдненіе почвы P_2O_5 можетъ быть подмѣчено и за нѣсколько десятилѣтій.

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

	Урожай.	Умолотъ.
Съ 1825—1830 годъ	4250 копенъ	166
» 1830—1835 »	5379 »	170
» 1835—1840 »	5363 »	154
» 1840—1845 »	6857 »	140
» 1845—1850 »	8417 »	156
» 1850—1855 »	7082 »	121
» 1855—1860 »	7881 »	125

По среднему составу продуктовъ было учтено количество отчуждаемой и вносимой P_2O_5 . За послѣднія 15 лѣтъ было взято съ полей 985 цент. P_2O_5 , внесено 408 цент., слѣдовательно, около половины P находящагося въ оборотѣ за эти 15 лѣтъ вышло изъ хозяйства. Какъ видно изъ таблицы, общая масса урожая современнѣе *тогда*, чѣмъ 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 мѣнѣе важнаго 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 P_2O_5 (употребленіе городскихъ нечистотъ), мы имѣемъ такого рода матерьялы для обогащенія почвы P_2O_5 и возстановленія 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 песчанниковъ и песковъ, чаще же въ видѣ мѣстныхъ скопленій: шаровъ, желваковъ, «рогулекъ» и т. п. Пытались 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 вышнюю форму; сюда принадлежатъ нани подольскіе кругляки, нассаускіе (ланскіе) фосфориты въ Германіи, логрозанскіе (Эстремадур) 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 бѣды фосфорной кислотой, тѣмъ фосфориты двухъ предыдущихъ группъ, но она легче (относительно) 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 (Костромской губ.) и, наконецъ, глауконитовые фосфориты, содержащіе кромѣ фосфорной кислоты еще и калий; они встрѣчаются въ Рязанской, Московской, Нижегородской губ., отличаются рыхлостью; залегаютъ на границѣ юрской и мѣловой системы ¹⁾.

Подольскіе фосфориты обратили на себя вниманіе геологовъ уже давно, какъ 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 (Англія), гдѣ онъ перерабатывается въ суперфосфатъ. (Замѣтимъ, что суперфосфатъ является однимъ изъ продуктовъ ввозимыхъ къ намъ изъ за границы).

Фосфориты въ Подоліи встрѣчаются въ видѣ скопленій шаровъ, причемъ поверхность ихъ бываетъ или бугристая или же они имѣютъ форму окатанныхъ шаровъ. Внутреннее строеніе шаровъ напоминаетъ своими расходящимися кристаллическими лучами сферокристаллы. Встрѣчаются эти шары или въ первичныхъ залежахъ или же во вторичныхъ. Первичныя залежи встрѣчаются въ силурійскихъ слан-

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.

цахъ, причемъ шары являются вкрапленными порознь, а окатанные — 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.

Происхожденіе фосфоритовъ довольно темно. Очевидно только то, что фосфорная кислота просачивалась въ растворъ изъ болѣе высокихъ слоевъ и отлагалась въ мѣстахъ нахожденія фосфоритовъ вокругъ извѣстныхъ центровъ въ формѣ шаровидныхъ скопленій съ лучистой структурой. Неизвѣстно также какого происхожденія была эта фосфорная кислота. Благодаря тому, что фосфориты эти образовались еще въ раннія эпохи, когда животный міръ былъ слабо развитъ, нѣкоторые авторы допускаютъ, что фосфорная кислота подольскихъ фосфоритовъ произошла отъ разрушенія микроскопическихъ кристалловъ апатита, встрѣчающагося въ значительномъ количествѣ въ гранитахъ Подоліи ¹⁾.

По химическому составу своему фосфориты эти при значительныхъ колебаніяхъ въ количествѣ фосфорной кислоты отличаются въ общемъ довольно высокимъ ея содержаніемъ (изъ русскихъ наиболѣе богатые P_2O_5), 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 Крейсслеромъ въ Рижской сельскохозяйственной станціи:

Окиси желѣза	1.90
Окиси алюминія	1.12
Окиси магнезіи	0.37
Щелочей	0.07
Фосфорной кислоты	38.38
Извести	49.50
Сѣрнистой кислоты	0.42
Угольной кислоты	1.31
Кремневой кислоты	5.05
Фтора	1.37
Потери при прокаливаніи	1.66

101.15

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

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.

породу, которая встрѣчается повсемѣстно на сѣверной границѣ мѣлового бассейна ¹⁾. Многочисленные анализы курского саморода показываютъ, что онѣ содержатъ 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

1890 году потреблено фосфорит. 200.000 пуд.
1892 » » » 800.000 »

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 размолу. Съ увеличеніемъ частицъ муки уменьшается поверхность соприкосновенія фосфорита съ частицами земли и уменьшается его усвояемость. Растворимость въ водѣ фосфорной кислоты фосфоритовъ очень не велика (близка къ нулю), нѣсколько выше растворимость въ водѣ насыщенной углекислотой. Оказывается, что растворимость въ слабыхъ растворителяхъ значительно возрастаетъ по мѣрѣ уменьшенія частицъ фосфорита. Мюнцъ взявъ фосфоритъ и измельчивши раздѣлилъ при помощи сита на различные сортименты; испытывая потомъ растворимость отдѣльныхъ пробъ различной крупности, онъ нашелъ:

Частицы: 3 мм. 2 мм. 1 мм. тонкая мука

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 опыты примѣненія фосфата на кислой болотной почвѣ дали слѣдующіе результаты:

Крупность частицъ $\frac{1}{2}$ —1 мм. урожай 27 гр.

$\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ » » 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

При размалываніи иногда сортируютъ матеріалъ при помощи отсѣиванія такимъ образомъ, что получаются продукты болѣе богатые фосфорной кислотой или съ меньшимъ содержаніемъ ея; если, напр., фосфоритъ состоитъ изъ смѣси фосфата съ кварцевымъ пескомъ, то при размолѣ первый измельчится ранѣе, нежели второй и отсѣиваніемъ можно получить продуктъ болѣе богатый P_2O_5 . Во Франціи примѣняетъ иногда для той же цѣли отмучиваніе, какъ средство, при помощи котораго можно обогатить матеріалъ фосфорной кислотой. Употребляются иногда и обжиганіе фосфоритовъ, какъ средство для увеличенія растворимости фосфорной кислоты; при обжиганіи углекислая известь переходитъ въ CaO , что повышаетъ $\%$ P_2O_5 и облегчаетъ размельченіе.

Если извѣстенъ химическій и механический составъ фосфоритовъ, то полезно для болѣе яснаго о немъ представленія знать и происхожденіе его, такъ какъ фосфориты могутъ различно дѣйствовать на урожай, смотря по формѣ фосфорной кислоты ихъ, которая можетъ быть или въ кристаллическомъ или въ аморфномъ видѣ. Въ лабораторныхъ опытахъ съ раствореніемъ фосфорной кислоты различныхъ фосфоритовъ наблюдается значительная разница въ растворимости ихъ въ зависимости отъ происхожденія.

Такъ, въ опытахъ г. Яновника 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 лабораторіи Моск. С.-Х. Института Н. Б. Недовучаевымъ

фосфоритовъ различными растеніями будетъ такая же; по крайней мѣрѣ, подольскій фосфоритъ дѣйствительно отличается малой усвояемостью P_2O_5 .

Для того, чтобы фосфорная кислота фосфоритовъ могла быть использована растеніями, необходимо, чтобы трехкальціевый фосфатъ подъ вліяніемъ CO_2 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 помогать перегнойнымъ кислотамъ переводить въ растворъ фосфорную кислоту. Но вообще отношеніе между количествомъ фосфата и гуминовыхъ веществъ должно быть очень широкимъ. Напр., 100 гр. гуминовой кислоты могли перевести въ растворъ 1.13 гр. фосфорита; 1 часть трехкальціеваго фосфата требовала (у Эйхгорна) для растворенія 8.8 частей гуминовой кислоты или 36 частей торфа; (а сѣрной кислоты всего 0.6 ч.).

По Флейшеру, въ пахатномъ слое торфяной почвы содержится столько кислотъ, что на десятину онѣ могли бы дать 25 и болѣе пудовъ растворимой P_2O_5 .

Fleischer и Kissling ¹⁾ брали 20 гр. торфа и смѣшивали его съ фосфоритомъ (3 гр.). Чистый торфъ переводилъ въ растворъ 13,6%; торфъ съ KCl — 19,4; съ каинитомъ 17,9; съ K_2CO_3 — 1,1; съ $(NH_4)_2SO_4$ — 25% 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 фосфоритовъ было почти совершенно отвергнуто); въ такихъ случаяхъ возможно, что фосфоритъ мало растворимый можетъ дать эффектъ даже болѣе чѣмъ растворимый (кислый) фосфатъ. Напр., культурные опыты въ сосудахъ Ulbricht'a (Швеція) дали слѣдующіе результаты:

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.).

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

Однако, подобные результаты могутъ дать лишь меньшинство почвъ.

Если при одновременномъ внесеніи съ фосфоритомъ каинита довольно значительно можно поднять растворимость фосфорной кислоты, то при внесеніи веществъ, способныхъ нейтрализовать освобождающіяся кислоты, растворимость фосфорной кислоты значительно понижается. Подтверженіе этому находимъ въ опытахъ французскихъ хозяевъ, пользующихся фосфоритомъ при раздѣлкѣ ландръ и торфяниковъ ¹⁾; при этомъ если 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 использованіе фосфорной кислоты фосфоритовъ.

Но 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 Книрима. Условія благопріятнаго дѣйствія торфа были затронуты выше, по поводу опытовъ Эйхгорна.

¹⁾ Особенно удачнымъ оказалось примѣненіе фосфоритовъ при обрабатываніи въ культуру подобныхъ земель въ Бретани; большая заслуга въ этомъ дѣлѣ принадлежала Rieffel'ю, какъ у насъ А. Н. Энгельгардту.

Есть впрочемъ опыты и съ иными результатами, что, вѣроятно, зависятъ 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 ¹⁾.

Вотъ результаты сравнительно благопріятныхъ опытовъ (Müntz) при удобреніи:

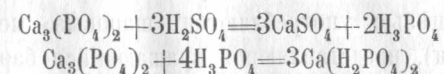
	Вытяжка		
	Содерж. P_2O_5	Лимоннокисл. Щавелевокисл. содержала P_2O_5	
Навозомъ смѣшаннымъ съ фосфоритомъ	0,65	0,18	0,21
Навозомъ безъ фосфорита	0,27	0,13	0,15

Въ другомъ опытѣ черезъ полгода перешло въ растворъ изъ смѣси фосфорита съ навозомъ, заключавшей 141 г. P_2O_5 , только 3,8 г. фосфорной кислоты.

Гораздо сильнѣе, чѣмъ органическія вещества, дѣйствуютъ на

нію, 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 стѣрной кислотой и тотчасъ же обработать водой и профильтровать, то въ фильтратѣ получается свободная фосфорная кислота. Последняя уже при дальнѣйшемъ теченіи реакціи въ процессѣ приготовленія суперфосфата связывается кальціемъ неразложеннаго фосфата съ образованіемъ того же однокальціеваго фосфата.



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

Присутствіе большихъ количествъ $CaCO_3$ въ фосфоритѣ нежелательно (вслѣдствіе излишняго расхода H_2SO_4 и пониженія процентнаго содержанія P_2O_5), но въ малыхъ количествахъ присутствіе этой соли желательно, такъ какъ ею обусловливается большая порозность

	100 ч. фосфата съ содержаніемъ:				Берется по	
	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$	CaCO_3	CaO въ видѣ CaCl_2 и CaF_2	вѣсу воды	H_2SO_4 (60°B)
Костяная зола . . .	82,1	0,3	4,4	2,6	80	15
Подольскій фосфоритъ	74,7	5,0	4,7	4,2	86	24

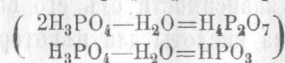
(См. Schucht, Fabrikation des Superphosphats, Braunschweig, 1894).

Фосфориты при химической обработкѣ предварительно измельчаются для чего пользуются толчеями, бѣгунами, жерновами; въ последнее время съ этой цѣлью употребляются «шаровыя» мельницы (непрерывнаго дѣйствія), представляющія вращающійся барабанъ со стѣнками изъ стальныхъ пластинъ, съ отверстиями между ними; внутрь кладутъ фосфоритъ вмѣстѣ съ стальными или чугунными шарами; при вращеніи фосфоритъ размалывается отъ ударовъ и тренія и мелкія части проваливаются черезъ отверстія въ стѣнкахъ.

Послѣ измельченія смѣшиваютъ фосфоритъ съ H_2SO_4 , причемъ заботятся объ отводѣ выделяющихся ядовитыхъ (F1) газовъ (если резервуары, гдѣ производится реакція, открыты); при этомъ рабочіе для защиты отъ дѣйствія газовъ, брызгъ H_2SO_4 снабжаются очками и масками-респираторами. Тщательное и быстрое смѣшеніе является весьма важной операціей. Болѣе совершенны по устройству приборы непрерывнодѣйствующіе; они состоятъ обыкновенно изъ неподвижнаго цилиндрическаго резервуара, съ одного конца котораго вводится сырой матеріалъ (кислота и фосфоритъ), а съ другого выходитъ готовый продуктъ—суперфосфатъ, при чемъ перемѣшиваніе и передвиженіе достигается ножами, по спирали расположенными на вращающейся оси цилиндра.

Полученная масса далѣе подвергается (если нужно) сушкѣ въ особыхъ сушильняхъ; обыкновенно вагонетки, нагруженныя суперфосфатомъ, двигаются постепенно въ нихъ навстрѣчу току теплаго воздуха.

Важно для успѣха дѣла производить сушку не при высокой температурѣ, иначе кромѣ высушиванія и потерь кристаллизационной воды начнется разложеніе (съ выдѣленіемъ воды) кислыхъ солей ортофосфорной кислоты, съ образованіемъ солей пиро и метафосфорной кислоты, не имѣющихъ уже такого фізіологическаго значенія для растений, какъ соли ортокислоты. Температура сушки не должна быть выше 100°, при 120° образуется пирофосфатъ, при 200—метафосфатъ.



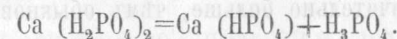
Въ полученной смѣси фосфорная кислота находится отчасти въ растворимой (въ водѣ) формѣ, именно, въ видѣ свободной H_3PO_4 , но преимущественно въ формѣ $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, отчасти въ видѣ кислыхъ солей Mg, Al, Fe. ($\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ соль растворимая, какъ и соответствующая соль Al, но не стойкая, являющаяся одной изъ причинъ вторичныхъ реакцій въ суперфосфатахъ; см. Stoklasa, Chemische und physiologische Studien über die Superphosphate).

Нерастворимыя въ водѣ соли P_2O_5 —въ суперфосфатѣ представляютъ двухкальціевый фосфатъ $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, полуторнокислые соли Fe и Al (напр., $\text{FeH}_3(\text{PO}_4)_2$, FePO_4 и соответствующія соли Al).

Далѣе, въ составъ суперфосфатовъ входятъ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (гипсъ), сѣрнокислые Fe и Al, свободная кремневая кислота, отчасти силикаты Fe, Ca, Al, песокъ, глина, иногда немного CaF_2 . Соли угольной кислоты встрѣчаются лишь при плохомъ перемѣшиваніи смѣси фосфорита съ сѣрной кислотой.

Разсмотримъ свойства $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Соль эта можетъ быть получена въ кристаллическомъ видѣ ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), отличается нестойкостью, при высушиваніи теряетъ (кристаллизационную) воду, при болѣе высокой температурѣ теряетъ еще больше воды, переходя въ соли мета и пирофосфорной кислотъ.

Растворяется вполне одноосновный фосфатъ въ водѣ лишь въ томъ случаѣ, если на 1 ч. соли приходится 200 ч. H_2O ; если же воды взято меньше, то происходитъ разложеніе соли съ выдѣленіемъ свободной P_2O_5 :



Приэтомъ 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 небезинтересно и съ практической точки зрѣнія, такъ какъ благодаря ему безъ всякихъ другихъ причинъ количество растворимой P_2O_5 суперфосфата можетъ уменьшиться (вслѣдствіе образованія нерастворимаго въ водѣ дикальціеваго фосфата).

Суперфосфатъ представляетъ смѣсь болѣе бѣдную P_2O_5 сравнительно съ фосфоритомъ, такъ какъ мы прибавляемъ къ фосфориту H_2SO_4 . Это обстоятельство вызываетъ образованіе значительнаго количества гипса и обуславливаетъ большую дороговизну перевозки P_2O_5 , поэтому готовятъ кромѣ простого еще двойной суперфосфатъ.

Для реакции въ этомъ случаѣ употребляютъ не H_2SO_4 , а фосфорную кислоту, извлекаемую водой изъ фосфорита, (по возможности не содержащаго CaCO_3) послѣ разложенія его сѣрной кислотой; водный растворъ извлеченной P_2O_5 сгущаютъ, дѣйствуютъ имъ на новую порцію фосфорита и получаютъ продуктъ содержащій также $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, 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.

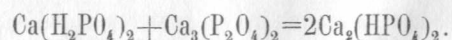
Для обработки фосфоритовъ (и костей) употребляютъ кромѣ H_2SO_4 и соляную кислоту, причемъ P_2O_5 переходитъ въ растворъ, равно какъ и Ca ; въ осадкѣ находятся примѣси (глина и песокъ). Растворъ декантируютъ, кислоту нейтрализуютъ известковымъ молокомъ.

Въ осадкѣ получается вся P_2O_5 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 лимоникисломъ амміакѣ (при томъ условіи, что сушка массы производилась осторожно), такъ какъ 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 однокальціевая 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) дѣйствуетъ на кислый фосфатъ, причемъ количество растворимой P_2O_5 уменьшается:



Дѣйствительно, если въ растворъ однокальціевой 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 трехъ известковымъ и періодически извлекать водой разныя порціи смѣси: Стоцласа получилъ при этомъ такія данныя: взято на 2,5 г. однокальціевой соли 3,5 г. трехкальціевой; перешли въ растворъ слѣд. количества P_2O_5 , въ зависимости отъ протекающаго времени:

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

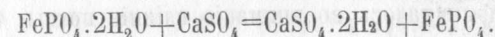
Этотъ искусственный примѣръ, конечно, очень рѣзокъ сравнительно съ тѣмъ, что имѣетъ мѣсто въ суперфосфатахъ, но онъ хорошо иллюстрируетъ одинъ изъ случаевъ ретроградации.

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 наличность 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 нерастворима; она далѣе можетъ отдавать кристаллизационную воду CaSO_4 :



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

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

Само собой разумѣется, что если желѣзо будетъ находиться не въ формѣ сѣрнокислыхъ солей, но въ видѣ окиси, то ретроградация пойдетъ еще энергичнѣе.

Милло смѣшивалъ съ порошковой 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,%. „

Jonlie нашелъ, что при этой реакціи возвратъ можетъ доходить до образованія $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

Поэтому фосфаты, содержащіе много Fe, рѣдко перерабатываются на суперфосфаты; считаются допустимыми 2%, въ крайнемъ случаѣ 3—4% F_2O_3 (см. Schucht, Fabrikation des Superfosphats).

Мы разсмотрѣли отношеніе одно, двухъ и трехъкальціевого фосфатовъ другъ къ другу, къ другимъ составнымъ частямъ суперфосфата и къ растворенію въ H_2O . Эти отношенія играютъ нѣкоторую роль при оцѣнкѣ сравнительнаго достоинства фосфатовъ, а прежде эту роль считали еще болѣею.

Суперфосфаты сперва оцѣнивались по количеству растворимой въ водѣ P_2O_5 ; но Грандо и Петерманнъ показали, что и нерастворимый въ H_2O двухъ кальціевый фосфатъ хорошо усваивается растеніями, поэтому ретроградация въ суперфосфатѣ не столь опасна, и преципитатъ, слѣдовательно, цѣненъ какъ удобрительное вещество.

На основаніи этого предложено было оцѣнивать фосфаты не по показаніямъ водной вытяжки, а по показаніямъ вытяжки изъ лимоннокислаго амміака, растворяющей одно—и двухъ основной фосфатъ (полурастворимая P_2O_5).

Вопросъ о сравнительномъ значеніи одно и двухъкальціевого фосфата въ свое время (начало 80-хъ годовъ) возбудилъ острую полемику, но теперь нѣтъ основанія входить къ детали по этому поводу, такъ какъ этотъ вопросъ достаточно выясненъ.

Говоря вообще, дѣйствіе *одно и 2-хъ кальціевого фосфата близко*, причемъ дѣйствіе это находится въ зависимости отъ почвы. Въ опытахъ, гдѣ не принималось во вниманіе вліяніе почвы, мы находимъ колебанія въ пользу то одного, то другого фосфата.

	Урожай.	
	1.	2.
При удобреніи 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 явленіе (недостатокъ CaCO_3), а сверхъ того, обладая ничтожной поглощательной способностью такія почвы не въ состояніи удержать P_2O_5 отъ вымыванія ея дождями; вслѣдствіе этого на такихъ почвахъ суперфосфатъ часто оказывается хуже преципитата.

Приводимъ для иллюстраціи данныя одного опыта въ Германіи:

	Удобрено.	
	Суперфосфатомъ.	Преципитатомъ.
Суглинокъ	приростъ + 230	+ 147
Песчаная почва.	+ 36	+ 174

Можно было бы думать, что за растворимой фосфорной кислотой должно быть то преимущество передъ полурастворимой, 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 ровно распредѣляться, какъ того не достигнуть механически. Но преимущество это оказывается слабымъ, такъ какъ образованіе въ почвѣ двухъкальціевого фосфата (и другихъ полурастворимыхъ соединений) идетъ сравнительно быстро; вотъ примѣръ изъ опыта Шталь-Шредера: 2 грамма суперфосфата было смѣшано съ 8 г. 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 и ретроградация должна пойти значительно быстрѣе, такъ что фосфорная кислота въ состояніи будетъ передвинуться въ почвѣ лишь на самое незначительное разстояніе.

Итакъ, одно и двухъкальціевый фосфаты почти равноцѣнны какъ источники P_2O_5 для растеній, наблюдаемыя же различія зависятъ отъ почвенныхъ условій.

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

Свѣжеосажденная соль $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ хорошо растворяется въ лимоннокисломъ амміакѣ; прокаленная же соль или взятая въ видѣ фосфорита въ лимонноамміачной соли растворяется очень 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 его употребляютъ на удобреніе, въ Германіи же очень наклонны считать употребленіе этого вещества 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 опытовъ Сакса укажемъ, что еще въ 60-хъ годахъ Дитрихъ выращивалъ разныя растенія въ обломкахъ горныхъ породъ (базальта и песчаника). Оказалось, что бобовыя развивались лучше злаковыхъ; отсюда Дитрихъ заключилъ, что бобовыя обладаютъ болѣею способностью переводить необходимыя для нихъ минеральныя вещества въ растворимую форму. Но нельзя считать опытъ Дитриха доказательнымъ, такъ какъ ему неизвѣстна была способность бобовыхъ использовать (при наличности клубеньковъ) азотъ атмосферы, поэтому злаки и бобовыя могли находиться въ неравныхъ условіяхъ. Другая интересная для насъ работа принадлежитъ Дайеру. Титруя вытяжку изъ корней бобовыхъ и злаковыхъ, Дугъ нашелъ, что бобовыя имѣютъ болѣе кислый «сокъ», чѣмъ злаки ¹⁾.

Иныя приемы примѣнялъ Чапекъ; но онъ также нашелъ, что, напр., у люпина корневые выделения болѣе кислыя, чѣмъ у злаковъ.

По нашимъ культурнымъ опытамъ, опытамъ Лабораторіи Минист. Земледѣлія (въ Лѣстномъ Институтѣ), по даннымъ, полученнымъ въ Бельгіи Schreiber'омъ оказывается, что *разныя растенія неодинаково относятся къ фосфоритамъ*. Въ этомъ отношеніи растенія можно раздѣлить на двѣ группы: 1) совершенно не использующія P_2O_5 фосфоритовъ, 2) болѣе или менѣе сильно переводящія P_2O_5 фосфоритовъ въ усвояемое состояніе; между этими группами существуютъ переходы.

Оказывается, хлебныя злаки совсѣмъ не используютъ P_2O_5 изъ фосфоритовъ или проявляютъ эту способность въ очень слабой степени.

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

	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%

¹⁾ Biedermanns Centralblatt. 1894, 799.

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

Во вносимыхъ фосфоритахъ содержалось P_2O_5 больше въ 2—5 разъ сравнительно съ нормальной культурой.

Другое отношеніе къ фосфориту люпина, гречихи, отчасти гороха. Въ нашихъ опытахъ 1897 г. въ одинаковыхъ условіяхъ (удобреніе фосфоритное):

Просо образовало. . .	0,58	г.	сухого вещества
Горчица » . . .	6	»	»
Люпинъ » . . .	9	»	»
Горохъ » . . .	12	»	»

У Schreiber'a ¹⁾ получились слѣдующія величины прироста урожая на фосфоритъ (0,25 г. P_2O_5):

Пшеница.	Полба.	} 0 гр.
Рожь.	Ячмень.	
Овесъ.	Avena pratensis.	
Райграсъ.	Табакъ.	} 0,5—2 гр.
Ленъ.	Сераделла.	
Инк. клеверъ.	Holcuslanatus.	
Морковь.		} 3—5,5 гр.
Шпегель.	Могаръ.	
Бѣл. клеверъ.	Люцерна.	
Красн. клеверъ.	Сах. свекла.	} 7—22 гр.
Гречиха.	Картофель.	
Маисъ.	Вика.	
Капуста.	Горохъ.	} 7—22 гр.
Рѣпа.	Горчица.	
Конопля.		

Въ опытахъ проф. Коссовича (въ лабораторіи М. З. и Г. И.) надъ злаками и горохомъ получены такіе данныя ²⁾ (также песчаныхъ культур):

	Удобр. раств. P_2O_5 .	Удобр. фосфорит.	Урожай на фосфоритъ въ % урожая на раств. P_2O_5 .
Урожай овса . . .	42,0 г.	4,0—10,1 г.	9,5—24,0%
» гороха . . .	57,0 »	29,7—30,0 »	52,1—52,6 »

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 такіе данныя:

¹⁾ Biedermanns Centralblatt 1897 г. Heft 12.

²⁾ „Хозяинъ“, 1899, № 50.

		Урожай на сосудъ.	Количество P_2O_5 въ урожай на сосудъ.
Овесь:	Удобр. фосфоритомъ	10,1 gr.	0,014 gr.
	> растворимой P_2O_5	42,0 >	0,136 >
Горохъ:	> фосфоритомъ	30,0 >	0,047 >
	> растворимой P_2O_5	57,0 >	0,147 >

Изъ сопоставленія цифръ слѣдуетъ: овесъ и горохъ значительно хуже развиваются на фосфоритѣ, чѣмъ на растворимой P_2O_5 (хотя ей было дано въ 9 разъ меньше, чѣмъ P_2O_5 фосфорита)—и въ послѣднемъ случаѣ овесъ втрое хуже гороха; въ томъ же приближенно отношеніи овесъ усвоилъ меньше P_2O_5 сравнительно съ горохомъ. При нашихъ опытахъ послѣдняго года (1899) обнаружилось, что гречиха на фосфоритѣ усвоила 60 mgr. P_2O_5 на сосудъ, въ то время, какъ хлѣба содержали 4—12 mgr.

Отмѣтимъ, что нельзя судить о способности растенія усвоить P_2O_5 фосфоритовъ по одной принадлежности его къ извѣстной группѣ, напр., бобовыхъ или злаковыхъ. Изъ бобовыхъ клеверъ плохо развивался при удобрѣніи фосфоритомъ, (данныя Петерб. лабораторіи), а изъ злаковыхъ—могаръ—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 удобрения одинаковы для озимыхъ и яровыхъ; см. ниже о вліяніи почвы).

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

	Раствори- мая P_2O_5 .	Относительная высота урожая въ:				
		Рязанск.	Смоленск.	Костр.	Вятск.	Подольск.
Овесь (наши культуры). . .	100	21,5	17,1	13,0	—	11,2 ⁰ / ₀
Овесь (лаборат. мин. земл.). .	100	28,6	25,2	24,0	14,0	9,5 ⁰ / ₀
Горохъ (тамъ же)	100	64,4	62,5	52,6	41,6	52,1 ⁰ / ₀
Гречиха (наши культуры). .	100	45,0	62,0	—	—	29,3 ⁰ / ₀

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

Замѣтимъ, что вышеприведенныя данныя дѣйствія P_2O_5 фосфоритовъ на растенія относились къ песчанымъ культурамъ и находятъ аналогію въ тѣхъ полевыхъ опытахъ, которые были произведены съ почвами не обладающими кислыми свойствами.

Несравненно сильнѣе дѣйствіе фосфоритовъ на подзолистыхъ и торфянистыхъ почвахъ, какъ это показано опытами А. Н. Энгельгардта въ Россіи, Rieffel'я и др. во Франціи и другихъ странахъ.

Вегетаціонные опыты 1896—97 года въ нашей лабораторіи (при которыхъ исключается дѣйствіе переменныхъ факторовъ, въ частности погоды), подтверждаютъ это. Приведемъ данныя полученныя въ 1896 году относительно яровой ржи.

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

Такимъ образомъ фактически такъ сильно увеличеніе на подзоли-
стыхъ, некультурныхъ почвахъ; черноземъ же совершенно не реа-
гировалъ на это удобрѣніе. Такъ какъ яровая рожь не могла сама
по себѣ пользоваться фосфорной кислотой фосфорита (на основаніи
ранѣ изложеннаго), то очевидно подзолистыя почвы подготавливали
фосфоритъ, дѣйствовали на него растворяющимъ образомъ, а чер-
ноземъ этого дѣйствія не проявилъ, хотя всѣ почвы снабжались
влажностью 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 вслѣд-
ствие климатическихъ причинъ, а вслѣдствие иныхъ свойствъ почвы.
Выводъ этотъ подтверждается и послѣдующими опытами (1897 и
1898 гг.).

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

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

Въ другомъ опытѣ съ той же почвой сравнивались различные фосфаты:

Удобрение:	1 гт. $\text{KNO}_3 + 0,27$ гт. P_2O_5 въ видѣ:				
	Безъ P_2O_5 1 гт. KNO_3	Суперфосф.	Фосфорита.	Кост. муки.	NaH_2PO_4
Урожай въ %					
отъ неудобр.	100%	153%	141%	154%	175%
Тоже для зерна	100	178	168	190	202

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

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

Урожай надземныхъ органовъ (въ % отъ неудобр.)	Безъ удобр.	Фосфо- ритъ.	Фосфоритъ и селитра.	Суперфосфатъ и селитра.
	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 не должно удобрять фосфоритами. Возможно, что для люпина, гороха и другихъ подобныхъ растений фосфоритное удобрение будетъ полезно и на такихъ почвахъ; но въ этомъ отношеніи нужны дальнѣйшіе опыты, такъ какъ вегетаціонный методъ, указывая на существованіе извѣстныхъ различій, не позволяетъ еще точно судить о размѣрахъ этихъ различій въ полевой обстановкѣ.

Въ западно-европейской литературѣ неоднократно встрѣчаются попытки установить коэффициенты для использования фосфорной кислоты того или иного фосфата; изъ выше изложеннаго 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 растений 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 постоянныя коэффиціенты.

Если, желая прибѣгнуть къ графическому изображенію, на горизонтальной оси расположить различные фосфаты, въ порядкѣ возрастающей усвояемости, а на ординатахъ отложить относительный эффектъ для даннаго фосфата (его коэффиціенты усвояемости по показаніямъ песчаныхъ культуръ), то, соединяя точки, получимъ кривую характеризующую отношеніе къ фосфатамъ того или иного растенія; но кривыхъ придется начертить нѣсколько: для хлѣбныхъ одну, для гороха другую, гречихи — третью и т. д. За ординаты (= коэффиціентамъ использования) пришлось бы взять приблизительно слѣдующія величины:

	Безъ P_2O_5	Подольск. фосфоритъ.	Смоленск. фосфоритъ.	Костяная мука.	Томасовъ шлакъ.	Суперф.
Хлѣба .	2—5%	5—11%	10—20%	50—62%	60—70%	100%
Горохъ 10		30%	45—60	70%	80%	100%
Гречиха 7		30—40%	60—70%	90%	100%	100%

(Эти цифры носятъ характеръ лишь примѣрныхъ, во многихъ случаяхъ нужны дальнѣйшіе опыты для ихъ болѣе точнаго установленія; затѣмъ возможны значительныя отклоненія еще потому, что, напр., томасовъ шлакъ, костяная мука смотря по происхожденію, характеру обработки могутъ обнаруживать различную усвояемость).

Еслибы мы пожелали сразу, на одной схемѣ, выразить соотношеніе между фосфатами, почвами и растеніями, то пришлось бы прибѣгнуть къ трехъосной системѣ координатъ; на горизонтальной оси, напр., расположить фосфаты, на вертикальной — растенія (въ порядкѣ по энергіи усвоенія), на третьей, перпендикулярной къ плоскости двухъ первыхъ, — почвы, тоже въ извѣстной послѣдовательности; всякой комбинаціи между тремя факторами будетъ отвѣчать свой коэффиціентъ усвоенія фосфорной кислоты; если такимъ образомъ построить модель изъ кубиковъ, то для каждаго частнаго случая

окраска кубика (или цифра на немъ обозначенная) будутъ указывать рѣшеніе.

Томасовъ шлакъ.

Это фосфорнокислосое удобрение получается въ качествѣ отброса при переработкѣ чугуна на желѣзо и сталь; при этомъ образуется шлакъ, довольно богатый Р, отъ котораго стараются освободить сталь и желѣзо, какъ отъ вредной примѣси.

Для процесса бессемерованія до 80-хъ годовъ употреблялся чугунъ, содержащій не больше 0,1% Р¹⁾ и 0,05% S; но въ 1879 году Томасъ и Джилкристъ сдѣлали возможной переработку чугуна, содержащаго большое количество Р, введя въ употребленіе «основной процессъ» въ отличіе отъ прежняго «кислаго» (въ смыслѣ избытка SiO₂) бессемерованья.

Попутно этотъ процессъ доставилъ сельскому хозяйству крупный и хорошій источникъ Р₂O₃.

Въ этомъ измѣненномъ процессѣ бессемерованія реторта («конвертеръ»), въ которой производится плавленіе чугуна, имѣетъ внутреннюю обкладку изъ доломитоваго известняка, сверхъ того прибавляется къ сплавляемому металлу СаО, для связыванья образующейся при окисленіи фосфора Р₂O₃.

Процессъ плавленія совершается при вдуваніи воздуха.

Сперва окисляется Si, потомъ Mn, С, а при 1800°—2000°. Р сгораетъ въ Р₂O₃, которая съ СаО образуетъ известковую соль, всплывающую наверхъ въ видѣ шлака вмѣстѣ съ кремнекислымъ Са, 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 плавления	3%	1,3%	1,5%	2,5%	0,2%
Сталь изъ того же чугуна содержала	0,4	Слѣды	0,76	0,02	0,03

¹⁾ Желѣзные руды обыкновенно содержатъ Р₂O₃, которая при выплавкѣ чугуна восстанавливается въ Р; присутствіе послѣдняго въ большихъ количествахъ дѣлаетъ невозможнымъ полученіе стали и желѣза должнаго качества.

Полученный въ данномъ случаѣ шлакъ содержалъ:

SiO ₂	12%
Окисловъ Fe и Mn.	11 »
Р ₂ O ₃	16 »
СаО (и MgO)	54 »

Составъ шлака измѣняется въ зависимости отъ состава чугуна, отъ количества извести (и MgO) и нѣкоторыхъ другихъ обстоятельствъ. Колебанія возможны въ такихъ предѣлахъ (по Grandeau, Scories de dephosphoration, въ Annales de la science agronomique 1896 и 97):

Р ₂ O ₃	8—24%
СаО	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; 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 СаО. Р₂O₃ (= Са₄Р₂O₉), соединеніе менѣе устойчивое, чѣмъ трехъосновный фосфатъ; нужно думать, что въ почвѣ оно распадается подъ вліяніемъ влаги, образуя фдкую известь и свѣжеосажденный трехъкальцевый фосфатъ. Растворимость, Р₂O₃ томасо вашлака въ лимоннокисломъ NH₃, въ H₂O+CO₂, въ уксусной кислотѣ довольно велика; такъ, слабая уксусная кислота за 72 часа растворила изъ 100 ч. Р₂O₃:

Въ томасовомъ шлакѣ а).	58%
b).	51 »
c).	36 »
Въ ланскомъ фосфоритѣ.	5,6 »
Въ копролитахъ.	10,9 »

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

Первые опыты примѣненія Томасова шлака принадлежатъ Флейшеру (въ 1884—85 г.) въ Германіи. Оказалось, что это удобрение на торфянистыхъ почвахъ вполне замѣняетъ суперфосфатъ и пре-

ципитать; на других почвах для равнаго эффекта съ суперфосфатомъ шлака нужно было вносить раза въ $1\frac{1}{2}$ —2 больше.

При опытахъ на бѣдныхъ песчаныхъ почвахъ подъ Парижемъ Грандо получилъ такіе коэффициенты:

		Урожай картофеля.	Пшеницы.
Почва	удобр. въ дост. колич. N и K , но безъ P_2O_5 .	8830 kilo	24 hectol.
»	» N , K и суперфосфатомъ . . .	25,210	—
»	» 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 полурастворимую 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 болѣе дешевымъ путемъ того-же эффекта, какъ при болѣе дорогомъ суперфосфатѣ.

При оцѣнкѣ Томасова шлака обращаютъ вниманіе на 1) содержаніе P_2O_5 , 2) степень размола (чѣмъ мельче, тѣмъ лучше); большая часть частицъ шлака должна проходить черезъ сито № 100, діаметръ отверстій котораго приблизительно = 0, 2 мм.), 3) растворимость шлака въ лимонно-кисломъ амміакѣ (реактивъ Вагнера); растворимость въ послѣднемъ реактивѣ 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 Петерманъ полагаютъ, что лишь при рѣзкихъ разницахъ въ растворимости фосфатовъ наблюдаются соответственныя разницы и въ урожаяхъ, полного же параллелизма не наблюдается; вотъ цифры для одного опыта Грандо:

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

Замѣтимъ, что при оцѣнкѣ Томасова шлака, опредѣляя растворимость P_2O_5 его и степень размола, необходимо принимать во вниманіе особенности растенія и вліяніе почвы. Очевидно, что, напр., градація по растворимости P_2O_5 разныхъ шлаковъ, совпадающая (допустимъ) съ усвояемостью для хлѣбовъ, не 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 практическое значеніе, какъ хорошій указатель на степень чистоты шлака, опредѣленіемъ которой

пренебрегать нельзя вследствие фальсификации Томасова шлака при смешиваніи къ нему фосфорита, P_2O_5 котораго въ лимоннокисломъ амміакѣ очень мало растворима; при чемъ съ цѣлью придать фальсифицированному матеріалу черный цвѣтъ шлака смѣшиваютъ его съ углемъ.

Отношеніе P_2O_5 Томасова шлака къ растворителямъ находится въ связи съ ближайшимъ составомъ шлака; въ этомъ отношеніи нѣкоторыя указанія получены выдѣленіемъ механическимъ путемъ минераловъ входящихъ въ составъ шлака.

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

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

2) Минералъ синяго цвѣта, представляющій по составу двойную фосфорнокремнекислокальціевую соль формулы $4Ca_3(PO_4)_2 \cdot 3Ca_3SiO_3$, содержащій 31% P_2O_5 (моноклинической системы).

3) Минералъ ромбической системы, желтаго цвѣта, по химическому составу представляющій тетракальціевую соль $Ca_4P_2O_9$.

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

Вагнеръ (Northheim) *) 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 оказалась значительно ниже, около 60% (къ сожалѣнію, Вагнеръ не выдѣлилъ его въ совершенно чистомъ видѣ; весьма вѣроятно, что дѣйствительная растворимость этого минерала еще ниже).

Такимъ образомъ, тетрафосфатъ и двойная соль съ кремнекислымъ Ca являются наиболѣе цѣнными формами P_2O_5 въ шлакахъ. Связь между растворимостью P_2O_5 и содержаніемъ SiO_2 была еще раньше подмѣчена; поэтому стали прибавлять SiO_2 (кварцевый песокъ) въ расплавленный шлакъ съ цѣлью повысить растворимость P_2O_5 .

Въ Россіи Томасовъ шлакъ получается изъ-за границы и потребляется главнымъ образомъ въ Остзейскомъ краѣ, но можно думать,

*) Landw. Vers. Stat. Bd. 49.

что онъ скоро появится и оцѣнится по достоинству и въ другихъ районахъ.

Костяная мука.

Кости представляютъ также крупный источникъ P_2O_5 для сельскаго 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% (съ 4—5% N).

Органическая часть состоитъ главнымъ образомъ изъ жира и оссеина (клеядающее 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.

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 кучахъ; иногда костяная зола получается попутно; такъ, въ южной Америкѣ древесный матеріалъ является сравнительно цѣннымъ, костей же получается много; поэтому тамъ топятъ костями, при чемъ (Ла-Плата) получается масса костяной золы. Промежуточнымъ продуктомъ обжиганія является костяной уголь, употребляемый на сахарныхъ заводахъ для фильтрованія и отчасти идущій и на удобрение. Оказывается, однако, что операція обжиганія не является безразличной для качества удобрения: усвояемость P_2O_5 костяной золы значительно меньше чѣмъ у необожженной кости; въ лимоннокисломъ амміакѣ, напр., растворялось *):

	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 »

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

Изъ 100 частей P_2O_5 растворялось (при хорошем измельченіи) въ случаѣ костяной муки 74—93%, послѣ же озоленія 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.

Извлечение органическихъ веществъ изъ кости (для облегченія размола) достигается лишь отчасти варкой измельченной кости въ открытыхъ котлахъ. При этомъ жиръ всплываетъ наверхъ и можетъ быть использованъ, но нельзя того же сказать относительно клея, такъ какъ при этомъ лишь часть оссеина переходитъ въ растворъ и послѣдній является слишкомъ жидкимъ; это обстоятельство составляетъ существенный недостатокъ способа. Полученная изъ такого матерьяла костяная мука является удобреніемъ отчасти азотистымъ, такъ какъ содержитъ еще 3—4% N.

Лишь при обработкѣ паромъ подъ давленіемъ оссеинъ споленъ 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), то получится обезклеенная мука, содержащая уже мало азота, потому ниже разцѣниваемая. (Помимо прямого значенія азотистыхъ веществъ ихъ считаютъ желательной составной частью еще и потому, что разлагаясь въ почвѣ они способствуютъ лучшему растворенію P_2O_5 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 N_2SO_4 для полученія суперфосфата; или кости безъ предварительной подготовки повторно обрабатываютъ водой съ HCl, извлекающей зольныя вещества; остатокъ будетъ состоятъ изъ оссеина, который при нагрѣваніи съ водой даетъ лучшіе сорта клея (желатину). Солянокислый экстрактъ нейтрализуютъ CaO и получаютъ преципитатъ.

Составъ костяной муки зависитъ отъ ея происхожденія и способа приготвленія.

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% органическихъ веществъ, песокъ)
Обезклеенная мука.	0,7—2	—	22—27

Энгельгардтъ и Ильенковъ предложили хозяйственный способъ обработки костей щелочами. При обработкѣ костей KNO_3 вслѣдствіе растворенія органическихъ веществъ структура кости нарушается и она распадается. Но ѣдкія щелочи вещества дорогія и несовсѣмъ удобныя для домашняго употребленія, почему рекомендуется такой способъ: въ непроницаемый для воды резервуаръ (кадку или яму выложенную досками или кирпичемъ) накладываются грубо измельченные кости и пересыпаются гашеной известью; смѣсь поливается растворомъ поташа, реагируя съ которымъ $Ca(OH)_2$ освобождаетъ KNO_3 . Смѣсь по временамъ смачивается водой и недѣли черезъ 2—3 перекладывается такъ, чтобы лежащая сверху кости легли внизъ; еще черезъ 2—3 недѣли получается мягкая творогообразная масса. На 12 пуд. костей берутъ 2 пуда $Ca(OH)_2$ и 1 пудъ поташу раствореннаго въ 20 ведрахъ H_2O .

Рекомендуютъ вмѣсто поташа брать золу растений съ соответствующимъ содержаніемъ углекислыхъ щелочей. Считаютъ, что березовой золы нужно брать количества 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. Наконецъ, примѣняется подготовка костей компостированьемъ, при которомъ кости грубо размолоты или разбиты на куски переслаиваются съ землей и поливаются навозной жижей.

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

Въ одномъ изъ его опытовъ усвоено растеніями:

	Въ 1-й годъ.	За 6 лѣтъ.
Изъ 100 ч. P_2O_5 въ формѣ суперфосфата.	64 ч. P_2O_5	72 P_2O_5
» 100 » костяной муки (грубого размола).	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 Гольдефлейссъ ¹⁾ цѣнятъ фосфорную кислоту костяной муки гораздо выше, считая ее относительно хорошо усвояемой. Довольно давній опытъ удобрения этимъ матеріаломъ подтверждаетъ скорѣе послѣднее мнѣніе въ Англіи костяную муку употребляли еще до появленія минеральной теоріи. Вотъ примѣръ изъ опытовъ Кюна:

	Урожай.
Безъ удобрения	100 ч. зерна.
100 kgr. P_2O_5 въ видѣ суперфосфата	145 »
100 kgr. томасова шлака	161 »
100 » костяной муки (обезклевенной).	164 »
100 kgr. пареной	158 »

Опытъ произведенъ былъ съ озимой рожью на песчаной почвѣ. (Противъ этого опыта возможно одно возраженіе—дозы P_2O_5 были высокіе, что всегда ведетъ къ нивелированію показаній для разныхъ фосфатовъ).

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

¹⁾ Holdefleiss: Das Knochenmehl, Berlin 1890.

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 растеній.

У насъ въ *песчаныхъ* культурахъ 1899 г. со злаковыми оказалось, что костяная мука даетъ эффектъ равный 60% дѣйствія суперфосфата.

Костяная мука (въ случаѣ ржи, пшеницы, ячменя, гороха) оказала болѣе эффектное дѣйствіе, чѣмъ фосфоритъ, но меньшее—чѣмъ растворимыя и полурасстворимыя соли P_2O_5 . Въ случаѣ же гречихи урожай на костяной мукѣ приблизился къ урожаю на растворимыхъ фосфатахъ, очевидно благодаря большей энергіи усвоенія у гречихи. Слишкомъ неблагоприятные результаты опытовъ Вагнера и Меркера надъ костяной мукой являются прямо непонятными; вѣроятно, болѣе справедливой оцѣнкой этого удобрения будетъ та, которая приближается къ оцѣнкѣ Кюна и Holdefleiss'a, съ нѣкоторой бытъ можетъ, поправкой въ сторону пониженія.

Что касается до вліянія фосфорнокислыхъ удобрень на растенія, то можно сказать, суммируя многочисленныя опыты съ *хлѣбами* и выводы изъ нихъ, что P_2O_5 часто *повышаетъ въ урожаѣ отношеніе зеренъ къ солому*.

Вагнеръ говоритъ, что эта законность обусловливается не специальнымъ дѣйствіемъ фосфорно-кислаго удобрения, а соотношеніемъ питательныхъ веществъ въ почвѣ, именно, обыкновенно въ почвахъ P_2O_5 находится въ *minimum'ѣ*, развитіе зерна при такомъ ненормальномъ условіи подавляется; внесеніе въ почву P_2O_5 восстанавливаетъ (увеличиваетъ) нормальное отношеніе зерна къ солому.

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

Существуютъ указанія на то, что и наши почвы часто нуждаются въ P_2O_5 , притомъ не только сѣверныя, но и черноземныя; таковы, напримѣръ, аналитическія данныя полученныя А. М. Жуковымъ для многихъ почвъ Харьковской губерніи, съ параллельнымъ подтвержденіемъ при опытахъ полевыхъ и вегетационныхъ. 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 *minimum'ѣ*; это показываютъ слѣдующія цифры:

	Урожай на сосудъ.
Безъ удобрения	11,8 gr.
Удобрено N	9,5 »
» K + N	9,9 »
» K	10,1 »
» P ₂ O ₅	28,5 »
» N + P ₂ O ₅	39,5 »

Зерновые бобовые также сильно реагируют на фосфорнокислые удобрения въ подобныхъ условіяхъ; они содержатъ въ урожаѣ болѣе P₂O₅ чѣмъ злаки. Впрочемъ, не нужно забывать, что отзывчивость къ удобрению стоитъ въ связи не только съ содержаніемъ P₂O₅ въ урожаѣ, но еще и съ усвояющей способностью корневой системы; поэтому, быть можетъ мыслимо, что, напр., люпинъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ можетъ не реагировать на внесеніе фосфата, когда хлѣба на него реагируютъ, потому что люпинъ способенъ взять P₂O₅ изъ такихъ соединений въ почвѣ, которыя хлѣбамъ недоступны; по той же, вѣроятно, причинѣ при нашихъ опытахъ съ Карловской почвой гречиха не реагировала на P₂O₅ при совершенно тѣхъ же условіяхъ, при которыхъ пшеница проявила очень рѣзкую реакцію.

Что касается *корнеплодовъ* и *клубнеплодовъ*, то можно сказать о клубнеплодахъ въ общемъ, что обычно P₂O₅, увеличивая урожай ихъ, улучшаетъ и качество продуктовъ—повышаетъ % содержаніе сахара въ свеклѣ и крахмала въ картофелѣ.

Поэтому фосфаты охотно вносятъ совмѣстно съ азотистыми удобрениями, чтобы парализовать понижающее вліяніе послѣднихъ на качество свеклы; вотъ примѣръ изъ одного опыта сдѣланнаго во Франціи:

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

Подобный примѣръ для Воронежской губ.:

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

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

Подобное дѣйствіе P₂O₅ на свеклу наблюдалось въ рѣзкой формѣ при опытахъ Я. М. Жукова и другихъ лицъ въ имѣніяхъ Харитоненко (Харьковской губ.).

Тоже самое наблюдается и для картофеля; конечно, возможенъ рядъ случаевъ, когда фосфаты остаются безъ дѣйствія, но если таковое имѣетъ мѣсто, то оно обыкновенно сопровождается повышеніемъ качества, а не пониженіемъ его, какъ въ случаѣ односторонняго употребленія азотистыхъ удобрений.

Фосфорная кислота вліяетъ на соотношеніе растений разныхъ семействъ въ луговыхъ смѣсяхъ. Опыты показываютъ, что при удобреніи P₂O₅ процентъ бобовыхъ часто увеличивается на счетъ злаковыхъ.

Такое измѣненіе соотношенія бобовыхъ и злаковыхъ понятно: злаковые способны отзываться на вносимую P₂O₅ лишь до предѣла, опредѣляемаго содержаніемъ усвояемаго N въ почвѣ, бобовые же этого предѣла не имѣютъ, такъ что шансовъ въ борьбѣ за существованіе у нихъ становится больше по сравненію со злаковыми, чѣмъ было до внесенія фосфатовъ. Вотъ примѣръ рѣзкаго дѣйствія P₂O₅ 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 удобрений.

Характеръ и размѣры дѣйствія P₂O₅ на ботаническій составъ смѣси, конечно, сильно зависятъ отъ рода почвы; такъ, подобнаго дѣйствія на бобовыя P₂O₅ не имѣла при опытахъ въ Ротамедѣ, 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 «послѣдѣйствіе», т. е., давать извѣстный эффектъ не только въ годъ внесенія въ почву, но и въ послѣдующіе года.

Послѣдѣйствіе для суперфосфата невелико, такъ какъ съ опредѣленнымъ количествомъ его вносится меньше P₂O₅, чѣмъ при другихъ фосфорнокислыхъ удобренияхъ; кромѣ того, въ суперфосфатѣ P₂O₅ содержится въ формѣ наиболѣе легко усвояемой, такъ что на слѣдующій годъ въ почвѣ P₂O₅ остается меньше, чѣмъ при менѣе растворимыхъ удобренияхъ, а форма оставшейся отъ суперфосфата P₂O₅ является уже измѣненной, не столь усвояемой. Дѣйствіе Томасова

шлака, и костяной муки, может быть менее эффектно на первый годъ, за то болѣе продолжительно, въ виду большихъ количествъ вносимой P_2O_5 и постепеннаго ея использования. Известенъ рядъ случаевъ, когда дѣйствіе фосфатовъ было замѣтно на трехъ послѣдующихъ растеніяхъ, иногда оно растягивается на еще болѣе болѣе срокъ (при внесении значительныхъ количествъ). Чтобы закончить разсмотрѣніе фосфорнокислыхъ удобрений, нѣсколько остановимся на техничѣ примѣненія ихъ.

Выборъ матеріала обуславливается не только техничскими, 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 .

Низшей нормой для нерастворимыхъ фосфатовъ считаютъ такое количество ихъ, которое содержитъ (на десятину) 6 п. P_2O_5 ; лучше 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 максималнымъ; обыкновенно съ суперфосфатомъ вносятъ 2—3 п. P_2O_5 .

Обыкновенно малорастворимые фосфаты вносятся заблаговременно, напр., осенью подъ яровые, причемъ разсчитываютъ на то, что часть фосфорной кислоты перейдетъ въ растворъ къ началу роста растеній; по этой же причинѣ часто фосфорнокислыя удобрения (нерастворимыя и полурстворимыя) вносятъ 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, но при этомъ его нельзя 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 P_2O_5 . Съ этой цѣлью рекомендуютъ фосфориты разсыпать по первой

пахотѣ; по вспаханной землѣ разсыпать ихъ менее удобно, такъ какъ тогда ихъ труднѣе хорошо смѣшать съ почвой.

Можно отмѣтить, что въ послѣднее время сдѣланы удачные опыты *мѣстнаго* внесенія удобрения, т. е. распредѣленія его не сплошь по поверхности поля, а непосредственно подъ ряды растеній. По нѣкоторымъ опытамъ оказывается, что при такомъ способѣ при употребленіи меньшихъ количествъ удобрения достигается болѣе болѣе эффектъ, чѣмъ при сплошномъ внесеніи удобрения.

Такъ, по опытамъ Я. М. Жукова со свеклой 2 пуд. 20% суперфосфата при мѣстномъ удобрении (подъ ряды свеклы) даютъ максималный эффектъ, для котораго при обычномъ способѣ удобрения требуется 20 и болѣе пуд. суперфосфата.

Весьма возможно, что причина этого явленія кроется въ процессѣ ретроградаци; при рядовомъ внесеніи удобрения она проявляется въ меньшей мѣрѣ чѣмъ при сплошномъ внесеніи фосфата, такъ какъ одно и то же количество удобрения соприкасается и вступаетъ въ реакцію съ меньшими количествами Fe, Al, Ca и поэтому P_2O_5 остается болѣе продолжительное время въ растворимомъ состояніи.

С. Калійныя удобрения.

Калій является элементомъ столь же необходимымъ для растеній какъ фосфоръ; въ природѣ онъ встрѣчается въ большихъ количествахъ, чѣмъ послѣдній, преимущественно въ видѣ силикатовъ, какъ составная часть горныхъ породъ, гдѣ содержаніе его выражается процентами и десятками процентовъ, а не долями %, какъ для P_2O_5 . При вывѣтриваніи горнокаменныхъ породъ онъ отчасти вымывается въ видѣ углекислыхъ и кремнекислыхъ солей, отчасти поглощается почвой (известковые почвы и песчаная поглощаютъ K_2O хуже другихъ).

Нѣкоторые французскіе авторы считаютъ, что содержаніе въ почвѣ 0,1% K_2O указываетъ на то, что почва можетъ обойтись безъ внесенія K извнѣ при навозномъ удобрении. 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. находящійся въ поглощенномъ состояніи, а именно эта форма K_2O и считается усвояемой.

Показанія солянокислой вытяжки поэтому не идутъ параллельно съ общимъ содержаніемъ K_2O въ почвѣ. Мюницъ 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 K_2O чѣмъ P_2O_5 , даже если судить по солянокислой вытяжкѣ, но и растения берутъ изъ почвы K_2O больше чѣмъ P_2O_5 .

	K_2O	P_2O_5
Урожай пшеницы	38	28
„ сах. свеклы	184	34
„ клевера.	83	25

Тѣмъ не менѣе опытъ показываетъ, что потребность почвы во внесеніи K_2O извнѣ наступаетъ позже, чѣмъ потребность въ P_2O_5 . Помимо разнаго содержанія K_2O и P_2O_5 въ почвахъ, причина этого явленія заключается и въ томъ, что P_2O_5 содержится преимущественно въ зернахъ и обыкновенно значительная ея часть отчуждается изъ хозяйства; содержаніе же K_2O въ зернахъ сравнительно небольшое, процентное содержаніе его значительно больше въ вегетативныхъ органахъ, обыкновенно неотчуждаемыхъ изъ хозяйства, а возвращаемыхъ полямъ вмѣстѣ съ навозомъ; такъ, у овса въ зернахъ содержится 0,42%, въ соломѣ 0,97% K_2O .

Къ тому же, масса вегетативныхъ органовъ въ урожаяхъ больше чѣмъ зерна. Кромѣ того, на поля обычно вносятся еще кали, заключающееся въ луговомъ сѣнѣ, которое скармливается скоту; сѣно содержитъ значительныя количества K_2O въ золѣ.

Въ упомянутомъ ранѣе хозяйствѣ Крузіуса при учетѣ оказалось, что калия 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 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 удобрение; обѣднѣніе почвы калиемъ по мнѣнію Либиха было вѣроятной причиной явленія, извѣстнаго подъ именемъ «свеклоутомленія почвы».

Но когда были открыты стассфуртскія залежи калия и явилась возможность практическаго примѣненія калийныхъ удобрений, то оказалось, что свекла и клубнеплоды мало реагируютъ на вносимый К.

Это обстоятельство не могло не броситься въ глаза; его сопоставили съ другимъ (тогда еще необъясненнымъ фактомъ), что бобовыя, уносящія много азота въ урожай, 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 урожай, такъ какъ (по этому толкованію) очевидно, что растеніе само умѣетъ себя обезпечить тѣмъ, чего въ немъ должно быть много. Но ни тотъ, ни другой принципъ не можетъ быть принятъ прямо къ руководству; изъ названной группы растений не всѣ 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 удобренію зависитъ какъ отъ размѣровъ потребленія даннаго вещества, такъ и отъ той легкости, съ какой растеніе усваиваетъ его; въ формулѣ (предположительной), выражающей потребность растенія въ удобреніи первая величина должна стоять въ числитель, а вторая—въ знаменателѣ.

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

Зола, получаемая при сжиганіи веществъ растительнаго происхожденія, должна замѣнять болѣе или менѣе калийныя удобрения, такъ какъ всѣ растенія нуждаются и содержатъ въ себѣ K_2O . Обыкновенно, зола древесныхъ породъ получается въ качествѣ отброса при топкѣ. Въ ней содержится не только K_2O , но и P_2O_5 , такъ что зола

является и фосфорнокислым удобрением, какъ это видно изъ ниже-
слѣдующихъ 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 растений полевой куль-
туры еще выше.

Подсолнечникъ стебли содержитъ .	14%	K_2O въ золѣ.
Гречишн. солома	25 »	»
Ржаная »	18—20 »	»
Зола кизяка ¹⁾	11 »	»

Иногда въ приморскихъ районахъ для удобрения пользуются золой
морскихъ растений, водорослей, содержащихъ около 18% K_2O . (Fu-
cus'ы).

Такой составъ имѣетъ зола въ томъ случаѣ, если она не подвер-
галась выщелачиванію дождевыми водами или выщелачиванію намѣ-
ренному въ цѣляхъ полученія K_2CO_3 .

Зола, подвергнутая выщелачиванію, теряетъ уже свою цѣнность,
какъ источникъ калия, хотя относительно обогащается P_2O_5 , остаю-
щейся въ видѣ известкового фосфата.

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

Торфъ обычно бѣденъ зольными веществами (не говоря о механи-
ческихъ примѣсяхъ) и калия въ особенности; для техническихъ цѣ-
лей 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 соеди-
неній Ca .

¹⁾ Составъ этого отброса очень непостояненъ.

На десятину вносится 70—100, иногда 200 пудовъ золы, въ за-
висимости отъ количества содержащагося въ ней калия. Золы выше-
лоченной вносятъ еще большія количества.

Наилучшій эффектъ она оказываетъ на кислыхъ торфяныхъ поч-
вахъ. Надо имѣть въ виду одну отрицательную сторону примѣненія
золы: углекислыя щелочи очень способствуютъ заплыванію почвы,
образованію корки; поэтому не слѣдуетъ вносить золу поверхностно
(тогда первый же дождь дастъ корку), лучше ее запахивать.

Стассфуртскія соли. Богатѣйшимъ источникомъ калийныхъ удо-
брений являются соляные 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 прекра-
тились. 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 (от-
куда названіе Abraumsalz съемочная соль) и добывали только камен-
ную соль, но съ 1862 года стала производиться въ обширныхъ раз-
мѣрахъ разработка этихъ солей преимущественно въ цѣляхъ полу-
ченія калиевыхъ препаратовъ для потребностей фабрично-заводскаго
и сельско-хозяйственного промысла ¹⁾.

Отложеніе солей въ Стассфуртскомъ бассейнѣ совершалось про-
должительное время между образованіемъ верхняго цехштейна, при-
надлежащаго пермской системѣ, и пестраго песчаника, относящагося
къ нижнему триасу. Процессъ отложенія солей происходилъ такъ,
какъ въ современную эпоху онъ совершается, напр., въ Кара-Бу-
газѣ: достаточно глубокій заливъ былъ отдѣленъ отъ моря пере-
сыпью, не препятствовавшей поверхностному доступу морской воды
въ котловину; при сухомъ климатѣ концентрація солей въ послѣд-
ней дѣлалась все больше и больше, пока, наконецъ, она достигла той
степени, при которой стали осаждаться соли сперва менѣе раство-
римыя — ангидритъ ($CaSO_4$), а затѣмъ каменная соль съ прослойками
(«годовыя кольца») ангидрита.

Точно такъ теперь идетъ отложеніе на днѣ Мертваго моря солей,

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

приносимых р. Иорданъ. Только при новомъ и новомъ притокѣ воды, содержащей соли, возможно было образование такихъ мощныхъ отложений, 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 къ ней подмѣшивается *полмалитъ*, 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 *полмалитовой* области. Выше расположено *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 кизеритовымъ находится *карналлитовый поясъ*, а мѣстами — *каинитовый*. Карналлитовый поясъ приблизительно состоитъ изъ 25% NaCl , 16% кизерита и 55% карналлита съ каинитомъ (формула каинита $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).

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

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

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

Надо, впрочемъ, 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, вслѣдствіе чего фирмы гарантируютъ содержаніе въ каинитѣ лишь 12% калия вмѣсто 23%, какъ слѣдуетъ 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 заплыванія 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 большого содержанія хлора, поэтому прежде употреблялся лишь для чисто химическихъ цѣлей; но когда сдѣлалось извѣстнымъ, что не всѣ растенія чувствительны къ хлору, то стали употреблять его на удобреніе. Фирмы гарантируютъ содержаніе 9% K_2O . Вслѣдствіе сравнительно низкаго содержанія калия, карналлитъ находитъ примѣненіе преимущественно въ мѣстностяхъ не слишкомъ удаленныхъ отъ Стассфурта (иначе провозъ удорожаетъ стоимость единицы K_2O болѣе чѣмъ въ въ каинитѣ. Карналлитовые залежи богаче остальныхъ).

Полмалитъ содержитъ: 10—15% K_2O ; залежи его сравнительно невелики.

Какъ удобрения калийныя, наибольшаго вниманія заслуживаютъ карналлитъ и каинитъ. Онѣ поступаютъ въ продажу обыкновенно въ сыромъ видѣ, такъ какъ всякая обработка значительно удорожаетъ продуктъ.

Важнымъ условіемъ успѣшнаго примѣненія стассфуртскихъ солей — является достаточное количество влаги въ почвѣ; помимо причинъ общихъ для каждаго удобрения, здѣсь является опаснымъ повышеніе концентраціи вслѣдствіе присутствія въ удобрении или образованія въ почвѣ такихъ солей, какъ MgCl_2 и CaCl_2 , вредныхъ для растительности при невысокой уже концентраціи. Взглядъ Меркера на то, что стассфуртскія соли, какъ вещества гигроскопическія, даже обогащаютъ почву влагою и что на поляхъ, удобренныхъ этими солями, растенія лучше обезпечены влагою нежели на поляхъ неудобренныхъ, не имѣетъ никакого основанія, такъ какъ гигроскопическая влага почвы (содержаніе которой дѣйствительно повышается) представляетъ собою мертвый запасъ, которымъ растенія не пользуются.

Другое условіе ихъ примѣненія — наличность въ почвѣ извести или

внесение ее со стороны. Необходимость извести для почв удобримых стассфуртскими солями объясняется так: соли эти принадлежат к физиологически кислым солям, т. е. таким, из которых растения могут усвоить только основания или потребление оснований превышает потребление кислоты, а кислота остается в почве и постепенно накапливается.

Так напр., из KCl , K_2SO_4 потребляется в большом количестве K , а в Cl растения почти не нуждаются, точно так же остается из второй соли избыток SO_3 . В почве через некоторое время получается избыток кислот, для нейтрализации которых и служит известь.

Кроме того, при удобрении этими солями почва обдняется известью независимо от потребления ее растениями. При внесении KCl в почву калий поглощается ею и вместо него выделяется эквивалентное количество кальция ($CaCl_2$), который постепенно вымывается дождевыми водами в нижние слои; потребность почвы в извести поэтому повышается.

Наконец, при употреблении стассфуртских солей надо иметь в виду, что строение почвы меняется в неблагоприятную сторону: является склонность к ухудшению физического строения и образованию корки. Неблагоприятное в этом направлении действие стассфуртских солей в известной мере парализуется внесением извести.

Наивысший эффект от этих удобрений получается, конечно, тогда, когда именно только калий находится в minimum ; след., часто приходится заботиться о внесении предварительно P_2O_5 или N .

Так напр., в одном опыте без удобрения на	
лугу урожай сена был.	2200 килогр.
При удобрении каинитом	2300 "
" фосфоритом.	2500 "
" фосфор. + каинит.	4350 "

Соли в почву должны быть внесены заблаговременно, не вместе с семенами, чтобы от излишнего (местного) повышения концентрации не пострадала всхожесть, чтобы соли успели распределиться, циркулируя с почвенной влагой, в большем слое почвы. Особенно заблаговременно вносить эти соли при культурах растений, не выносящих избытка Cl ; тогда этот последний должен быть выщелочен в подпочву, что с успехом достигается осенними и весенними водами при внесении этого удобрения с осени.

Травы высеваемые на полях и луговая растительность потребляют большие количества кали: урожай сена в 240 пуд. берет до 4 пудов K и 1 пуд P_2O_5 . (Луговое сено состоит главным образом из стеблей, в которых содержится много K и мало P , преобладающего в семенах). Луговая растительность очень отзывчива на калийные удобрения и за границей часто употребляют до 50 пуд. каинита на десятину. Обычно же потребляется вдвое меньше. При цене каинита на месте в 13 коп. за пуд даже такие высокие дозы могут окупаться при интенсивном хозяйстве. И здесь лучше всего применять калийные удобрения с осени, для того чтобы соли могли проникнуть в почву. Замечено, что лучше всего соли эти действуют на бедных зольными веществами лугах подвергавшихся заболачиванию, торфянистых, на супесчаных, песчаных и известковых, и менее заметно на суглинистых и глинистых почвах.

Под влиянием этих удобрений замечается перемена луговой растительности. Большинство опытов указывают на исчезновение мха, осоки и других кислых трав; начинают преобладать овсяница, лисохвост, мятлики, клевера, *Lathyrus* и др. В общем повышается процент бобовых; так напр. при опытах с каинитом на Жабенском лугу через некоторое время % бобовых увеличился вдвое (См. стр. 75).

Изменение в составе флоры часто следуют за однократным внесением удобрения, но сильнее сказываются при повторении его.

Относительно хлебных растений оказывается, вопреки ожиданиям, что часть их отзывается на калийные удобрения при употреблении их при первой вспашке пара. Влияние это на бедных почвах сильнее, причем повышение урожая на бедных почвах для хлебов является общим правилом. Овес и рожь реагируют лучше, чем пшеница, что стоит быть может в связи с посевом первых двух растений на более бедных почвах по сравнению с почвами «пшеничными». Ячмень для пивоварения охотно удобряют калийными солями. Зерновые бобовые реагируют на калийные удобрения благоприятно и первый случай удачного применения этих удобрений был именно с этими растениями у Шульца в Люпце.

Картофель, свекла на каинит и вообще калийные удобрения реагируют плохо и подчас получают даже нежелательные результаты от применения этих удобрений в смысле ухудшения их состава, причем вызывается понижение % крахмала и сахара под влиянием хлора.

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

Тоже самое получается, если каинить примѣняется съ навозомъ.

Безъ удобр. получено 101 центн. на дес. картофеля; крахмала 20.2 %
 Удобрено навозомъ 109 » » » 19.1 »
 Навозъ + каинить 117 » » » 17.4 »

Если разсчитать количество полученнаго крахмала, то оно окажется на десятину:

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 всетаки пополнить недостатокъ въ кали посредствомъ каинита, слѣдуетъ вносить каинить 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 и K_2SO_4 , употребленіе которыхъ 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 пр. 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 удобрений, содержащихъ много хлора (если только культивируются болѣе цѣнные сорта).

Прядильныя растенія—ленъ и конопля съ успѣхомъ используютъ калийныя удобрения, не смотря на примѣсь хлористыхъ солей. Вообще замѣчено, что на растенія, культивируемыя изъ за стеблей, калийныя соли дѣйствуютъ всегда болѣе благоприятно.

Полныя удобрительныя вещества.

Навозъ.

Навозъ является удобрительнымъ матеріаломъ растительнаго происхожденія, такъ какъ составныя части его—твердыя и жидкія изверженія животныхъ съ одной стороны и подстилка съ другой представляютъ изъ себя растительные продукты, отчасти измѣнившіеся при прохожденіи черезъ кишечникъ животнаго или при храненіи въ навозной кучѣ.

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 до CO_2 и H_2O . Бѣлковыя вещества также сильно измѣняются, проходя черезъ организмъ, сжигаясь частью, причемъ изъ нихъ получается мочевины. Усвояемая часть пищи, сохраняя весь свой азотъ, выдѣляется почками въ видѣ мочи, которая и примѣшивается къ твердымъ изверженіямъ. Измѣненіе усвояемой части пищи сказывается на составѣ мочи: выдѣленія отличаются меньшимъ содержаніемъ N и C, но усвояемый азотъ выдѣляется изъ организма весь этимъ путемъ (если не принимать во вниманіе прироста мяса, шерсти, выдѣленія молока). Твердыя изверженія богаче кормоваго вещества клетчаткой главнымъ образомъ.

Если опредѣлить то, что животнымъ потреблено и что выдѣлено въ суммѣ, то замѣчается уменьшеніе сухого вещества корма и процентное обогащеніе азотомъ и зольными составными частями. Такъ, въ одномъ рядѣ опытовъ Геннеберга и Стомана съ рогатымъ скотомъ оказалось, что въ среднемъ потреблялось въ день около 21,0 фунта сухихъ веществъ, выдѣлялось 10,5 фунт.; другая половина сухихъ веществъ тратилась на процессы дыханія.

Такъ какъ азотъ и зольныя вещества цѣликомъ переходятъ въ навозъ, то количество ихъ процентно увеличивается вдвое приблизительно. Въ данномъ опытѣ содержалось въ кормѣ азота 1,46%

въ сухомъ веществѣ изверженій » 2,90 »

Точно также для зольныхъ веществъ:

Золы въ кормѣ	6,95%
» » изверженіяхъ	14,00 »

Для большинства опытовъ эти среднія цифры вѣрны и для травоядныхъ животныхъ могутъ быть приняты за типичныя.

Жидкія изверженія содержатъ азотъ и минеральныя вещества и представляютъ изъ себя продукты распада вещества самого организма. Азотъ здѣсь содержится въ формѣ мочевины, гиппуровой и мочевой кислоты. Азотъ въ формѣ амміака не выделяется, а получается амміакъ уже при броженіи жидкости. Жидкія изверженія содержатъ 8—9% сухого вещества; изъ него около $\frac{1}{10}$ части (или 1% отъ сырой массы) приходится на долю азота и 30—40% на зольныя вещества. Характернымъ для жидкихъ изверженій служитъ отсутствіе въ нихъ (или крайне малое содержаніе) фосфорной кислоты и значительное количество калия въ формѣ KHC_2O_4 ; весь почти фосфоръ пищи выделяется черезъ кишечникъ.

Вотъ данныя Буссенго:

Въ 1000 частяхъ жидкихъ и 1000 ч. тверд. изверж. содержится:

азота	9,7	4,2
фосфорной кислоты	слѣды	1,0
окиси калия	13,2	0,5

Чтобы представить себѣ ближайшій составъ жидкихъ изверженій приведемъ слѣдующія цифры (по Müntz'у):

Мочевины на 1000 частей	18,5
Гиппуровокислаго кали	16,5
Молочнокислыхъ солей	17,0
Двууглекислаго кали	16,0
Воды	921

Кромѣ того, небольшое количество двууглекислыхъ магnezіи и извести, хлористыхъ и сѣрнокислыхъ щелочей, кремнезема.

Абсолютное количество различныхъ веществъ выделяемыхъ почками и черезъ кишечникъ различно у различныхъ животныхъ, въ зависимости отъ рода пищи. Въ то время какъ у плотоядныхъ животныхъ, благодаря большей питательности и усвояемости ихъ пищи, больше выделяется черезъ почки, у травоядныхъ животныхъ наоборотъ:

Напр., лошадь за годъ выделяетъ (по Буссенго):

	азота:	кали:	фосфора:
жидкихъ изверженій 3000 килогр., въ нихъ	17,7 klg.	9,6 klg.	—
твердыхъ » 6000 » » »	33 »	»	18 klg.

Но нужно замѣтить, что количество твердыхъ и жидкихъ изверженій сильно мѣняется въ зависимости отъ пищи; отъ пищи же зависитъ и ихъ составъ. Все же считается въ общемъ характернымъ извѣстное соотношеніе въ содержаніи воды и азота для различныхъ группъ с. х. животныхъ.

Такъ, у рогатаго скота воды въ изверженіяхъ 87%, азота 0,4%

» лошадей	78 »	» 0,7 »
» овецъ	68 »	» 0,9 »

Другая составная часть навоза — *подстилка* играетъ двоякую роль: — отъ нея требуется обезпеченія чистоты и мягкости ложа для скота съ одной стороны и, что для насъ 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 въ послѣдствіи онѣ цѣликомъ переходятъ въ навозъ. На ходъ разложенія навоза подстилка также не остается безъ вліянія, обуславливая 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, употребляются 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 подставки, 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 смотря по возрасту торфяника	500—700 и 1000	»	»
Мохъ	300	»	»

Мѣстами при недостаткѣ соломы прибѣгаютъ, 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 влагоемости (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 химического 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 портѣ его грибами и пр.

Количество подстилки сильно мѣняется въ зависимости отъ вѣшнихъ 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 1:1/5 для соломы).

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

Въ среднемъ (по Вольфу) на

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
свиньи	724	4.5	1.9	6.0
рогатаго скота	775	3.4	1.6	4.0

¹⁾ Стружки и опилки, какъ матеріалъ, содержащій мало азота, должны уступить солому, съ точки зрѣнія внесенія въ навозъ элементовъ пищи растений.

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—0,25% 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. Мюницъ 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 соломой, съ добавкой ржаной муки и капустныхъ листьевъ, азота было въ навозѣ до 0,41%; фосфорной кислоты въ первомъ случаѣ было 0,3%, а во второмъ 0,15%.

Количество всего получаемого въ хозяйствѣ навоза можно для предварительныхъ соображеній рассчитывать 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—уже по количеству корма въ хозяйствѣ.

Организмъ животнаго сжигаетъ приблизительно 1/2 сухого вещества корма, а другая переходитъ въ навозъ. Если мы знаемъ количество корма, употребленнаго животными, то можемъ высчитать въ немъ количество сухого вещества; пусть оно = a ; половина его перейдетъ въ навозъ ($\frac{a}{2}$), туда же перейдетъ все сухое вещество подстилки = b ; всего сухого вещества въ навозѣ $\frac{a}{2} + b$. Въ среднемъ навозъ содержитъ 75% воды, слѣдовательно, если мы общее количество сухого вещества помножимъ на 4, то получимъ количество навоза, которое можно получить изъ данного корма ($\frac{a}{2} + b$) 4.

Способъ Баталина претендуетъ на болѣшую точность при вычисле-

нии общего 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, 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. Баталинъ беретъ золу, $\frac{1}{3}$ бѣлковыхъ веществъ, сумму непереваримыхъ веществъ, все сухое вещество подстилки и все это множитъ на 4.

Для грубаго расчета 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 расчетѣ 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 klg.
» » » » уплотненнаго	700 —
» » » » полуразложившагося	800 —
» » » » влажнаго разложившагося	900 —

Измѣненіе 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 въ послѣднее время только опредѣлили ихъ величину, причемъ онѣ оказались гораздо больше тѣхъ, какія 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 самыя животныя, такъ и получаемый отъ нихъ навозъ, содержатся (по отзыву авторовъ) очень тщательно. Не смотря на это потери

при храненіи были велики. Такъ опытъ съ лошадями производился въ теченіи мѣсяца; при этомъ животныя взвѣшивались для провѣрки постоянства ихъ вѣса, взвѣшивались и анализировались ихъ кормъ и получаемый отъ нихъ навозъ. Потери получились таковы: 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 гр. или 52,7% N. Нужно замѣтить, что этотъ опытъ производился въ жаркое время года, а потому потери эти 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, но все-таки онѣ бываютъ отъ 13 до 24% при храненіи навоза въ стойлахъ и выше, когда навозъ хранится отдѣльно въ гноищахъ.

Для борьбы съ этими потерями амміака предлагали употреблять различныя средства, какъ физическія, такъ и химическія. Прежде всего остановились на кислотахъ для связыванія амміака, и дѣйствительно рекомендовали употреблять съ этой цѣлью разведенную сѣрную кислоту, которой или поливали подстилку до кислой

реакции, 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 уже дурно отзывается на животныхъ. Въмѣсто сѣрной кислоты предлагаютъ поэтому употреблять сѣрнокислыя соли — гипсъ и желѣзный купоросъ. Основаніе той и другой соли связываетъ углекислоту, давая осадки (CaCO_3 и FeCO_3), а сѣрная кислота связываетъ NH_3 , образуя нелетучую сѣрноамміачную соль (такъ реакція идетъ въ растворѣ; при высушиваніи она можетъ пойти и обратно). При употребленіи этихъ веществъ не слѣдуетъ упускать изъ виду, что въ мочѣ есть и другія части, которыя могутъ потреблять гипсъ, именно углекислыя щелочи (K и Na), точно также образующія CaCO_3 и соотвѣтствующую соль H_2SO_4 , поэтому всегда приходится прибавлять излишнее количество гипса для удержанія амміака. 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 считаютъ выгоднымъ примѣнять по 2 килограмма гипса въ сутки на голову рогатаго скота (Hofmeiss).

Кромѣ этихъ солей рекомендуютъ употреблять стассфуртскія соли, содержащія MgSO_4 , 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, съ цѣлью создать щелочную реакцію и тѣмъ самымъ устранить возможность броженія. Лабораторные опыты даютъ въ подобныхъ случаяхъ положительные результаты, но на практикѣ такъ поступать нельзя, потому что извести потребуется большое количество для сохраненія щелочной реакціи; хорошее и быстрое смѣшенія является трудно осуществимымъ, а выдѣляющаяся при разложеніи CO_2 превращаетъ известъ въ углекислую, которая даже способствуетъ дальнѣйшимъ потерямъ амміака.

Изъ веществъ не предохраняющихъ жидкія выдѣленія отъ броженія, но удерживающихъ получающійся амміакъ, употребляютъ землю и торфъ вмѣстѣ съ соломой въ подстилку. Для этого землю, по преимуществу торфяную или съ большимъ количествомъ перегноя, кладутъ слоемъ на полъ стойла, а потомъ кладутъ подстилку, причемъ

мѣняютъ только солому, не трогая торфа; или же переслаиваютъ подстилку съ торфомъ или, оставляя подъ животными солому, располагаютъ торфъ на пути движенія жидкости по уклону 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 к. м. воздуха
» 2 » 0	3 »
» 3 » 0	4 »
» 6 » 1 mlgr.	16 »

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 органическое вещество экскрементовъ и подстилки.

Разложеніе навоза въ кучѣ можетъ идти или при участіи аэробныхъ бактерій, или же при участіи анаэробныхъ. Оба эти процесса обыкновенно идутъ одновременно въ разныхъ частяхъ, сферы преобладанія того или другого распредѣляются въ кучѣ въ зависимости отъ доступа воздуха: при сухой погодѣ, 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 »	35,5 »	0 »
CH_4 — 0 »	33,3 »	77,3 »

т. е., въ глубинѣ кучи происходитъ чисто анаэробный процессъ и газы находящіеся тамъ получаются отъ разложенія углеводовъ подстилки и экскрементовъ, а въ наружныхъ слояхъ углекислота образуется насчетъ кислорода воздуха

¹⁾ См. Dehérain, Chimie agricole, 679.

При ближайшем дождѣ зона анаэробнаго броженія передвигается вверхъ. Въ зависимости отъ доступа воздуха температура внутри кучи можетъ значительно повышаться, какъ это показано въ опытахъ Гэйона (см. стр. 44).

Условіемъ метановаго броженія является щелочная реакція среды, которая является результатомъ образованія углекислаго амміака. При искусственномъ осуществленіи метановаго броженія приходится повышать температуру; напр., въ одномъ опытѣ Шлезинга 124 г. навоза положены были въ колбу съ газоотводной трубкой; температура въ теченіе всего опыта (2 мѣсяца) поддерживалась 52°C. Навозъ послѣ опыта былъ анализированъ; получено CO_2 —4.217 к. с., метана 4.557 к. с., слѣдовательно почти равные объемы, какъ и слѣдуетъ по принятому уравненію ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = 3 \text{CH}_4 + 3 \text{CO}_2$). Углерода содержалось въ навозѣ 12.6 г., а въ продуктахъ собрано 4.7, т. е. больше $\frac{1}{3}$. (Для демонстраціи значительнаго количества выделяющагося въ навозной кучѣ метана Дегеренъ обычно зажигаетъ его, извлеки достаточный объемъ газа изъ внутреннихъ частей съ помощью аспиратора).

Принято думать, что источникомъ для метановаго броженія служатъ 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.

Азотистыя вещества сначала измѣняются отчасти въ томъ же направленіи, какъ и въ стойлѣ, т. е., мочевины превращается въ углекислый амміакъ, но это броженіе почти достигаетъ своего конца раньше, чѣмъ всѣ жидкіе экскременты попадутъ въ навозохранилище, если имъ приходится протекать по канавкѣ не очень малой длины. Здѣсь имѣетъ мѣсто уже другой процессъ, который благодаря своей сложности, изученъ крайне мало. Съ такимъ громоздкимъ матеріаломъ какъ навозъ оперировать трудно; трудно даже брать среднія пробы, а результаты опытовъ лабораторныхъ не всегда можно переносить непосредственно на процессъ разложенія навоза на гнищѣ, вслѣдствіе различія въ условіяхъ вентиляціи и пр.

Потери при храненіи навоза изучались въ различныхъ условіяхъ и обстановкѣ и это изученіе показало, что онѣ могутъ достигать значительныхъ величинъ.

Въ опытахъ Жули бралась смѣсь экскрементовъ лошадей и мелко изрѣзанной соломы; смѣсь эта помещалась въ колоколъ съ тубулу-

сомъ обращеннымъ внизъ, такъ чтобы избытокъ жидкости могъ стекать въ находящійся подъ колоколомъ сосудъ; сверху колоколъ закрытъ былъ стеклянной крышкой для уменьшенія испаренія, смѣсь поливалась время отъ времени жидкостью, которая стекала внизъ. Опытъ тянулся 6 мѣсяцевъ; сухого вещества за это время потерялось 50%; изъ 100 частей азота въ формѣ амміака осталось только 15; 40.7 части амміачнаго азота улетучились, а 44.7—перешли въ органическое вещество.

У Hebert'a ¹⁾ также находимъ опытъ съ разложеніемъ въ искусственной обстановкѣ (при повышенной т° и щелочной реакціи); опытъ тянулся три мѣсяца. Въ соломѣ азота было 0.39 gr., осталось 0.24 gr. Азота въ формѣ NH_3 было 2.64, осталось 0.40, въ азотъ растворимыхъ органическихъ соединений перешло 0.96 и остальное улетѣло. 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 жизнедѣятельности грибовъ, бактерий, 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 слабѣе, потому что здѣсь мало кислорода и много органическаго вещества, что, какъ доказалъ Виноградскій, является вреднымъ для нитрифицирующихъ бактерий. Дѣйствительно, нитратовъ въ навозѣ мало ²⁾, но и здѣсь взгляды изучавшихъ это явленіе не сходятся: одни говорятъ, что они не образуются, а другіе, что они распадаются благодаря дѣятельности денитрифицирующихъ бактерий или другихъ причинъ; напр., по мнѣнію нѣкоторыхъ авторовъ потери азота при гненіи органическаго вещества навоза въ формѣ свободнаго азота возможны, бла-

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

годаря тому, что напр., при соприкосновении азотистокислых солей с амидосоединениями (в присутствии CO_2) происходит разложение их с выделением свободного азота; хотя пока нет еще данных утверждать, что эта реакция имеет место в навозе.

Дегеренц думает на основании своих наблюдений, что потери свободного азота возможны также путем окисления азотистого органического вещества (след., и без предварительной нитрификации), но и эти наблюдения требуют еще ближайшего исследования. Опыты Эренберга показывают насколько энергично распадаются нитраты в навозе при искусственном введении их. Брались экскременты различных животных и подвергались анаэробному разложению без прибавки нитратов и с ними. Без нитратов шло метановое брожение, а прибавка селитры изменяла его.

После прибавки KNO_3 было в газах, выделенных из колбы:

	CO_2	N	CH_4
Через 10 дней	75	25	0
» 20 »	53	46	0
» 30 »	47	49	3
» 60 »	45	0	54

Следовательно, метановое брожение временно прекращалось под влиянием того кислорода, который бактерии брали из селитры, а после того как разлагалась селитра и потреблялся кислород ее опять начиналось метановое брожение (Bied. Centr. 1890).

В навозе под влиянием низших организмов происходит ряд качественных изменений при общей убыли сухого вещества. Эти превращения находятся в зависимости от условий хранения навоза. Так, от 1000 kilogr. сухого вещества навоза при хранении его начиная с 21 марта осталось к

18 мая	775 kilogr.
18 июня	704 »
18 июля	455 »

Значительная убыль в последний месяц обусловлена высокой температурой июля, вызывающей более энергичное разложение.

В опыте Фелькера утратилась половина сухого вещества навоза за год хранения его.

При определении состава навоза в разных его состояниях большое затруднение составляет выбор средней пробы из этой громадной массы, представляющей собой, как правило, неоднородную массу.

несколько помогает, но нужно иметь в виду, что при перемешивании происходит улетучивание некоторых составных частей (прежде всего воды). Вследствие трудности составления среднего образца навоза, учет азота и других веществ не достигает той точности, какая часто была бы желательна.

A priori можно думать, что при рациональном хранении потери N невелики, меньше чем потери сухого вещества, так что должно наблюдаться относительное обогащение навоза азотом; это положение еще более справедливо по отношению к зольным веществам. Анализы подтверждают эти соображения.

Для N относительное увеличение его содержания не идет так быстро, как того можно было бы ожидать—по убыли сухого вещества, вследствие того, что потерь азота избежать невозможно. Приводим цифры, указывающие на изменение состава навоза при его хранении (из опытов Holdeleiss'a).

	Навоз свежий.	Навоз лежавший 7 месяцев.
N	0,396%	0,441%
% сухого вещества	19,1 „	19,2 „
Аммиач. N не был определен		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 хранения навоз потерял 31,2% сухого вещества.

Отсюда видно, что прирост содержания N меньше, чем потеря сухого вещества, что в навозной куче селитры немного, так как здесь на лицо условия, неблагоприятные для нитрификации; отмечаем это в виду того, что в некоторых руководствах переводение азота в форму нитратов считается одной из задач хранения навоза. Но отсутствие N аммиака 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, напр., 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 питательныя вещества, вредны еще и въ томъ отноше-
ніи, что своими гифами переплетаютъ частицы навоза, такъ что его
трудно разбить. Поливка сильно способствуетъ сохраненію азота;
напр., въ опытахъ Holdfleiss'a

Убыль N навоза безъ поливки 23%
» » » съ поливкой 13 „

Навозъ сохраняется или подъ ногами животныхъ, или же постепен-
но поступаетъ въ специально устроенныя навозохранилища. Последнія
представляютъ или ямы, такъ что навозъ находится ниже поверх-
ности земли, или же навозохранилища устраиваются надъ поверх-
ностью земли и навозъ здѣсь сохраняется въ видѣ кучъ. Въ над-
земныхъ навозохранилищахъ возможность потерь больше, такъ какъ
площадь соприкосновенія съ воздухомъ больше и поливка является
болѣе необходимой.

Въ ямахъ (подземныхъ навозохранилищахъ) возамъ съ навозомъ
возможно двигаться по поверхности навоза, надземныя же навозо-
охранилища приходится нагружать, не въѣзжая на нихъ, такъ что
въ этомъ случаѣ поперечныя размѣры кучъ не могутъ быть произ-
вольно большими (не больше 2-хъ сажень). Высота обычно не пре-
вышаетъ 5—6 ф. Иногда надъ навозохранилищемъ устраивается на-
вѣсъ, чтобы предохранить навозъ отъ выщелачиванія, но если кли-
матъ не очень влажный, то надобности въ этомъ нѣтъ. Дно и стѣнки
навозохранилища дѣлаются по возможности водонепроницаемыми, по
крайней мѣрѣ изъ плотно-убитой глины, или выкладываются по глиня-
камнемъ или кирпичемъ; встрѣчается и кладка на цементъ, последнее
болѣе необходимо для сборника или колодца, предназначеннаго для
собиранія избытка жидкости, стекающей съ навоза (эта же жидкость
служить и для поливки).

Потери веществъ въ навозохранилищахъ, вообще, значительны;
почвы на нѣкоторую глубину подъ навозохранилищемъ такъ обога-
щаются N, что его здѣсь содержится не меньше, чѣмъ въ навозѣ
(Müntz); экономическія соображенія должны указывать, насколько
тщательно возможно устраивать навозохранилища для предотвраще-
нія потерь N путемъ просачиванья жидкости. Заграницей, при ин-
тензивномъ хозяйствѣ, чаще встрѣчается каменная или кирпичная
кладка, на цементъ и асфальтовыя платформы для кучъ, у насъ же
чаще можно рекомендовать дно ямъ просто убивать глиной, если
подпочва сама по себѣ не является непроницаемой.

Для уменьшенія потерь N примѣняется еще земляная покрывка

навоза. Степень благопріятнаго дѣйствія ея видна изъ слѣдующихъ
цифръ:

Потеря N навоза безъ покрывки 23%
» » » съ земл. покрывкой 2 „

Последняя величина лежитъ въ предѣлахъ погрѣшности учета,
(вслѣдствіе трудности взятія средней пробы).

Съ той же цѣлью уменьшенія потерь N рекомендуютъ еще упо-
треблять гипсъ, каинитъ, щелочи, кислоты. Результаты примѣненія
этихъ веществъ показываютъ, что дѣйствительно ими улавливается
значительное количество N. Эти консервирующіе матеріалы вліяютъ
и на убыль сухого вещества, какъ показываютъ слѣдующія цифры
Holdfleiss'a:

	Потеря сухого вещества.
Навозъ безъ консервир. веществъ	31%
» + гипсъ	22 „
» + каинитъ	12 „

Но консервирующія вещества являются помѣхой тѣмъ процессамъ,
которые важны для полученія перегнившей массы съ извѣстными
свойствами, благопріятно вліяющими на физическія свойства почвы,
почему нѣкоторые авторы, какъ, напр., Дегеренъ, не считаютъ раці-
ональнымъ употребленіе ихъ.

При земляной покрывкѣ въ навозѣ нитратовъ накапливается больше,
чѣмъ при употребленіи консервирующихъ веществъ, такъ какъ съ
почвой вносятся нитрифицирующія бактеріи и создается среда не
столь богатая органическимъ веществомъ.

Часто навозъ сохраняется и подъ ногами животныхъ. Въ томъ
видѣ, какъ этотъ способъ примѣняется въ большинствѣ случаевъ,
онъ является довольно совершеннымъ въ смыслѣ полученія удобре-
нія съ возможно малыми потерями. У Гольдефлейсса потеря органи-
ческаго 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, сма-
чивается мочей; последнее 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:

Потеря въ навозохранилищѣ 172 kilgr. N.
» подъ скотомъ 62 „ „

Меркеръ и Вагнеръ объясняютъ пониженіе урожая при удобреніи соломой и неперепрѣвшимъ навозомъ дѣятельностью денитрифицирующихъ бактерій, вносимыхъ въ почву съ этими матеріалами, такъ что растенія голодаютъ отъ недостатка нитратовъ, разрушаемыхъ этими организмами.

Это объясненіе не является полнымъ; и въ почвѣ находятся денитрифицирующія бактеріи, слѣдовательно одно внесеніе ихъ извнѣ еще не много измѣнило бы дѣло, если бы одновременно не измѣнялись условія ихъ существованія. Но съ соломой, неперепрѣвшимъ навозомъ въ почву вносится много органическаго вещества, чѣмъ и создаются благоприятныя для развитія денитрифицирующихъ бактерій условія. 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, даже въ большей мѣрѣ, чѣмъ солома; черезъ мѣсяцъ послѣ внесенія его въ почву азота осталось 33% отъ прежняго количества, а при внесеніи соломы въ тѣхъ же условіяхъ—69%.

У Крюгера и Шнейдевинда и Меркера получены такія цифры:

	У Крюг. и Шнейд.	У Меркера.
Безъ органическихъ вещ.	33,7 gr.	51,3 gr.
+ Нестерилизован. калъ	10,2	4,0— солома не стерилизов.
+ Стерилизован. »	9,0	4,7— солома стерилизован.

При лежаніи въ почвѣ органическое вещество перепрѣваетъ и денитрифицирующая способность соломы и кала падаетъ. Уже давно извѣстно, что навозъ долженъ перепрѣть для проявленія своего полезнаго дѣйствія.

Въ одномъ опытѣ былъ взятъ свѣжій навозъ разныхъ видовъ домашнихъ животныхъ и опредѣлено было денитрифицирующее его дѣйствіе. Затѣмъ навозъ былъ помѣщенъ на 50 дней въ термостатъ, при благоприятныхъ условіяхъ разложенія, послѣ чего снова была измѣрена денитрифицирующая способность взятаго матеріала. Измѣненіе послѣдней видно изъ слѣдующихъ цифръ: Денитрифицирующая способность навоза: Свѣжаго. Бывшаго въ термостатѣ.

Конскій навозъ. . .	100%	27,7%
Навозъ рогат. скота .	97,7	14,4
Овечій навозъ . . .	70,4	17,0

Пониженіе денитрифицирующей способности (въ этомъ и аналогичныхъ случаяхъ) при разложеніи навоза объясняется суженіемъ отношенія азотистой и безазотистой части матеріала.

Таковы главнѣйшіе итоги опытовъ послѣдняго времени по вопросу о денитрификаціи навоза.

Опыты эти даютъ объясненія давно установленному практикой требованію—вносить навозъ не свѣжимъ, а болѣе или менѣе перепрѣвшимъ. Нужно, впрочемъ, помнить, что все вышесказанное относится къ оценкѣ азота въ навозѣ и еще не установлено насколько другія стороны навознаго удобренія проявляются параллельно съ использованием азота навоза. Здѣсь уместно вспомнить, что Костычевъ¹⁾, еще ранѣе всѣхъ указанныхъ выше работъ по денитрификаціи, считая удобреніе соломой на почвахъ черноземныхъ вреднымъ, утверждалъ, что большей пользы нужно ожидать при удобреніи не самой соломой, а золой, которая получается при сжиганіи разбросанной соломы по полю; мотивировалъ онъ это тѣмъ, что при употребленіи свѣжей соломы вносится значительная масса углеводовъ и N почвы идетъ на построеніе тѣла развивающихся въ большомъ количествѣ грибовъ и бактерій, а поэтому нитраты не образуются и высшія растенія чувствуютъ недостатокъ азота.

Этихъ фактовъ, дѣйствительно, отрицать нельзя; можно согласовать это объясненіе съ позднѣйшими наблюденіями, допуская, что имѣютъ мѣсто оба процесса—и денитрификація, и потребленіе азота въ смыслѣ Костычева при внесеніи матеріаловъ содержащихъ много клетчатки и пентозановъ (въ опытахъ Шнейдевинда находимъ фактическое подтвержденіе этого двойственнаго расходванія азота нитратовъ).

Въ указанныхъ фактахъ, быть можетъ, кроется причина наблюдающагося иногда неблагоприятнаго дѣйствія навоза, въ районахъ экстензивнаго хозяйства обильныхъ цѣлиной (хотя, конечно, оно можетъ обуславливаться и просто сильной концентраціей почвеннаго раствора).

При вывозкѣ навоза стараются доставить разнымъ частямъ поля однородное удобреніе, почему навозъ нужно снимать не по слоямъ, а брать его на полную глубину навозохранилища.

При распределеніи навоза поступаютъ различно.—Разбрасываютъ его по полю тотчасъ по вывозкѣ или спустя нѣкоторое время, складывая навозъ въ небольшія кучи, или въ другихъ случаяхъ въ

¹⁾ Обработка и удобреніе чернозема, 1892.

кучи значительныхъ размѣровъ. Держать навозъ лѣтомъ въ мелкихъ кучахъ нежелательно, такъ какъ онъ въ сухое время легко пронизывается токомъ воздуха, вслѣдствіе чего теряютъ много NH_3 и др. веществъ и скоро высыхаютъ. При дождливой же погодѣ происходитъ выщелачиваніе кучъ и усиленное удобреніе подъ ними земли, такъ что получается пестрое поле.

Это не относится въ такой мѣрѣ къ зимней вывозкѣ навоза: при суровыхъ зимахъ малыя кучи легко промерзаютъ и сохраняются безъ измѣненія до весны. По стаянн снѣга кучи остаются лежать какъ-бы на ледяныхъ подставкахъ; приходится разбрасывать ихъ не сразу, а по мѣрѣ оттаиванья, которое очень замедляется.

Многіе рекомендуютъ при вывозкѣ въ теплое время года разбрасывать навозъ по полю сейчасъ же и оставить его лежать разбросаннымъ, если нельзя запахать тотчасъ; этотъ способъ можетъ быть и рациональнѣе, чѣмъ оставленіе навоза въ небольшихъ кучахъ, хотя хуже, чѣмъ запахка его немедленно вслѣдъ за вывозкой и раструской. Обычно утверждаютъ, что при этомъ потерь азота не происходитъ, такъ какъ почва поглощаетъ амміакъ; но это поглощеніе не можетъ быть полнымъ, если навозъ не смѣшанъ съ землей и лишь разбросанъ по поверхности; значительная часть амміака уносится токомъ воздуха и въ почву не попадаетъ. Мало того, имѣются данныя, что потеря азота при обильномъ доступѣ воздуха не ограничивается амміачнымъ азотомъ; Дегеренъ доказываетъ, что и въ этихъ условіяхъ возможны потери въ видѣ свободного азота. Что органическое вещество при окисленіи способно выдѣлять свободный N, Дегеренъ обнаруживаетъ тѣмъ, что если пропускать черезъ навозъ воздухъ и улавливать амины, то количества N въ уловленныхъ продуктахъ + оставшійся N навоза неравны исходному количеству азота.

Дегеренъ протягивалъ черезъ навозъ воздухъ обыкновенный и озонированный. Результаты опыта такіе:

N въ навозѣ до опыта . . .	537 mlgr.
» » » въ концѣ опыта . . .	413 »
» поглощенного N_2SO_4 . . .	42 »
Недостаеъ N противъ начальн. колич. его	81 » или 15%.

При пропусканіи озонированнаго воздуха недоставало 19% N. Слѣдовательно, несомнѣнно при разложеніи органическаго вещества происходила потеря N не только въ формѣ NH_3 , но и въ формѣ не поглощаемой N_2SO_4 , вѣроятнѣе всего, въ видѣ свободного N.

Въ данномъ случаѣ, разбрасывая навозъ по полю, мы имѣемъ при которыхъ распределеніе навоза по полю дастъ благоприятный результатъ, но въ силу сторонней причины. Разбросанный по полю навозъ задерживаетъ высыханіе почвы, дѣйствуя какъ всякій мертвый покровъ, и наблюдаемое въ этихъ случаяхъ болѣе благоприятное дѣйствіе его должно быть отнесено не на счетъ утилизациі N при этомъ способѣ, а на счетъ уменьшенія испаренія воды почвой; въ этомъ и заключается благоприятное дѣйствіе лежанія навоза незапаханнымъ, иногда дѣйствительно наблюдающееся.

На задѣлкѣ навоза и послѣдующихъ операціяхъ не будемъ останавливаться, такъ какъ онъ излагается въ ученіи объ обработкѣ почвы.

Упомянемъ еще объ одномъ случаѣ примѣненія навознаго удобренія — о *толоке*. Способъ состоитъ въ томъ, что животныя (обыкновенно овцы) сгоняются на ночь на мѣсто, которое имѣется въ виду удобрить; оставшіеся послѣ ночевки экскременты запахиваются. При такомъ способѣ устраняется необходимость перевозки навоза, употребленіе подстилки и устройство специальныхъ приспособленій для храненія навоза. Для экстенсивныхъ хозяйствъ съ обширнымъ овцеводствомъ, этотъ приѣмъ заслуживаетъ вниманія. Считаютъ сильнымъ удобреніемъ, если овцы проводятъ 12 часовъ на одномъ мѣстѣ при густотѣ 4-хъ штукъ на 1 кв. саж.; нормальнымъ же удобреніемъ считаютъ уже 6 часовъ такого пребыванія. Хотя по вѣсу получается даже въ первомъ случаѣ лишь половинное количество экскрементовъ по сравненію съ нормальнымъ навознымъ удобреніемъ, но эффектъ его значителенъ, такъ какъ здѣсь дѣйствуетъ главнымъ образомъ N жидкой части экскрементовъ, безъ утратъ попадающій въ почву.

Тотчасъ послѣ удобренія толокой поле перепахивается; иногда рекомендуютъ и предварительно предъ ночевкой вспахать удобряемое мѣсто, но при этомъ овцы сильно грязнятся.

Компостъ.

Компостъ представляетъ смѣсь, съ одной стороны, веществъ разлагающихся и доставляющихъ элементы пищи растенія, а съ другой такихъ веществъ, которыя могутъ удерживать, предохранять отъ потерь продукты разложенія. Въ составъ компостной кучи могутъ входить самыя разнообразныя матеріалы, которые или представляютъ

животные отбросы, попутно получающиеся въ хозяйствѣ, напр., трупы павшихъ животныхъ, кости, рога, копыта, шерсть, вредныя насекомыя, если они скопляются при уничтоженіи въ значительныхъ количествахъ, или же представляютъ отбросы растительнаго происхожденія, напр., испортившіеся корма, сорныя травы, опилки, кострика и пр. Далѣе въ компостъ поступаютъ разные отбросы усадьбы, какъ соръ со двора, часто богатый органическими веществами, зола изъ печей, экскременты и пр.,—все это съ пользой можно употребить при устройствѣ компоста.

Важной составной частью компостной кучи, имѣющей цѣлью поглощеніе продуктовъ разложенія является земля, которая въ этихъ цѣляхъ должна обладать значительной влагоемкостью и содержать по возможности значительное количество органическихъ веществъ. Для этой цѣли является пригодной земля съ примѣсью растительныхъ остатковъ, какъ земля изъ канавъ, дорожная грязь, содержащая до 0.2% азота; кромѣ того, дорожная пыль содержитъ еще и нѣкоторое количество К, получающагося изъ обломковъ камней съ шоссе (хотя усвояемость этого K_2O врядъ ли достаточна). Въ тѣхъ же цѣляхъ употребляется и торфъ, обладающій значительной поглощательной способностью и содержащій органическія вещества, способныя при наличности оснований и изобиліи микроорганизмовъ также приходить въ разложеніе въ компостѣ. Это относится въ особенности къ азотистымъ веществамъ его, азотъ которыхъ можетъ перейти въ амміакъ и нитраты подѣйствіемъ нитрифицирующихъ бактерий 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 виванитовый торфъ, благодаря содержанію фосфорнокислой закиси желѣза, можетъ служить для обогащенія компоста фосфорной кислотой.

Далѣе въ составъ компоста могутъ входить самые разнообразныя матеріалы, но стараются подбирать ихъ такимъ образомъ, чтобы съ матеріалами скоро разлагающимися, напр., мясомъ, не вносить въ одну и ту же кучу веществъ очень трудно разлагающихся, такъ какъ это ведетъ къ затрудненію опредѣленія времени спѣлости компоста и къ напраснымъ потерямъ питательныхъ веществъ. Для веществъ медленно разлагающихся можно закладывать отдѣльныя (подготовительныя) кучи.

При приготовленіи компоста матеріалы тщательно измельчаются,

перемѣшиваются и увлажняются или водой, или навозной жижей. Относительно формы кучъ, въ какія укладываются матеріалы для компоста, обычно даются такія указанія: при произвольной длинѣ имъ придаютъ ширину 5—6 фут., и высоту около $\frac{1}{2}$ сажени (въ видѣ трапеціи въ поперечномъ разрѣзѣ).

Уходъ состоитъ въ поливаніи и перелопачиваніи для перемѣшиванія и для доставленія доступа воздуха внутрь кучи.

Время, необходимое для того, чтобы матеріалы вполне перегнили и компостъ былъ годенъ къ употребленію, различно въ зависимости отъ составныхъ его частей и простирается отъ нѣсколькихъ мѣсяцевъ до 2 лѣтъ. Критеріемъ спѣлости является однородность компостной массы.

Компостъ является довольно универсальнымъ удобреніемъ. Охотно примѣняется компостъ тамъ, гдѣ навозъ мало удобенъ, напр., при удобреніи луговъ; навозъ здѣсь можетъ вызвать этиолованіе растений, а компостъ можно распределить болѣе равномерно. Вообще, компостъ представляетъ собою скородѣйствующее 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, то въ пищѣ человѣка его бываетъ отъ 3 до 15% (зерна хлѣбовъ, мясо). Во-вторыхъ, пища эта лучше переваривается, большая часть ея превращается въ H_2O и CO_2 , а потому оставшаяся еще больше обогащается процентно азотомъ, чѣмъ въ организмѣ травоядныхъ. По нѣкоторымъ опредѣленіямъ непереваримые остатки пищи, плюсъ сухое вещество мочи содержатъ до 15% азота, который здѣсь иначе распределяется между твердыми и жидкими изверженіями: въ сухомъ веществѣ твердыхъ выдѣленій содержится 2.5%N, а жидкихъ 17%N; кромѣ того, вторыя по массѣ сильно преобладаютъ надъ первыми, въ отличіе отъ травоядныхъ.

Для лошади выдѣленія кишекъ относятся къ выдѣленіямъ почекъ (сырой массы) какъ 5:1, коровы 3,3:1, 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 »

Но для цѣлей утилизаціи важно кромѣ абсолютныхъ количествъ знать и процентный составъ, зависящій болѣе всего отъ содержанія

и съ точки зрѣнія полученія удобренія, такъ какъ приэтомъ заражается почва, вывозка производится недостаточно часто, поэтому происходитъ усиленное разложеніе азотистыхъ веществъ, выдѣляется масса газовъ, портящихъ воздухъ и теряется значительное количество азота.

Система подвижныхъ ящиковъ или бочекъ, когда экскременты собираются въ вывозные резервуары и удаляются по мѣрѣ накопленія, будучи лучше первой въ обоихъ указанныхъ отношеніяхъ, оказывается очень обременительной для хозяйства большихъ городовъ, такъ какъ требуетъ значительнаго количества подводъ для своевременнаго удаленія нечистотъ.

Въ Голландіи въ большихъ городахъ примѣняется пневматическая канализація Лирнура. Центральный резервуаръ соединенъ сътью трубъ съ частными резервуарами отдѣльныхъ домовъ. Для удаленія

высохнуть. Высыхание влагеомкой массы идетъ медленно, сопровождается сильнымъ разложениемъ, выделяется масса амміака. Полученный матеріалъ содержитъ до 2% азота и 4% фосфорной кислоты. Примѣняютъ при сушеніи еще иногда торфяной порошокъ и другіе матеріалы, позволяющіе уменьшить потери азота. Иногда сушеніе производится съ прибавленіемъ кислотъ для задержанія NH_3 , употребляютъ суперфосфатъ; тогда продуктъ часто обозначаютъ именемъ искусственнаго гуано. Но въ такихъ случаяхъ примѣняется уже удаленіе воды выпариваніемъ.

Подъ Парижемъ, напр., 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, выделяетъ осадокъ и слой жидкости вверху; послѣдняя сливается, а осадокъ сушатъ, предварительно подвергая центрофугированію. Используется весьма полно въ такихъ случаяхъ азотъ (частью въ дистиллатѣ, частью въ осадкѣ въ органическомъ веществѣ) и фосфорная кислота (въ осадкѣ съ известью), лишь калий удаляется съ водами, какъ малоцѣнный матеріалъ.

Пудреть обычно содержитъ азотъ въ формѣ усвояемой 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). Подготовленной броженіемъ жидкостью пользуются, поливая ею осенью вспаханные поля.

Ночное золото удобрение по преимуществу азотистое и можетъ употребляться подъ хлѣба, травы, прядильныя растенія, кормовые корнеплоды; подъ сахарную свеклу его нельзя употреблять, такъ же какъ и подъ лучшіе сорта табака, въ виду значительнаго содержанія хлористыхъ солей. Лучше всего употреблять подъ огородныя культуры, что и примѣняется съ значительнымъ успѣхомъ во многихъ мѣстахъ. Удобрение это довольно быстро дѣйствуетъ, но не надолго и должно повторяться каждый годъ. При употребленіи экскрементовъ въ качествѣ удобрительнаго матеріала замѣчалось неблагоприятное ихъ дѣйствіе на физическія свойства почвъ, напр., глинистыя почвы подъ ихъ вліяніемъ становятся болѣе наклонными сплываться; на торфяныхъ почвахъ, наоборотъ, они оказывали благоприятные результаты и въ этомъ направленіи.

Легкости передвиженія и перемѣщенія этихъ отбросовъ можно достигнуть и средствомъ противоположнымъ высушиванью—громаднымъ разжиженіемъ ихъ, такъ чтобы масса могла двигаться по канавамъ какъ оросительная вода. — Это канализаціонная система удаленія нечистотъ. Въ такихъ случаяхъ жидкость содержитъ немного питательныхъ 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., Сену въ Парижѣ, или въ море, какъ въ Лондонѣ. Опытъ показалъ, что такой способъ удаленія нечистотъ 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 осадки. Лучшимъ оказалось фильтрованіе канализаціонныхъ водъ черезъ почву: процѣживанье черезъ эту среду населенную микроорганизмами и порозную не является механической операціей, оно связано съ рядомъ химическихъ превращеній въ фильтруемой жидкости; главнымъ образомъ органическое вещество подвергается окисленію, азотъ переходитъ въ форму азотнокислыхъ солей; окисленная жидкость является освѣтленной и обезвреженной. Впослѣдствіи это фильтрованіе использовали съ цѣлями сельскохозяйственными.

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 такую поливку, въ особенности итальянскій райграссъ, тимфеевка, 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 травы съ такихъ мѣстъ не такъ легко поддаются высушиванію.

Кромѣ огородной культуры и орошаемыхъ луговъ часть площади приходится отводить подъ зимніе бассейны. Температура воды повышаетъ температуру земли и фильтрованіе продолжается всю зиму. Эти бассейны впоследствии 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 площадью полей орошенія, поливаемые площади засаживаются ольхой, плодовыми деревьями, ягодными кустарниками и т. п.

У насъ въ Одессѣ поля орошенія устроены на Пересыпи, почва которой состоитъ изъ извести и кварцеваго песка (до 98% въ суммѣ); она въ естественномъ состояніи бесплодна вслѣдствіе отсутствія питательныхъ веществъ, а мѣстами вслѣдствіе близости соленой воды.

Орошеніе сточными водами уничтожаетъ соленость и обогащаетъ почву питательными веществами. Опыты огородной культуры удались очень хорошо и дѣло начало быстро расширяться. Первые опыты культуры на поляхъ орошенія въ Москвѣ дали также хорошіе результаты.

Косвенныя удобренія.

Къ числу косвенныхъ удобрительныхъ средствъ относятся такія, которыя вносятся въ почву не съ цѣлью прямого обогащенія ея элементами пищи растеній, но для того, что бы вызвать въ ней рядъ реакцій, слѣдствіемъ которыхъ является освобожденіе питательныхъ веществъ изъ запасовъ почвы.

Поваренная соль.

Типичнымъ косвеннымъ удобреніемъ можно считать поваренную соль, потому что въ составъ ея не входятъ элементы, безусловно необходимые для жизни растенія. Какъ таковая, поваренная соль теперь рѣдко употребляется на 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 К изъ запаса почвы.

Это видно изъ данныхъ такого опыта Франка: высокіе цилиндры (до 6 ф.) наполнялись почвой и эта почва промывалась чистой во-

дой 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 смѣшивать его съ натріемъ, то соли калия проходятъ и въ болѣе глубокіе слои.

Такъ какъ внесеніе поваренной соли отчасти возмѣщаетъ калийное удобреніе, то это и является главной причиной, почему хлористый натрій вызываетъ иногда благоприятные результаты послѣ внесенія. Но хлоръ на многія растенія дѣйствуетъ неблагоприятно; только нѣкоторыя группы растеній относятся къ нему (до извѣстныхъ предѣловъ) безразлично. Замѣчено, что болѣе благоприятно дѣйствуетъ NaCl на прядильныя растенія и кормовыя травы; это ставятъ въ связь съ тѣмъ, что это удобреніе способствуетъ развитію стеблевыхъ органовъ.

На неудобранныхъ участкахъ клевера, напр., % стеблей=32, послѣ удобрения NaCl % стеблей=52. Значеніе этого удобрения ничтожно.

Известь.

Болѣе важнымъ косвеннымъ удобреніемъ является известь; хотя известь представляетъ необходимое для развитія растеній вещество, но если она вносится въ почву какъ удобреніе, то главнымъ образомъ для побочныхъ воздѣйствій на почву. Что прямое значеніе извести невелико 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, обычные растенія полевой культуры—хлѣбныя злаки содержатъ мало извести въ урожаѣ; 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 питательномъ веществѣ, наблюдается рѣдко, но она необходима въ почвѣ для другихъ функций.

Въ почвѣ известь встрѣчается въ различныхъ формахъ и играетъ рядъ различныхъ назначеній: нейтрализуетъ кислоты перегнойныя, кислоты, образующіяся при нитрификаціи, вступаетъ въ реакцію съ кислыми соединеніями въ суперфосфатъ и т. п. Кромѣ обычно встрѣчающейся углекислой извести въ почвѣ находятся кремнекислыя соединенія извести, но онѣ мало доступны и мало принимаютъ участія въ химизмъ почвы, если находятся въ силикатахъ безводныхъ; лишь въ формѣ цеолитовъ эти кремнекислыя соединенія извести могутъ играть видную роль въ реакціяхъ обмена.

Часть извести связывается въ почвѣ перегнойными кислотами; эта часть не равноцѣнна $CaCO_3$, почему рекомендуется опредѣлять не всю известь извлекаемую кислотами, но лишь форму $CaCO_3$, какъ болѣе «дѣятельную». Затѣмъ известь находится, конечно, въ почвѣ отчасти въ видѣ азотнокислой, фосфорнокислой, менѣе въ формѣ сѣрнокислой и еще менѣе—въ видѣ $CaCl_2$ и $CaFl_2$.

Далѣе известь имѣетъ нѣкоторое влияніе на физическія свойства почвы; растворъ солей извести способенъ осаждаѣть илѣ или препятствовать ему переходить въ взмученное состояніе.

Когда пужно вносить известь, при какомъ процентномъ содержаніи ея въ почвѣ замѣчается въ ней недостатокъ?—въ отвѣтъ на это нельзя указать точныхъ цифръ, потому что въ зависимости отъ состава почвы различныя количества извести могутъ оказать благоприятные результаты. Вообще же можно сказать, что чѣмъ больше содержитъ почва ила, тѣмъ болѣе нуждается она въ извести. Мюнцъ полагаетъ, напр., что нужно отъ 4 до 5% извести для почвъ илистыхъ и до 1% для почвъ песчаныхъ.

Обычнымъ удобреніемъ является известь какъ CaO. Такъ какъ она встрѣчается въ природѣ обыкновенно въ видѣ $CaCO_3$, въ трудно измелчаемомъ состояніи (что неудобно для ея распредѣленія), то ее обжигаютъ, хотя это обжиганіе не имѣетъ въ виду только достиженіе этой цѣли; известь послѣ обжиганія, переходя въ форму CaO, становится энергичнѣе со стороны ея воздѣйствія на соединенія почвы; кромѣ того при обжиганіи теряется до 44% ея вѣса, что удешевляетъ перевозку; такая обожженная известь разсыпается въ мелкій порошокъ при гашеніи, сильно увеличиваясь въ объемѣ.

При употребленіи различаютъ известь тощую отъ жирной. Чѣмъ меньше въ извести песку и другихъ постороннихъ примѣсей, тѣмъ

она «жирнѣе», тѣмъ энергичнѣе реагируетъ съ водой и легче распадается.

Обожженная известь получается въ видѣ кусковъ и гасится различно. Иногда известь оставляютъ лежать подъ навѣсомъ въ усадьбѣ, на воздухѣ она поглощаетъ влагу и распадается мѣсяца въ 2—3 въ порошокъ; но при этомъ часть ея (около 15%) снова связывается съ углекислотой воздуха и превращается опять въ углекислую известь.

Такое гашеніе неудобно, такъ какъ сопряжено съ потерями; кромѣ того, перевозка и разбрасыванье этого ѣдкаго, пылящаго порошка является затруднительнымъ.

Лучше вывозить въ поле негашеную известь, складывать ее 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 или 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, распределеніе которой крайне затруднительно.

Рекомендуютъ еще гасить известь, погружая куски ея въ корзины на нѣкоторое время въ воду и потомъ перевозить ее на поля въ тѣхъ же корзинахъ. Иногда известь вводятъ въ компостныя кучи, но тамъ она почти нацѣло превращается въ углекислую.

Количества извести, въ которыхъ она вносится въ почву, колеблются въ зависимости отъ свойствъ удабриваемыхъ почвъ: тяжелыя, кислыя перегнойныя почвы требуютъ большихъ количествъ извести, тѣмъ 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, тѣмъ меньше промежутки между известкованіями. Кромѣ того, количество извести, вносимой въ почву, зависитъ еще отъ глубины почвеннаго слоя и отъ состава самой извести. Примѣрными границами колебаній въ количествахъ извести могутъ служить цифры въ 100 и 1000 пуд.

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, ко-

нечно, наступаетъ нейтрализація, а при значительныхъ количествахъ извести переходъ на время къ щелочной реакціи. Щелочная реакція можетъ вызвать пріостановку біологическихъ процессовъ, но затѣмъ разложеніе восстанавливается (послѣ перехода извести въ CaCO_3 и др. соединенія) еще съ большею 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 на килограммъ почвы образовалось 76 mlgr. амміака черезъ мѣсяцъ, а въ неудобреной почвѣ всего 5 mlgr.; для нитратовъ отношеніе было въ 1-й мѣсяцъ обратнымъ, но потомъ процессъ нитрификаціи въ первой почвѣ значительно обогналъ нитрификацію второй. Отмѣтимъ, что по нѣкоторымъ наблюденіямъ сильное известкованіе уменьшаетъ количество клубеньковъ на бобовыхъ, высѣваемыхъ вскорѣ послѣ примѣненія этого приѣма.

Известь способствуетъ вывѣтриванію минераловъ въ большей мѣрѣ, вступая 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 быстрѣе, такъ какъ вытѣсненная известью закись желѣза окисляется легче, чѣмъ ея соли.

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 комочки 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 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

неблагоприятнымъ. Такъ какъ урожаи на известкованныхъ почвахъ послѣ нѣкотораго подъема въ послѣдствіи быстро падали, чѣмъ на не известкованныхъ (въ слѣдствіе болѣе быстрого израсходованія запаса питательныхъ веществъ почвы), то въ Западной Европѣ сложилась поговорка, что «известъ, обогащая отцовъ, разоряетъ дѣтей». Это, конечно, могло быть вѣрно, если только пользоваться известкованіемъ неумѣренно и вмѣстѣ съ известью не употреблять другихъ удобрений.

Но часто известь несомнѣнно оказывала существенныя услуги въ поднятіи культурнаго состоянія того или иного района, напр., при известкованіи оказывалось возможнымъ ввести мотыльковыя тамъ, гдѣ ихъ прежде въ культурѣ не было. Раньше въ нѣкоторыхъ департаментахъ Франціи (Soivetcher) на почвахъ очень бѣдныхъ известью существовало трехполье съ рожью и гречихой. Послѣ проведенія желѣзной дороги стали подвозить туда известь и начали на известкованныхъ поляхъ воздѣлывать клеверъ, а въ послѣдствіи появились посѣвы и пшеницы; одновременно произошелъ подъемъ и скотоводства. Въ Бретаніи въ береговой 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 морской воды; внутри же страны, дальше отъ моря (и отъ извести) культура стоитъ ниже.

При нашихъ вегетаціонныхъ опытахъ въ 1897 году испытано было до 10 русскихъ почвъ на известь; наиболѣе сильно реагировалъ подзолъ, но реакція сказалась болѣе или менѣе и на другихъ почвахъ. Известь вносится въ почву также въ видѣ *углекислой извести*, если только есть возможность внести ее въ удобораспредѣляемомъ состояніи, напр., въ видѣ *мергеля*, представляющаго изъ себя тонкую смѣсь углекислой извести съ глиной. Мергель раздѣляется смотря по преобладанію той или другой части въ немъ на известковый, содержащій отъ 50 до 95% извести; глинистый съ содержаніемъ извести меньше 50% и песчаный, въ случаѣ значительной примѣси песка; рѣже въ составъ мергеля входитъ и углекислый магній; иногда въ немъ содержится до 1/2% фосфорной кислоты, и тогда мергель можетъ обогащать почву фосфорной кислотой, такъ какъ его вносятся 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 удобрение имъ будетъ представлять уже коренное

улучшеніе 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%

Удобрение это обогащаетъ почву одновременно азотомъ и фосфорной кислотой. Употребляется въ количествахъ до 600 пуд. и больше въ пару.

Газовая известь, отбросъ газоваго производства, не можетъ быть употребляема для удобрения, тотчасъ же: она содержитъ ядовитыя для растенія вещества и должна лежать нѣкоторое время на воздухѣ, прежде чѣмъ употреблять ее въ качествѣ удобрения.

Г и п с ь.

Въ качествѣ косвеннаго удобрения играетъ значительную роль *гипсъ*—водный сѣрнистый кальцій (рѣже примѣняется ангидритъ—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 употребляютъ *суперфосфатъ-гипсъ* (онъ же фосфогипсъ), получающійся при приготовленіи двойныхъ суперфосфатовъ. Это есть остатокъ послѣ обработки фосфорита сѣрной кислотой и промывки его (для удаленія фосфорной кислоты, употребляемой для разложенія новыхъ порцій фосфорита). Употребленіе его считается благоприят-

нымъ, вслѣдствіе содержанія фосфорной кислоты, но при покупкѣ этого удобрительнаго средства нужно считаться съ составомъ его, потому что кромѣ гипса оно содержитъ глину и песокъ, входившіе въ составъ фосфорита. Примѣрный составъ такой:

CaSO_4	64%
P_2O_5	2—3—5%
Глины и песка до . . .	30%

Гипсъ употребляется почти исключительно какъ поверхностное удобреніе и разбрасывается уже по развившимся до нѣкоторой степени растеніямъ; употребляется главнымъ образомъ для мотыльковыхъ растеній, культивируемыхъ 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 такіа среднія, конечно, вообще возможны). Разсыпаютъ его весной, или послѣ перваго укоса, или же съ осени; послѣднее примѣняется въ засушливомъ климатѣ, когда есть рискъ, что гипсъ, разсыпанный по поверхности весной, пролежитъ долго безъ дѣйствія. Употребляется гипсъ подъ растенія воздѣлываемыя для корма потому, что онъ способствуетъ усиленному росту листовыхъ и стеблевыхъ органовъ, а не плодовъ.

Введеніе гипса въ практику удобренія связано съ именами тѣхъ же лицъ, которые способствовали введенію культуры клевера, напр., Шубартъ, (Von Kleefeld).

Среди объясненій дѣйствія гипса есть много различныхъ варіантовъ. Либихъ высказывалъ, что гипсъ дѣйствуетъ растворяющимъ образомъ на другія вещества почвы и помогаетъ поглощенію 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 удобреніе 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 энер-

гичнымъ поглотителемъ амміака; да и тотъ фактъ, что гипсъ дѣйствуетъ именно на бобовыя, указываетъ на то, что здѣсь дѣло не въ поглощеніи NH_3 . Буссенго полагалъ, что гипсъ есть растворимая форма извести и дѣйствуетъ прямо. Ритгаузенъ приписывалъ дѣйствіе гипса сѣрной кислотѣ. Это отчасти можно поставить въ связь съ тѣмъ, что бобовыя содержатъ много бѣлковъ и для образованія ихъ требуютъ много сѣры. Проф. Богдановъ указалъ въ послѣднее время, что потребность растеній въ сѣрной кислотѣ больше, чѣмъ мы привыкли думать и можетъ быть многія почвы уже нуждаются въ удобреніи сѣрой.

Чаше смотрятъ на гипсъ, какъ на косвенное удобреніе, которое способствуетъ выдѣленію кали изъ почвы. Въ опытахъ Дегерена оказалось, что при промываніи русскаго чернозема водой въ водный растворъ переходило изъ 1 килогр. почвы 0.048 гр. K_2O , а при промываніи той же почвы водой съ гипсомъ—0.428.

Гипсомъ удобряютъ обычно почвы богатыя, а не бѣдныя питательными веществами; это можетъ тоже указывать на то, что гипсъ играетъ преимущественно роль косвеннаго удобренія.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ употребляютъ сѣрнокислый магній; есть указанія, что дѣйствіе его благоприятно. Въ Англіи употребляютъ еще желѣзный купоросъ FeSO_4 ; въ результатъ, въ почвѣ образуется тоже гипсъ и углекислая закись желѣза, послѣдняя окисляясь и теряя CO_2 даетъ $\text{Fe}_2(\text{OH})_6$. Здѣсь дѣло сводится къ обогащенію почвы гипсомъ и гидратомъ окиси желѣза, но это возможно дѣлать въ почвахъ хорошо вентилируемыхъ, чтобы дать возможность солямъ закиси желѣза всегда переходить въ соли окиси. Иначе результаты этой операціи могутъ быть сомнительны, вообще нѣтъ достаточныхъ основаній прибѣгать къ этому приему.

Постановка культурныхъ опытовъ.

Съ 40-хъ годовъ начали производить въ большихъ количествахъ полевые опыты для выясненія вліянія различныхъ удобреній на культурныя растенія; при этомъ въ началѣ казалось, что эти опыты поставить очень легко, стоитъ только занять данной участокъ какимъ либо растеніемъ по испытываемому удобренію и такой же участокъ— безъ удобренія. Вскорѣ, однако, оказалось, что такая элементарная постановка часто ничего не даетъ, такъ какъ на результатахъ опыта слишкомъ сильно отражаются всякія случайности.

При постановкѣ опытовъ пользуются методомъ разницы, т. е. измѣняютъ 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: способъ предыдущей обработки участковъ, культурныя растения бывшія на нихъ, различіе въ механическомъ и химическомъ ихъ составѣ. Возможно бороться съ этими неточностями разными путями: детальнымъ изученіемъ почвы въ химическомъ и физическомъ отношеніяхъ, которое сопряжено съ слишкомъ большими затрудненіями для хозяевъ; или же эмпирическимъ способомъ сравненія участковъ за годъ до производства опытовъ. Можно нарѣзать участки въ полѣ, одинаково по возможности ихъ обработать, засеять въ одно время, убрать отдѣльно урожаи и сравнить между собой; если не будетъ замѣтныхъ колебаній въ показаніяхъ, то признать участки пригодными для производства опытовъ по удобренію.

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.

Наконецъ, четвертый, наиболѣе примѣнимый способъ избѣжать случайныхъ различій состоитъ въ томъ что, для полевыхъ опытовъ рекомендуютъ брать большое число участковъ для одной и той же комбинаціи удобреній, а потомъ выводить среднія въ расчетѣ, что колебанія эти 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 поставить такой рядъ опытовъ:

Участокъ безъ удобрения, съ азотомъ, съ кали, съ фосфорной кислотой; участки съ NK, NP, PK и NKP.

Если мы хотимъ избѣжать случайныхъ различій въ урожаяхъ съ отдѣльныхъ участковъ, необходимо ставить по меньшей мѣрѣ два оди-

наковыхъ участка; итакъ, число ихъ возрастаетъ уже до 16, неудобренныхъ участковъ лучше взять 3 и ни въ какомъ случаѣ не меньше 2, въ противномъ случаѣ невозможно будетъ опредѣлить—принадлежитъ ли повышеніе урожая на данномъ участкѣ вліянію удобрения, или оно случайно.

Можетъ казаться, что въ извѣстномъ рядѣ случаевъ достаточно имѣть участокъ удобренный и неудобренный для рѣшенія пригодности извѣстнаго удобрения; но сдѣлать раціональный выводъ изъ такого опыта, напр., для фосфорита невозможно: 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 подходит къ условіямъ опыта, но одновременно не хватаетъ, наприм., 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 и тогда уже можно сдѣлать выводы изъ сравненія результатовъ. Слѣдовательно, опытъ принимаетъ такое расположеніе: 1) безъ удобрения 2) фосфоритъ 3) суперфосфатъ 4) селитра 5) селитра+фосфоритъ 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 измѣреніи короткой стороны и непрямолинейность въ проведеніи длинной стороны могутъ существенно отозваться на площади участка. Для этого лучше пользоваться рядовой сѣялкой, которой можно сдѣлать участки строго одинаковой ширины и площади при любой длинѣ.

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. Есть сторонники участковъ въ 20—25 кв. сажень и даже еще меньшихъ, но меньшіе участки неудобны въ томъ отношеніи, что растений занимающихъ значительное пространство (картофель, свекла) приходится мало на этомъ участкѣ и на него сильно вліяютъ всякія случайности, напр.,

нѣкоторое число невзошедшихъ растений. Предлагали дѣлать въ такихъ случаяхъ поправки на недостающее число растений, увеличивая соответственно урожай. Но эта поправка совершенно произвольна и самое допущеніе, что число погибшихъ растений есть случайное, — совершенно невѣрно.

Число растений 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 насѣкомыхъ; на удобренной почвѣ — 62%, на участкѣ, получившемъ полное минеральное удобрение — 88%. Такимъ образомъ, полнота стояній растений есть одно изъ вліяній удобрения.

Другое возраженіе противъ малыхъ участковъ — они даютъ урожай, который слишкомъ великъ при переводѣ ихъ на десятину. Это получается оттого, что при небольшихъ участкахъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга межами, процентъ краевыхъ растений, развивающихся усиленно благодаря болѣе благоприятнымъ условіямъ, значителенъ, а потому и урожай получается преувеличеннымъ. Однако же, когда насъ интересуютъ относительныя числа, то это возраженіе не имѣетъ значенія, если мы будемъ выражать повышение урожая въ ‰.

При постановкѣ опытовъ приходится устанавливать размѣръ удобрения — не все равно, вносить ли при однородныхъ совершенно участкахъ большее или меньшее количество удобрения. При большомъ количествѣ испытываемыхъ удобрений происходитъ сглаживание 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 одинарное, двойное, тройное количество удобрений.

При задѣлкѣ удобрений должно быть обращено вниманіе на то,

чтобы они задѣлывались на одинаковую глубину и одинаковыми орудіями, въ противномъ случаѣ различіе можетъ происходить отъ неодинаковой обработки.

Кромѣ всего этого, есть еще рядъ причинъ, измѣняющихъ результаты полевыхъ опытовъ, напр., погода; засуха можетъ подавить дѣйствіе удобрения; нападеніе насѣкомыхъ, пораженіе паразитными грибами можетъ повредить опыту. Для того чтобы избѣжать этихъ случайностей повторяютъ опыты изъ года въ годъ въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ по одному плану, какъ, напр., въ Ротамстедѣ. Другой приемъ — это массовое повтореніе опытовъ одновременно во многихъ мѣстахъ, какъ это дѣлалъ Меркеръ; 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 какаго либо удобрительнаго вещества.

Другой методъ опредѣленія сравнительнаго достоинства различныхъ удобрений, методъ, при которомъ дѣйствительно можно создать обстановку совершенно тождественную — это культура растений въ сосудахъ. Къ методу этому перешли невольно, стремясь уменьшить площадь участковъ и повысить точность опытовъ.

Ганеманъ 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 послѣ тщательнаго перемѣшиванія не теряла связи съ подпочвой. Ганеманъ 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 снималъ слой почвы на 12 вершк., равномерно по возможности ее перемѣшивалъ и помѣшалъ въ ящики съ цементными стѣнками. Необходимое удобрение распределялось возможно тщательно, выбирались равные по вѣсу клубни для посадки, точно также по вѣсу отбирались зерна посѣвного ячменя. Всѣ работы по уходу, уборкѣ, взвѣшиванію урожая производились съ возможной тщательностью и въ результатѣ опытовъ 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, пере-

мѣнилъ 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 одинаковымъ: средняя участковъ была плотнѣе, потому что при наполненіи участковъ земля, выбрасываемая изъ тачекъ и разравниваемая послойно граблями, всетаки ложилась плотнѣе въ срединѣ; благодаря этому здѣсь были лучшія условія доставленія влаги и нитратовъ и растенія въ срединѣ развивались лучше. Вагнеръ дренажилъ 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 растеній во всѣхъ сосудахъ. Вліяніе освѣщенія устранялось имъ такъ, что онъ окружалъ опытные сосуды сосудами съ тѣмъ же растеніемъ, но которые не шли 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 соотвѣтствующія культуры забракованы, что позволяетъ учесть роль почвы гораздо совершеннѣе, чѣмъ при полевыхъ опытахъ. Различныя почвы возможно испытывать при однихъ условіяхъ влажности, свѣта.

При помощи этого метода Вагнеръ получилъ цѣнныя данныя по многимъ вопросамъ удобрения (см. Landw. Jahrbucher 1883 и Journal f. Landwirtschaft 1880).

Противъ этого метода есть возраженія; главные изъ нихъ таковы: мы создаемъ искусственную обстановку, помѣщенные внѣ почвы 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, тождества съ полевыми условіями все равно быть не можетъ. 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 вопроса о рентабельности удобрений необходимо прибѣгать къ полевымъ опытамъ, такъ какъ хозяину важно знать размѣры дѣйствія удобрений при реальныхъ условіяхъ влажности, наличности насѣкомыхъ и другихъ невзгодъ.

Такимъ образомъ оба метода имѣютъ право на существованіе; но желательно, чтобы при разрѣшеніи отдѣльныхъ вопросовъ, вегетационные 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.

Петровско-Разумовское.
24 марта 1900 года.

Оглавление.

	Стр.
Ученіе объ удобреніи въ прошломъ и настоящемъ.	3
Почва, какъ посредникъ между растеніемъ и удобреніемъ.	
Поглотительная способность почвъ.	22
Органическое вещество почвы.	43
Одностороннія удобрительныя вещества.	
А) Азотистыя удобрения:	
1) Чилийская селитра.	68
2) Сѣрноокислый амміакъ.	76
3) Отложенія и отбросы непосредственно органическаго проис- хожденія.	79
4) Зеленое удобреніе, нитрагинъ и алинитъ	85
В) Удобренія фосфорнокислыя	93
Фосфориты.	97
Томасовъ шлакъ.	120
Костяная мука.	125
С) Калийныя удобрения.	133
Полныя удобрительныя вещества.	
Навозъ	143
Компостъ	163
Экскременты (ночное золото).	165
Косвенныя удобрения.	
Поваренная соль.	171
Известь	172
Гипсъ	177
Постановка культурныхъ опытовъ	179

Важнѣйшія пособия по удобренію почвъ.

Густавсонъ. Двадцать лекцій агрономической химіи.
 Костычевъ. Ученіе объ удобреніи.
 Его же. Обработка и удобреніе чернозема.
 Трухановскій. Ученіе объ удобреніи.
 Ад. Майеръ. Ученіе объ удобреніи.
 Вагнеръ. Удобреніе азотомъ.
 Будринъ. Искусственныя, преимущественно азотистыя удобренія.

Grandeau. Chimie et Physiologie, appliquées à l'agriculture et sylviculture (луч-
 шій историческій очеркъ по развитію агрономической химіи).
 Sachsse. Lehrbuch der Agrikulturchemie.
 Ad. Mayer. Lehrbuch der Agrikulturchemie.
 Déhérain. Chimie agricole.
 Müntz et Girard. Les engrais.
 Maercker. Kalidüngung.
 Schucht. Fabrikation des Superphosphats.

Важнѣйшія опечатки.

Стран.	строка	напечатано	смыдуетъ читать
18	22 сверху	съ кислородомъ	съ кислородомъ)
20	3 "	люрины	люпины
33	17 снизу	вытѣсняется	вытѣсняетъ
37	19 снизу	Для получ.	Для P_2O_3 получ.
47	12 "	1066	2066
49	3 "	гумановая	гуминовая
60	12 сверху	выдѣляемый	выдѣляемой
66	5 снизу	lignefacicus	lignefaciens
66	6 "	pyocyaneus	phyocyaneus
77	18 сверху	водой H_2SO_4 .	водой подкисленной H_2SO_4 .
77	10 снизу	(10%) азота.	(10%).
103	7 сверху	примѣняетъ	примѣняется
110	5 снизу	$Ca_3 (P_2O_4)_2$	$Ca_3 (PO_4)_2$
111	17 "	Fe PO	Fe PO_4
121	15 "	$(Ca_{42} P_2O_9)$	$(Ca_4 P_2O_9)$
127	1 сверху	$N_2 SO_4$	$H_2 SO_4$
133	9 "	2 пуда	12 пуд.
135	1 "	относительно въ зернѣ	относительно К въ зернѣ
159	9 "	коэффициентовъ	ингредиентовъ
176	2 "	Soivetcher	Soiv et Cher
176	17 "	Бретаніи	Бретани.
179	Заглавіе должно быть: Постановка опытовъ по удобренію въ полѣ и въ искусственной обстановкѣ.		



