

1. ФОСФОРИТИ

Походження фосфоритів часто безпосередньо зв'язане з життям організмів колишніх геологічних періодів, що почасти видно вже з тих назв, які мають окремі їх відміни, як от: остеоліти, копроліти та ін. Такі фосфорити мають вид куль або неправильної форми гуль і трапляються в осадових породах, протилежно апатитам, що трапляються у висаджених породах.

Але й в осадових породах бувають фосфорити мінерального походження, що залягають суцільною масою („пластові фосфорити“). Гадають, що вони можуть виділятися з морської води, якщо холодні, багаті на вуглекислоту і P_2O_5 маси переносяться течією в тепліші зони і втрачають вуглекислоту. Далі, можливі випадки, коли розчин, в якому є P_2O_5 , циркулюючи вільно в бідних на вапно породах, зустрічає вапняк і спричиняється до поступінного „фосфатизування“ його.

Як окремий випадок, трапляється виділення кальцій-фосфату та кальцій-карбонату з води гарячих джерел, що виходять з надр землі під великим тиском і на поверхні втрачають вуглекислоту, а також зовсім іншого типу окремий випадок є перехід від органічних відкладів до мінеральних, від гуано до фосфоритів, якщо гуано відкладається в кліматі недосить сухому, і опади, що часом бувають, спричиняються до поступінного розкладу органічної речовини і втрати азоту (у вигляді аміаку), тоді як кальцій-фосфат залишається на місці.

Щоб з'ясувати походження фосфоритів, дуже важливі випадки, в яких констатований ріст таких витворів за наших часів. Так, експедиція для дослідження життя морських глибин виявила, наприклад, на південь від рога Доброї Надії наявність на поверхні або в середньому шарі морського намулу округлих конкрецій від 1 до 3 (і більше) см діаметром, в яких зерна кварцу, глауконіту та інших чисто мінеральних речовин разом з вапняними залишками кістяків нижчих тварин (форамініфер) зліплені кальцій-фосфатом в одно ціле, при чому цей фосфат проходить в порожнини окремих витворів, замінюючи собою $CaCO_3$. Очевидно, ці конкреції захоплені в період їх незакінченого ще росту, при чому треба припустити, що навколишній розчин збагачений на фосфорну кислоту і вапно. В даному випадку це здійснене через відмирання багатьох форм при зустрічі теплої морської течії з холодною. Спускаючись на дно, вони утворюють там нагромадження органічної речовини, що розкладається, — звідси P та Ca.

Біля Ньюфаундленда, де північна течія, що несе крижані гори, зустрічається з південною, було виявлено таке „морське кладовище“, в якому шар загинулих організмів (риб, молосків, медуз, голотурій та ін.) доходив товщини 1,5 м. Фосфат кісток і черепашок розчинюється в воді, насиченій вуглекислою, що утворюється під час розкладу органічної речовини, потім у м'якому намулі, просякненому розчином кальцій-фосфату, закладаються центри кристалізації гуль, які складаються переважно

з кальцій-фосфату; тоді утворюються високопроцентні конкреції, абож фосфат, виділюваний з розчину кальцій-фосфату (в наслідок зменшення вуглекислоти, через дифузію), тільки цементує випадкові домішки: пісок тощо, тоді утворюються фосфати з меншим вмістом P_2O_5 , ніж у випадку росту конкреції з більш або менш чистого кальцій-фосфату в м'якому намулі морського дна. Потім намул, ущільнюючись, дає глинисті сланці, з включеними в них конкреціями фосфоритів. З наших численних покладів вкажемо лише такі, що мають більше значення або відіграли роль у розвитку застосування фосфатів у нашій країні:

Подільські фосфорити звернули на себе увагу біологів уже давно, як копалини, характерні своєю формою і будовою.

Перший аналіз їх, проведений у Гірничному інституті, стоється 40-х років XIX ст.

З погляду промислового ними спочатку зацікавилися наші сусіди (Австрія). 1870 р. з Відня відкомандировали спеціалістів вивчати російські поклади Подолі. Вони їх визнали за дуже важливі. Незабаром по тому були поставлені також перші млини для перероблення цих фосфоритів на муку для місцевого вжитку, але ця експлуатація для вживання фосфору як такого не довго тривала: ясних результатів не одержали (тепер відомо, що їх не треба було сподіватися за характером місцевих ґрунтів). Невдовзі почали розробляти ці поклади переважно для того, щоб відправляти цей високопроцентний матеріал за кордон, де його переробляли на суперфосфат.

Фосфорити в Подолі трапляються у вигляді різного розміру куль, при чому або поверхня їх буває горбиста або ж вони мають форму обкочених куль. Внутрішня будова куль з кристалічними розбіжними променями, нагадує сферокристали. Розрізняють два види покладів цих фосфоритів: первинні поклади містяться в силурійських сланцях, при чому кулі вкраплені нарізно, поверхня їх горбиста; у вторинних відкладах обкочені кулі трапляються суцільними скупченнями у верствах крейдиної системи. Походження обкочених куль легко пояснити, якщо допустити, що первинні поклади фосфоритів були розмиті, і води річок крейдиної епохи, переносючи це каміння з місця на місце, обкочували його тертям об дно і відкладали групами на нових місцях. Саме ці вторинні відклади і цікаві для розробки.

Хемічним складом своїм ці фосфорити при значних коливаннях у кількості фосфорної кислоти відзначаються загалом досить високим вмістом її (з усіх наших фосфоритів найбільш вищим), а саме до 33,5⁰/₀ і навіть 38,38%. Це відповідає 51,23—86,66⁰/₀ кальцій-фосфату. Крім головної складової частини, бувають ще кальцій карбонат, оксиди заліза і глинозему, кількість яких відносно невелика, кальцій-флуорид та ін.

Завдяки високому вмісту фосфорної кислоти і малій кількості небажаних домішок (сполук заліза і глинозему, зайвини $CaCO_3$), подільський фосфорит є дуже цінним матеріалом для виготовлення простого суперфосфату. Але недавні дослідження показали, що запаси подільських фосфоритів не такі, щоб їм надавати загально-державного значення, вони можуть постачати тільки місцевому суперфосфатному заводу у Вінниці.

Пізніше подільських покладів фосфориту почали експлуатувати інші поклади, хоча їх було вивчено водночас, а почасти й раніше від подільських.

1866 р. Енгельгардт обслідував поклади фосфоритів у кол. губернях Орловській, Курській, Воронізькій. Статті Енгельгардта і Ермолова збудили загальний інтерес до цього питання. Фосфоритів почали шукати в різних місцях і виявили широке розповсюдження їх. Цього моменту стосуються і перші спроби застосування фосфоритної муки. Почали з'являтися заводи для переробки фосфориту. Першим був завод біля Курська, водночас відкрився завод у Рязі.

Але практичних результатів ні досліди застосування фосфоритів, ні статті Енгельгардта і Ермолова тоді не дали, і майже всі заводи повинні були припинити свою діяльність через недостатній попит (Ризький завод перейшов на виготовлення суперфосфату з закордонної сировини). Причина невдач була в тому, що не знали, що тільки ґрунти, ненасичені основами, можуть реагувати на внесення фосфоритної муки. Майже через 20 років Енгельгардт, звільнений від кафедри і адміністративно висланий у Батішево (Смоленської губ.), знову звернув увагу на фосфорити. Експерсуючи по околицях Батішева, він відкрив поклади в Рославському повіті, і 1885 р. Енгельгардтові вдалося одержати перші 16 ц розмеленого фосфориту. Вперше польові досліди дали рельєфні результати, і Енгельгардтові вдалося виявити позитивне значення фосфоритів для північних підзолистих ґрунтів та викликати до них уже стійкіший інтерес.

Курський „самород“ (або „плита“) являє собою „писковик, що складається з кварцевого піску, зв'язаного цементом; цемент цей складається з кам'янистих кісток (риб і ящирів), що є в тій таки формації“¹. Трапляється він у кол. Курській губ. значною кількістю і вживається населенням на брукування шосе, вулиць і для буту. Самород являє собою породу, яка зустрічається скрізь на північній межі крейдяного басейну. Крім „плити“ бувають гулі різного кольору і розмірів. Крім кол. Курської губ., поклади таких фосфоритів є і в кол. Тамбовській, Воронізькій, Орловській, Смоленській і Калузькій губерніях. Численні аналізи курського самороду показують, що в ньому далеко менше фосфорної кислоти, ніж у подільських фосфоритах. — від 14 до 17—20%. Решту становить кравцевий пісок, почасти кальцій-карбонат та ін. На виготовлення простого суперфосфату ці фосфорити не йдуть, але вони придатні для вжитку у вигляді фосфоритної муки на кислих ґрунтах (або ненасичених основами ґрунтах). Тепер уже роблять великі розмельні заводи тресту „Фосфорит“: Шігровський, Дмитровський і ряд дрібних кооперативних заводів. Крім того, передбачається створити хемічний комбінат у Шіграх для виробництва преципітату (пояснення див. далі).

Незабаром після курських було відкрито поклади фосфоритів у кол. Рязанській губ. Вони були відомі там ще з 60-х років минулого сторіччя, але розробляти їх почали лише 80 років після того, як вони були досліджені в лабораторії Петровської академії. Виявилось, що в склад рязанського фосфориту входить ще глауконіт—мінерал, що має до 8% K_2O (у фосфоритах від 1 до 4% K_2O ; але, крім малого вмісту, і засвоєваність калію в глауконіті неповна). Залягають глауконітові фосфорити головно над юрськими шарами в зелених пісках і пісковиках, іноді переповнених залишками черепашок („ауцеловий шар“ від *Aucella Mosquensis*).

¹ Енгельгардт, 1867 року

Раніше кращими після подільських вважалися костромські (Кінешемські) фосфорити, які бувають біля грані юрської і крейдяної систем, як найбагатші на фосфорну кислоту з усіх середньоросійських фосфоритів (26—28% P_2O_5). Це вже не кварцеві, а глинисті фосфорити, які зустрічаються в вигляді щільних гуль або неправильних стяжностей темного кольору. Раніше вони йшли на добриво у вигляді фосфоритної муки, але потім виявлялося, що поки кустарним способом добувалося і перероблялося гулі, зібрані по берегах річок, це був високопроцентний матеріал, але коли спробували перейти до промислового видобування штольнями, то зустрілися з сильною цементацією фосфоритиносного шару і з трудностю очистки гуль від забруднюючого їх цементу. Тому ці поклади тепер не дають сировини для суперфосфатного виробництва, чого сподівалися раніше на підставі аналізу гуль, вимитих річками.

Вятські (слободські) фосфорити також залягають у самих спідніх шарах крейдяної системи. Вони містять 28% (і більше) фосфорної кислоти, являючи собою піськово-глинисту породу (з участю глауконіту), зцементовану кальцій-фосфатом (а також і $CaCO_3$).

Були досліджені ці поклади 1888 р., а 1891 р. Вятське земство почало їх розробляти. Відносно високий вміст фосфорної кислоти також робить їх цікавими з погляду суперфосфатного виробництва.

Крім названих родовищ, були відомі й інші, але до систематичного геологічного обслідування важко було скласти уявлення про значення багатьох з них (незрідка, наприклад, вторинні скупчення по берегах річок вважалося за виходи первинних фосфоритиносних верств, і тому щодо них робилося перебільшені висновки; в інших випадках недооцінювали наявних у дійсності запасів), бо описували поклади не геологи (Енгельгардт і Ермолов також не були геологами).

Систематичні обслідування фосфоритів як з погляду геологічного, так і з погляду їх хемічної переробки та оцінки з допомогою вегетаційного методу було розпочато 1908 р. особливою комісією при Петровській академії з залученням до цього ряду співробітників під найближчим керівництвом професорів Самойлова (геологічна частина) і Пряннішнікова (хемічна переробка і вегетаційне дослідження нововиявлених фосфоритів). З геологічного погляду праці експедиції проф. Самойлова вияснили точніше розміри і значення попередніх покладів, але крім того було відкрито ряд нових родовищ.

Уже працями цієї експедиції було виявлено, що загальний запас фосфоритів в європейській частині РСФРР величезний (більше 5 млрд. т), але складається з матеріалу вельми різної якості. З погляду заводської переробки найбільш цікаві високопроцентні фосфорити з вмістом понад 24% P_2O_5 . Таких у нас відносно небагато (про апатити мовитиметься окремо), головна ж маса являє собою низькопроцентні фосфорити, цікаві з погляду застосування у вигляді простого розмолу

(фосфоритної муки), поскільки ґрунтові умови це допускають (а також як сировина для складнішої переробки).

Коротко підсумки цих досліджень можна показати такою таблицею для геологічних запасів (незалежно від промислового значення в даний момент).

	В мільйонах тонн	Процент від загального запасу
Фосфорити з 24 ⁰ / ₁₀₀ P ₂ O ₅ і більше	141	2,5
„ з 18—24 ⁰ / ₁₀₀ „ „	1708	30,6
„ з 12—18 ⁰ / ₁₀₀ „ „	3720	66,9

Отже, найбільш цінних фосфоритів першої групи відносно мало, однак, абсолютний запас їх все таки великий, а низькопроцентних — величезний.

Найважливішим родовищем першого типу є Верхньокамське (Вятські фосфорити). Тут фосфоритний шар залягає на 0,6—0,8 м завтовшки, при чому гулі фосфориту лежать у рихлій, незцементованій породі, залягають не глибоко, отже, в багатьох випадках можлива розробка з поверхні (в „рознос“, без шахт і штолень). Продуктивність шару — близько 600 кг на 1 м². Вміст P₂O₅ — до 26⁰/₁₀₀ (при 4,5—5⁰/₁₀₀ полуторних оксидів і 5⁰/₁₀₀ CO₂).

Загальна площа родовища — близько 2000 км², сумарний запас визначається в 1 млрд тонн (Казаков). Ці поклади подібні до південно-каролінських покладів Північної Америки, але залягають у глухій місцевості, тому нещодавно збудована залізнична колія (ст. Фосфорити—Яр), яка з'єднує поклади з магістраллю Вятка-Пермь. При поліпшенні умов сплаву ці поклади могли б дешевшим водним шляхом постачати сировину фосфоритним заводам, що містяться по Камі, Волзі та їх притоках.

Не такими високопроцентними є московські фосфорити (21—25⁰/₁₀₀ P₂O₅), але завдяки близькості до промислових центрів вони притягають до себе увагу. Далі, виявлено поклади подібного типу в Боровському районі (кол. Калужської губ.), є значний Симбірський фосфоритний район, Саратовський район, Кролевецька фосфоритна ліза (кол. Чернігівська губ.), уральське родовище (на північ від Свердловська), що відзначається високим вмістом P₂O₅, який нагадує подільські фосфорити (32—36⁰/₁₀₀ P₂O₅); але запаси ще треба вяснити. Для низькопроцентних покладів також констатовано значно більше поширення, ніж воно було обчислене раніш. Крім уточнення обрисів суцільної смуги, що охоплює кол. Смоленську (Сещенський район видобування), Калужку, Орловську, Курську, Воронізьку губерні, тою ж таки експедицією були виявлені наприклад, поклади на східному березі Каспійського моря, на Мангишлакському півострові.

В 1919 р. систематичні роботи над дослідженням фосфоритів почав проводити Гірно-геологічний відділ НІУ (спочатку також під керівництвом Самойлова, потім Казакова), при цьому, крім загального обліку, геологи провадять також гірничо-технічне

обслідування й визначають запаси безпосередньо придатні на промислове використання.

З результатів цього періоду робіт відзначимо такі.

В Московській області цікаве Єгор'ївське родовище, виявлене за ознаками перекриття московського і рязанського фосфоритного ярусів, з яких перший дає відносно багатший матеріал для хемічної переробки, а другий — більш низькопроцентний, який містить багато полуторних оксидів — був визнаний за придатний для вжитку в вигляді фосфоритної муки на кислих ґрунтах. Продуктивність верхнього шару — від 300 до 1000 кг/м², для нижнього — 200—350 кг/м². Загальна площа родовища близько 950 км². На базі єгор'ївських фосфоритів збудовано дуже великий Воскресенський хемічний комбінат, в який входять сірчанокислотний, суперфосфатний и преципітатний заводи.

У Західній області, крім раніше відомих „смоленських“ фосфоритів (Сещенської групи) розвіданими є значніші запаси Жіздри, Підбужжя, Полпіна, Сожі та інших груп. Ці розвідки роботи дали основу для розміщення ряду великих розмельних заводів тресту „Фосфорит“, як Полпіно (№ 1 і № 2), Бички, Сеща (сюди ж належить Крічев у Білорусі, де переробляється, фосфорити р. Сожі в Зах. області). В середньому, фосфоритна мука цих родовищ містить 16—17% Р₂О₅.

В Іванівській області, крім раніше зазначених кінешемських покладів, виявлено Макар'євський район (басейн річок Унжі і Неї), менш багатий на Р₂О₅ (15—21%), але зручніший для видобування і розмолу на фосфоритну муку.

У Горьківському краї є вятсько-камські поклади, про дослідження яких мовилося попереду, і фосфорити Чувашії аналогічні верхньокамським і кінешемським, що займають площу близько 600 км².

У північних і західних частинах (Вурнарська група та ін.) фосфорити високопроцентні (24—25% Р₂О₅); на південній схід відбувається перехід від сланцевих глинистих до глауконіто-піскових фосфоритів, з поступінним зменшенням вмісту Р₂О₅ — до 16—18%.

В ЦЧО більш розвіданими є Курська, Щігровська, Дмитрієвська і Моршанська групи. Про загальне значення і склад цих фосфоритів мовилося попереду.

У Середньовольському краї виявлені фосфорити в районі Сизрань — Батраки, далі, фосфорити Загального Сирта, що залягають разом з горючими сланцями, і на південний захід від Оренбурга фосфорити р. Піщаної. Способи технологічного використання цих фосфоритів ще не встановлені (частина фосфоритів супроводиться сполуками заліза і мергелем).

У Горьківському краї є експлуатовані саратівські поклади, і потім виявлено „пластові“ фосфорити нового типу, спочатку у Вольську, а потім у долині р. Хопра. Хоперські фосфорити зовнішнім виглядом подібні до крейди, або м'якого вапняку, мають світло-сірий (шоді білий) колір, високопроцентні (25—30%

P_2O_5), легко розмелюються, не містять ні кварцу, ні глауконіту. Запаси мали бути виявлені розвідними роботами НІУ 1933 р.

На Україні фосфорити представлені подільськими покладами, про високу якість яких мовилося попереду, але з кількісного погляду вони не виправдали надій, які на них покладалося. Далі, є кролевецькі фосфорити ($18\% P_2O_5$) і фосфорити такої ж вартості (Ізюм, Камишеваха).

У Казакстані розшуковими роботами НІУ було відкрито актюбінські фосфорити, що характеризуються дуже неглибоким заляганням, легкістю видобування та збагачування, і великими розмірами запасу (близько 400 млн. т), вміст P_2O_5 становить 18% . На базі цих фосфоритів (що залягають уздовж магістралі Оренбург-Ташкент) збудовано преципітатний завод, пущений 1933 р. Ці поклади до останнього часу були єдиним великим джерелом фосфатів для постачання району бавовняної культури в середньо-азійських республіках (але вони ж таки будуть цікаві і для Західного Сибіру). Пізніше (1931 р.) розвідними роботами НІУ була відкрита Казалінська група фосфоритних родовищ того самого типу, розташована на узбережжі Сир-Дар'ї і також перерізана магістраллю Оренбург-Ташкент, але запаси їх покищо не визначені.

Невиясненими також залишаються запаси Мангішлакських фосфоритів на східному березі Каспія ($16\% P_2O_5$, продуктивність близько 600 кг/м), які можуть мати значення при постачанні фосфоритної сировини Закавказзю, а потім, з розвитком сітких залізниць, і Середній Азії.

Крім того, фосфорити знайдено в Каракалпакії, низов'ях Аму-Дар'ї, а також у Таджикистані (Каратаг), але промислове значення їх так само ще не вияснено.

2. ХІБІНСЬКІ АПАТИТИ

Геологічне дослідження Хібінських тундр, яке було організоване і провадилося під керівництвом акад. Ферсмана, привело до відкриття посередині Кольського півострова (за полярним колом) найважливішого для Союзу джерела сировини для суперфосфатного виробництва — великих покладів апатитово-нефелінової породи. Окремі знахідки апатиту, що мали переважно мінералогічний інтерес, бували раніше (1921—1923 рр.), а корінне родовище апатитів було виявлене геологом Лабунцевим 1925 р. і ближче обслідувано 1926—1927 рр., при чому виявилось, що великі маси цієї породи зосереджені в гірських відрогах Кукісвумчорр, Юкспорі Расвумчорр. 1928—1929 рр. геологом Влодавцем було законтурене рудне тіло Кукісвумчоррського родовища, яке виявило себе найбагатшим як на кількість руди, так і на вміст фосфору в ній. Апатитово-нефелінова порода, яка являє собою суміш двох мінералів, неоднорідна в усіх частинах рудного тіла, а саме, розрізняють багатшу на апатит „плямисту“ відміну, з 75% апатиту ($28,5\% P_2O_5$) від біднішої смугастої ($19—22\%$) і ще біднішої „сітчастої“ руди ($7—15\% P_2O_5$). Дальші

гірничо-технічні роботи відділу НІУ показали такий розподіл розвіданих запасів (і їх якості) по окремих родовищах.

Родовища	У мільйонах тонн		
	Плямисті руди	Смугасті і сітчасті руди	Всього розвідано
Кукісвучморр	115	180	295
Юкспор	5	120	125
Апатитовий цирк	—	50	50
Плато Расвучморр	20	40	60
Разом	140	390	530

Через те, що нижня межа плямистих руд ще не визначена, то загальний запас значно більший від розвіданого. Він оцінюється принаймні в 1 млрд. тонн.

З 1930 р. почав функціонувати трест „Апатит“ і вступив у роботу рудник на Кукісвумчоррі, який 1932 р. дійшов продуктивності близько 400.000 т. Загальну картину робіт зовсім не можна порівняти з тим, що ми маємо при видобуванні фосфоритів, де звичайно мають справу з верствами невеликої товщини, отже, прокопуваючи штольнію, доводиться вибирати багато порожньої породи, та й сама верства не поспіль складається з фосфоритів, а тільки включає фосфоритні гулі, які залягають у товщі породи, і відки їх треба відокремлювати. А тут мають справу з суцільною масою апатитово-нефелінової породи, рудне тіло має завтовшки близько 70 м, і Кукісвумчоррський рудник являє собою зовсім відкрите оголення його, при чому розроблювана сторона гори перетворена немов би на циклопічну драбину з 6 щаблями, на 12 м заввишки кожний. Протяжність рудного тіла по горизонталі дорівнює кільком кілометрам. Правда, вершина гори утворена іншими відкладами і при просуванні вперед верхньої тераси все таки доводиться знімати „шапку“ з породи, яка йде у відвал; але далі мають справу з суцільною масою апатитової руди, яку доводиться висаджувати. Одержані від вибуху грудки (після додаткового дробіння більших з них) спускають униз по бремсбергу і вагонетками везуть на залізничну станцію „Нефелін“, відки поїздами головну масу руди, яка підлягає збагаченню, доставляється до Хібіногорська. Під час полярної ночі (близько 6 тижнів для Хібін) робота в руднику відбувається протягом цілої доби при електричному освітленні, переппиняючись тільки під буран.

При видобуванні руди у вибоях провадигься ще рудовідбирання, при чому відокремлюється за зовнішнім виглядом бідніші грудки руди (близько 15% P_2O_5), і залишається „товарна“ руда з вмістом руди близько 31% P_2O_5 . Однак, цього не досить, щоб одержати добру сировину для суперфосфатного виробництва, бо нефелін, який домішано до апатиту, далеко не така пасивна

домішка, якою є, наприклад, кварцевий пісок у багатьох фосфоритах: нефелін розкладається кислотою легше від апатиту, і тому він являє собою серйозну перешкоду до переробки апатиту на суперфосфат. Крім даремної витрати кислоти, це ще зв'язане з збагаченням продукту на небажані складові частини, саме на сполуку заліза і гідратну силікатну кислоту.

Остання, виділюючись під дією сірчаної кислоти в драглистому стані утрудняє перемішування маси, і, обгортаючи часточки нерозкладених мінералів, заважає апатитові повністю розкластися.

Тому доводиться апатитово-нефелінову породу збагачувати, звільнюючи апатит від головної маси нефеліну способом флотації, тобто поділу у водній течії дрібнорозмеленої породи на апатитовий концентрат і нефелінові „хвости“.

Руду роздрібнюють тричі, спочатку до грудок в 10 см, потім до 1,8—2 см (сухе дробіння) і нарешті до 0,17 мм (мокре дробіння).

Щоб полегшити дальший поділ уламків кристалів апатиту і нефеліну (0,2 м і менше), додають до роздрібненої маси (пульпи) певні реактиви, які сприяють впливанню апатиту разом з піною й осіданням нефеліну, а саме: для першої мети — суміш олеїнової кислоти с газом (1 кг суміші на тонну руди), а для другої — розчинне скло.

Восени 1931 р. була пушена в хід перша секція хібіньської збагатної фабрики, яка переробляє близько 400.000 т руди і дає 250.000 т концентрату з вмістом 39—40% P_2O_5 . Тепер будується друга і третя секції такої самої продуктивності. За два роки серед хібіньських тундр, на віддалі 1200 км від Ленінграда, де раніш не було постійного житла і тільки взимку з'являлися кочуючі лопарі з стадами оленів, виникло індустріальне місто з 40.000 мешканцями, робить тимчасова електростанція, яка обслуговує збагатну фабрику, і будують постійну електростанцію на р. Ніві (біля Кандалакші), яка використовує енергію цієї річки, що не замерзає взимку, завдяки великому паданню, не зважаючи на широту 67°.

Раніше думали, що нефелін є тільки небажаною домішкою і що витрати на збагачення цілком припадуть на апатитовий концентрат. Але потім виявилось, що всі три компоненти нефеліну (луги, глинозем і крем'янка) можна використати в цілому ряді виробництв. Так, крім „нефелінчування ґрунтів“ (усунення кислотності і збагачення на калій) присутність у нефеліні лугів (K і Na) дає змогу використати його при виробництві скла (звичайного і рідкого) у керамічній і емалевій промисловості. Вміст глинозему дозволяє використати нефелін на одержання металевого алюмінію, що можливе кількома способами, а саме: 1) спікання з вапном, що дає глинозем, луги і кальцій — силікат (цементна сировина); 2) обробка азотною кислотою, з дальшим введенням аміаку, що дає глинозем і нітрати, придатні як азотисте добриво; 3) обробка сірчаною та сульфітовою кислотами, яка дає глинозем, галун, силікогель та інші продукти, що їх

застосовують у паперовому виробництві, в текстильній промисловості, і що заміняють пермутит при очищенні води тощо.

Нарешті, вміст силікатної кислоти в нефеліні в сполуках, що легко переходять в слабокислотні витяжки дозволяє використовувати нефелін у шкіряній промисловості (заміна дубителів) і при виробництві гуми, далі — при насочуванні дерева (щоб зробити його негниючим і вогнестійким), а також для заміни розчинного скла при закріпленні ґрунтів (при закладанні фундаментів, прокопуванні шахт) і в шляховому будівництві (закріплення шосейного полотна).

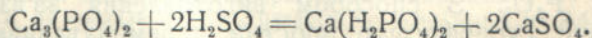
Отже, той нефелін, що одержується при обпалюванні апатитової руди, і той, що міститься крім того великою кількістю в інших гірських породах хібінських тундр, має шанси на широке застосування в ряді різних виробництв, і тоді витрати на дробіння апатитової породи і процес збагачення розподілятимуться між апатитом і нефеліном, що має здешевити постачання сировини нашим суперфосфатним заводам.

На апатитовому концентраті цілком робить Невський суперфосфатний завод у Ленінграді, але концентрат доставляється і на інші заводи до України включно; 1931 р. 60% всієї сировини, переробленої суперфосфатними заводами в Союзі, припадало на хібінський концентрат. Питання про остаточне розмежування районів постачання заводів концентрату зза полярного кола і місцевої (низькопроцентної) сировини, яку важче переробляти, великою мірою залежить від стану транспорту.

Іноді специфічні умови полегшують транспорт хібінської породи на дуже великі віддалі. Так, морські судна, що йдуть північним шляхом (через Карське море) до сибірських портів, мають незаповнений тоннаж, бо вантажі з Сибіру (ліс і хліб) більш громоздкі, ніж промислові товари, які туди доставляється. Тому транспорт руди грудками без тари може бути дешевим. Морські суда входять у глибокий Сибіру по Обі до Нового порта і по Єнісею до Ігарки, де відбувається перевантаження на річкові суда, які можуть доставляти апатит по Обі до Барнаула (там має бути утворений хемічний комбінат), по Томі — майже до Кузнєцька, по Єнісею — до Красноярська і по Ангари — до Ангарбуду, а в майбутньому до Черемхова (під Іркутськом) і Забайкалля, якщо до того часу не будуть виявлені фосфорити або апатити в Сибіру.

3. ВИРОБНИЦТВО СУПЕРФОСФАТУ

Виникнення суперфосфатного виробництва зв'язане з ім'ям Лібиха, що звернув увагу на кістки, як високопроцентний матеріал, придатний на те, щоб повертати в ґрунт взятую разом з зерном фосфорну кислоту, але водночас такий, в якому міститься нерозчинений фосфат. Тому, Лібих запропонував обробляти кістки сірчаною кислотою, щоб перевести трикальцій-фосфат у розчинний у воді кислий (однозаміщений) фосфат за рівнянням:



Перший завод був збудований Лоозом в Англії 1843 р., при чому від обробки кісток на цьому заводі перейшли до обробки кислотою фосфоритів. Пізніше виникли суперфосфатні заводи

в Німеччині та інших країнах, і суперфосфатна промисловість стала дуже великою галуззю основної хемічної промисловості.

Наведена схема є з деяких поглядів спрощеною. Поперше, в реакції бере участь вода, бо насамперед береться не чиста H_2SO_4 , а „камерна“ кислота 50—52° Боме або вище, залежно від властивостей сировини ¹ далі, гіпс і однокальцієвий фосфат, які утворюються при реакції, в міру протигання кристалізуються і при цьому зв'язують певну кількість води (кристалізаційна вода), крім того, частина випаровується в наслідок розігрівання маси від теплоти реакції. В результаті спочатку рідка суміш (що зручно для доброго перемішування) потім, в міру утворення кристалів гіпсу і фосфатів твердне, відбувається „тужавіння“ маси і вона набуває певної структури (пористості). Подруге, сірчаною кислотою обробляється не $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, а роздрібнений фосфорит, що, крім фосфату, близького до апатиту, ² містить ряд інших речовин. Це можуть бути часточки піску і глини, вапно (карбонатне і силікатне), сполуки заліза і глинозему, фтористі та інші сполуки. Вважаючи на те, що частина сірчаної кислоти неминуче витрачається на розклад CaCO_3 та інших домішок, то доводиться брати більше кислоти, ніж потрібно для розкладу самого тільки фосфату. В наслідок цього фосфорити, в яких багато CaCO_3 та інших домішок, непридатні для суперфосфатного виробництва, але невеличка домішка CaCO_3 вважається за сприятливу, бо розігрівання маси сприяє швидшому розкладові фосфату, а вуглекислота, яка виділюється, надає суперфосфатові пористості. Домішка кварцевого піску несприятлива тільки як баласт, що зменшує процент P_2O_5 в продукті, а особливо небажаною є присутність у фосфатній сировині великої кількості сполук заліза і глинозему (наприклад, понад 3%), хоча б вони були сполучені також з фосфорною кислотою. Річ у тім, що кислі фосфати заліза і глинозему, які утворюються при розкладі кислотою, є нестійкі, і при лежанні суперфосфату утворюється, поперше, вільна кислота, а, подруге, нерозчинні сполуки з великим вмістом основ, а загальна кількість воднорозчинного P_2O_5 зменшується (цей процес зворотного переходу P_2O_5 у малорозчинні сполуки зветься ретроградацією). Вважають, що кожний процент Fe_2O_3 викликає зворотний перехід 2% , а Al_2O_3 — 1% P_2O_5 в нерозчинну сполуку.

Вважаючи на складність вмісту сировини, і продукт реакції—готовий суперфосфат—включає, крім тої сполуки, яка є метою виробництва, тобто $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, ряд інших сполук. Так, крім згаданого вже CaSO_4 , утворюються і інші сульфати, як FeSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, інші фосфати, як кислі фосфати Fe і Al , можливо невелика кількість CaHPO_4 і нерозкладеного фосфату, силікатна кислота, виділена при розкладі кальцій-силікату, нерозкладена частина CaFe_2 , далі пісок та інші домішки, що були у фосфориті. Крім того, звичайно частина фосфорної кислоти є у вільному стані, і при сировині, в якій містяться зайві кількості оксидів заліза і глинозему, доводиться додавати більше сірчаної кислоти, щоб добитися цілковитого розкладу і протидіяти явищам ретроградації. Але тоді утворюється зайва вільна фосфорної кислоти, після певної межі нагромадження якої суперфосфат стає вогким, мазким і погано висівається сіялками. Отже, фізичні властивості суперфосфату теж відіграють роль у визначенні кількості кислоти, яку можна застосовувати, з дуже ж забрудненої цими домішками сировини важко виготовити належної якості простий суперфосфат.

Через те, що суперфосфат виготовляють простим змішуванням фосфоритної муки з сірчаною кислотою, і побічні продукти, які утворюються при реакції, не відокремлюються від головного, то суперфосфат являє собою складну суміш. І взагалі це термін не хемічний, це лише позначення для певного товару, який випускається заводом і оцінюється за вмістом у ньому розчинного P_2O_5 . З способом виготовлення зв'язано таке: виготовляючи суперфосфат простим перемішуванням кислоти

¹ 50° Боме відповідають пит. вазі 1,530 і вмістові H_2SO_4 в 57%.

² Апатит відрізняється від $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ вмістом фтору і складнішою будовою ядра, що не піддається діянню слабких кислот так легко, як $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

з фосфористою мукою, ми завжди одержуємо перехід до розчинних форм ціною пониження загального вмісту P_2O_5 , рівняючи з вихідною сировиною. Вважаючи на те, що на 1 ц фосфату береться близько 1 ц кислоти, вміст P_2O_5 зменшується приблизно вдвое.

Тому для виготовлення простого суперфосфату віддається перевагу високопроцентним фосфоритам, наприклад, 28—30-процентним, щоб (якщо можливо) мати 14—15-процентний суперфосфат. Якщо ж при переробці якогонебудь 15-процентного фосфориту можна одержати 7-процентний продукт, то це значить завантажити транспорт перевозом великої кількості баласту¹.

Через те, що наші фосфорити, крім подільських (і тоді невідомого хібінського апатиту) відрізнялися від тої сировини, на якій розвивалася промисловість Західної Європи (фосфати Флориди, Алжіру та інш.), меншим вмістом P_2O_5 і більшим забрудненням полуторними оксидами (сполуки Fe_2O_3 , Al_2O_3), то до війни їх вважали зовсім непридатними для суперфосфатної промисловості, і заводи, що були раніше (в Ризі й тодішньому Петербурзі) робили на привозній сировині (навіть завод у Вінниці, розташований поряд подільських покладів фосфоритів, робив на алжирському фосфориті, який привозили в Одесу у вигляді баласту пароплавами, що йшли до Одеси з Марселя по хліб). Перші досліди, які довели можливість виготовляти з вятського і кінешемського фосфориту 12—13-процентний суперфосфат, були проведені в Петровсько-Разумовському, в лабораторії автора, 1908 р. Тоді таки почалися роботи на систематичним вивченням наших покладів геологами (проф. Петровської академії Самойловим), і цим розпочалося виробництво (тоді невеликими розмірами) суперфосфату в Кінешмі на одному приватному заводі; потім Вятське і Пермське земства почали будувати завод у Пермі, який був закінчений і почав нормально функціонувати лише в післяреволюційний період.

Фосфорити до хемічної обробки спочатку роздрібнюють до певного розміру часточок (крізь сито № 100 з отворами в 0,17 мм повинно проходити від 70 до 90% муки, залежно від роду фосфату). Для того застосовують різні спеціальні млини великої продуктивності, наприклад, „кульові“ млини (неперервного діяння), які являють собою обертовий барабан (рис. 15) з стінками з сталевих пластин, з отворами між ними. В середину насипають грудки фосфориту разом з сталевими або чавунними кулями. Під час обертання фосфорит розмелюється від ударів і тертя, дрібні частини випадають крізь отвори в стінках і далі йдуть

¹ Не можна сказати, щоб у суперфосфаті кількість баласту визначалася тим залишком, який арифметично одержується відніманням з 100 P_2O_5 ; наприклад, 15% P_2O_5 не означає ще 85% баласту, бо розрахунок на P_2O_5 є умовний спосіб, і в дійсності ми маємо не P_2O_5 , а $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$. Тому вміст корисної сполуки майже вдвое більший, ніж процент P_2O_5 . Далі, гіпс, що є в суперфосфаті; зовсім не можна вважати за баласт для нечорноземних ґрунтів. Це тільки менш цінна частина, ніж однокальцієвий фосфат, але, наприклад, для ґрунтів Середньої Азії це вже безперечно баласт.

на сита. Крім кульових млинів поширений ще млин Кента, збудований за принципом „бігунів“, але з тою різницею, що обертаються не тільки самі бігуни, а й той сталевий барабан, в якому вони обертаються; при цьому, осі бігунів (вальців) не фіксовані точно, а вдержуються міцними пружинами в такому положенні, щоб дробився фосфорит, який потрапляє між поверхнею вальців внутрішньою поверхнею і сталевому барабану, (якщо грудка надто велика або міцна, пружина, що вдержує вальці, ослаблюється, цим уникають поломки або припинення роботи дробильного апарату).

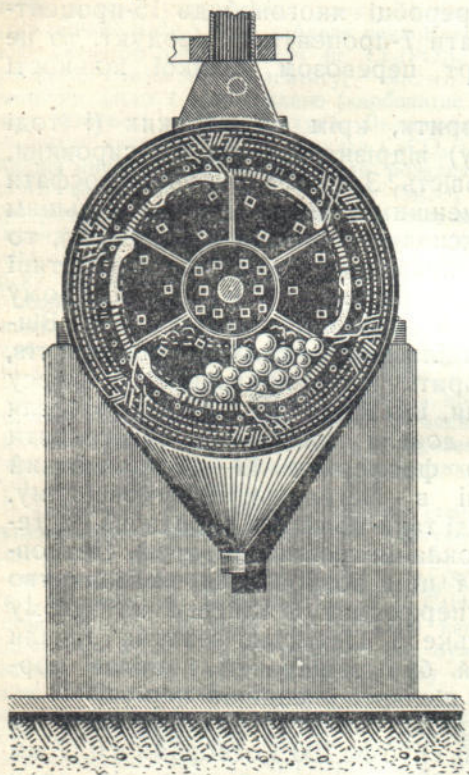


Рис. 15

Після роздління фосфорит змішують з сірчаною кислотою; причому на добре впорядкованих заводах дбають про відвід отруйних (HF , SO_2) газів, які виділюються, і навіть про вбирання їх водою або вапняним молоком. Крім того робітникам для захисту від діяння газів і розбризувань H_2SO_4 видають окуляри і маски-респиратори. Пильне і швидке перемішування є вельми важлива операція, від якої залежить повнота реакції і однорідність продукту.

Цього досягають швидким обертанням лопатей мішалки, яка міститься вертикально в казані, що має форму тігля (казан Лоренца), через покришку всипають фосфат і вливають кислоту, а після енергій-

ного перемішування вся маса падає вниз, коли відкривається люк (або кілька люків) у нижній частині прилада.

В останньому випадку звичайно користуються розміщенням, показаним на рис. 16 і 17. З казана для змішування, де маса енергійно переробляється мішалками протягом одної хвилини, гаряча суміш ще у напіввідкритому стані швидким рухом клапанів викидається в приміщення, де власне й закінчується реакція, а в прилад вводять зразу ж нову суміш. Після заповнення камеру залишають для „достигання“ суперфосфату, і в цей час починається заповнювання другої камери.

При цьому використовується тепло, що розвивається при реакції як для повнішого розкладу деяких стійкіших складо-

вих частин фосфориту, так і для усунення якомога більшої кількості води.

В камері в наслідок виділення газів має утворюватися не-

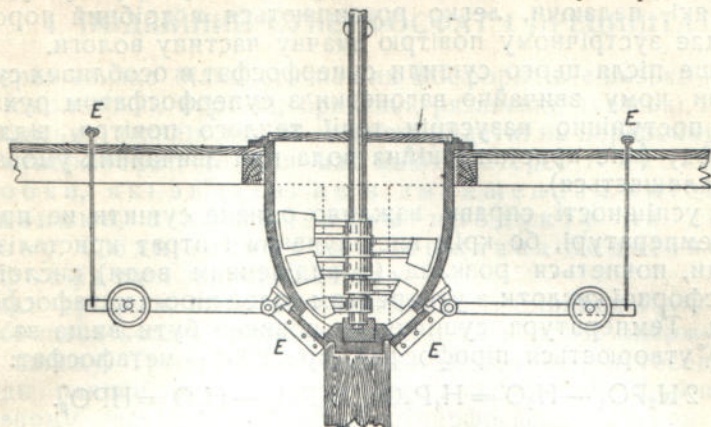


Рис. 16

суцільна, а пориста маса, яку порівнюють з добре випеченим хлібом. Після того, як ця маса затвердне і до певної міри простигне, суперфосфат вибирають з камери.

Останнього часу застосовують різні апарати для автоматич-

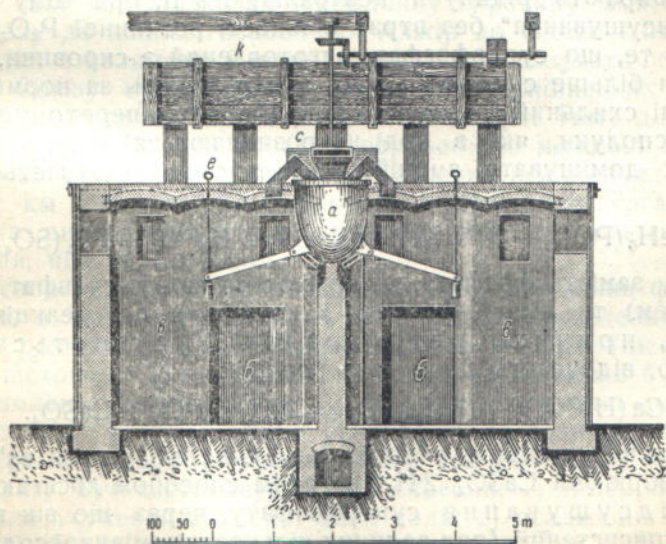


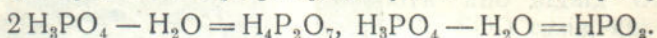
Рис. 17

ного розвантажування камер; такі апарати дають можливість не чекати повного охолодження суперфосфату і захищають робітників від небезпеки обпикатися і вдихувати отруйні гази. Ці апарати (дробильні або скобильні машини) дозволяють викорис-

товувати тепло суперфосфату з одночасним сильним провітрюванням для його просушки, а саме: скребачками або ножами ці машини відрізають від маси затверділого суперфосфату тонкі скиби, які, падаючи, легко розсіпаються в дрібний порошок, що віддає зустрічному повітрю значну частину вологи.

Раніше після цього сушили суперфосфат в особливих сушарках, при чому звичайно вагонетки з суперфосфатом рухалися в них поступінно назустріч течії теплого повітря, віддаючи зайву воду (але кристалізаційна вода при звичайних умовах сушіння залишається).

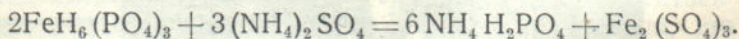
Для успішності справи важливо одначе сушити не при високій температурі, бо крім висушування і втрат кристалізаційної води, почнеться розклад (з виділенням води) кислоти солі ортофосфорної кислоти, з утворенням солей піро- і метафосфорної кислоти. Температура сушіння не повинна бути вища за 100°; при 120° утворюється пірофосфат, при 200° — метафосфат:



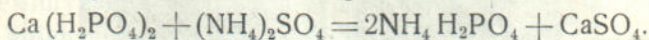
Вважаючи на те, що може погіршити якість продукту, тепер уникають сушити, намагаючись вести виробництво так, щоб з камери одержати „стиглий“ продукт.

Замість „сушити“ суперфосфати, в яких міститься зайвина вільної фосфорної кислоти, до них незрідка домішують невелику кількість кістяної муки (обезклеєної). Часточки пористої кістки вбирають рідину і нейтралізують її, при чому досягається „висушування“ без втрат кількості розчинної P_2O_5 .

Через те, що суперфосфат, виготовлений з сировини, в якій міститься більше сполук Fe і Al, ніж належить за нормою, при зберіганні схильний до ретроградації (тобто до переходу частини P_2O_5 в сполуки, які в воді не розчиняються) радять в таких випадках домішувати амоній-сульфат; тоді відбувається така реакція:



Отже, замість фосфату, утворюються залізо-сульфат (також і глинозем) та амоній-фосфат, і поскільки ця реакція здійснюється, причина ретроградації усувається. Але, крім того, відбувається ще така реакція:



Гіпс, який при цьому утворюється, кристалізується, зв'язуючи воду (утворюючи $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Таким способом досягають водночас підсушування суперфосфату, через що він набуває кращої консистенції (при великих кількостях аміачної солі тверднення під дією гіпсу може набути небажаного ступеня, далі, треба зважати на перебіг реакції в часі, але такі технологічні деталі тут не підлягають розглядові). Треба тільки розрізнити типи добрив і мати на увазі, що, крім змішування з $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ є ще інший спосіб вводити аміак у суперфосфат, — це певний ступінь насичення його вільним аміаком, при чому продукт

набуває назви „амонізованого суперфосфату“ (див. розділ про складні добрива).

4. ПОДВІЙНИЙ СУПЕРФОСФАТ І ПРЕЦИПАТАТ

Через те, що більшість наших фосфоритів є низько процентною (смоленські, курські, брянські, рязанські, чуваські, ізюмські, актюбінські, казалінські та ін.) і непридатні на переробку в простий суперфосфат, то для нас мають інтерес ті способи переробки, які зв'язані не з зменшенням вмісту P_2O_5 , а навпаки, з збагаченням продукту на діяльну основу. Сюди належить одержання подвійного суперфосфату і преципітату.

Такі процеси, ясна річ, складніші, і одиниця P_2O_5 на місці виробництва коштує дорожче, але в транспорті одержують велику вигоду. Треба сказати, що нам доводиться застосовувати ці методи раніше, ніж до них перейшла Західна Європа, яка в основному застосовує простий суперфосфат, волюючи використати високопроцентні фосфорити Північної Африки та Америки і даючи низькопроцентній сировині лежати до тих часів, коли кращі поклади будуть вичерпані. І тільки у виняткових випадках (наприклад, для транспорту з Голландії до її віддалених колоній, як острів Борнео з його кофейними плантаціями) користуються подвійним суперфосфатом.

Але для нас ставка на закордонну сировину, хоч і близько розмішену до наших гаваней (як Алжир до Одеси і Батума) не прийнятна з валютних і інших міркувань, а базувати постачання цілому Союзу суперфосфату виключно на хібінських апатитах значило б надмірно завантажити транспорт. Тому для нас важить комбінувати цей спосіб з переробкою місцевої сировини. Але слово „місцевий“ у нас може стосуватися до кола радіусом в 1000 км і більше. Тому способи одержувати збагачені продукти з низькопроцентної сировини для нас мають більше значення, ніж за кордоном.

В основі способів збагачення лежить здобування фосфорної кислоти з низькопроцентного матеріалу, переведення його у водний розчин, тоді як головна частина домішок (піскові і глинисті часточки) залишається нерозчинною і може бути легко відокремлена. Зважаючи на те, що при здобуванні доводиться мати справу з розведеними розчинами, то далішим завданням є відокремити фосфорну кислоту від тої маси води, в якій вона розчинена. Тут застосовують два способи: 1) випарування розчину для усунення головної маси води; 2) осадження (преципітування) фосфорної кислоти вапновим молоком і усунення головної маси води декантацією.

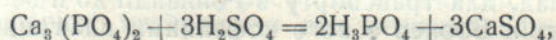
В нашому випадку одержаний густий сироп не являє собою зручного продукту для перевозу і для застосування. Його перетворюють на подвійний суперфосфат, діючи міцним розчином фосфорної кислоти на кістки або фосфорит, взяті такою кількістю, щоб одержати характерну для всякого супер-

фосфату головну складову частину — розчинений у воді однозаміщений фосфат $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Але тому, що тут застосовують не сірчану, а фосфорну кислоту, продукт не містить гіпсу, і вміст P_2O_5 в ньому дуже високий (наприклад, 40%).

Так само і другий спосіб (осадження) приводить до високопроцентних продуктів, незалежно від того, з якого матеріалу вони виходять: тільки кінцевий продукт не зватиметься вже суперфосфатом, бо в ньому фосфорна кислота не є водорозчинною; такі продукти зветься преципітатами, або осадженим фосфатом (в техніці прийнята ще назва діфосфат, зручна тим, що вона коротка, хоча й не зовсім послідовна з погляду хемічної термінології).

Виготовлення подвійного суперфосфату. Для першої стадії цього виробництва — екстрагування фосфорної кислоти — застосовують сірчану кислоту, яка зручна не тільки своєю дешевиною, а й тому, що вона з кальцієм дає малорозчинний продукт (CaSO_4), головна маса якого залишається разом з піском в осаді. Тому розчин фосфорної кислоти буде майже вільний від домішок солей кальцію.

При цьому кількість сірчаної кислоти розраховується за таким рівнянням:



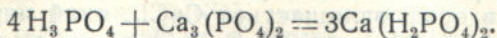
тобто тут беруть три, а не дві частини сірчаної кислоти, як у випадку простого змішування, бо тут завданням є одержати вільну фосфорну кислоту, а не однокальцієвий фосфат. Крім того, тут також береться до уваги і вміст CaCO_3 , а не вміст заліза і глинозему, бо в даному разі небажано, щоб фосфати заліза і глинозему були розкладені. Щоб уникнути цього, не тільки уникають зайвини кислоти, а зменшують і концентрацію її (до 20 — 25%). Сама операція відокремлення розчину від осаду спричинює тут розведення кислоти водою.

Здобування фосфорної кислоти не для всіх фосфоритів відбувається однаково легко. Зокрема, для наших фосфоритів довелося знайти відповідні способи, щоб досягти достатньо повного екстрагування¹, без зайвого забруднення витяжки домішками.

Осад гіпсу і нерозчинених у кислоті домішок доводиться після зливання розчину промивати на фільтпресах, щоб не втратити в ньому частину фосфорної кислоти (промивними водами можна почасті розвести ту сірчану кислоту, яка піде на розклад дальших порцій фосфориту).

¹ Перші досліди, проведені в нашій лабораторії Кочетковим, показали, що коли робити за нормами звичайними на Заході, то наші фосфорити (костромський, вятський, смоленський) віддають у розчин (при 20-процентній сірчаній кислоті) від $\frac{2}{3}$ до $\frac{3}{4}$ P_2O_5 . Далі виявлено, що при неперервному перемішуванні маси можна підвищити повноту екстрагування до 98%. Найкраще розв'язав завдання Казаков у своїх дальших працях, показавши, що коли нерозведену H_2SO_4 доливати до води, в якій скаламучено фосфорит, то досягається швидше і повне (до 99%) екстрагування P_2O_5 , без значного збагачення розчину на полурторні оксиди.

Дальшим завданням є згустити розчини фосфорної кислоти випаруванням. Ця операція здорожчує виробництво подвійного суперфосфату як через витрати на паливо, так і потрібну для неї особливу апаратуру. Друга реакція, якою закінчується виробництво подвійного суперфосфату, відбувається при діянні згущеного розчину фосфорної кислоти на нову порцію фосфориту (або костяної муки), при чому розклад відбувається за таким рівнянням:



Високопроцентність подвійного суперфосфату досягається, таким чином, завдяки двом обставинам: при першій реакції і наступному за нею екстрагуванні позбавляються від ряду домішок, а при другій реакції не постає ніяких побічних продуктів, аналогічних гіпсу при виробництві простого суперфосфату (тут гіпс залишається в осаді при першій операції). Однак, в кінцевому продукті можуть бути домішки певною кількістю, саме поскільки вони входили в другу порцію фосфату, на яку діяли фосфорною кислотою; тому, якщо для першої операції (екстрагування H_3PO_4) беруть які завгодно фосфати, то для другої реакції віддають перевагу чистішим і легко розкладаваним матеріалам, як наприклад, костяній муці (це тим легше зробити, що в другій реакції знову вводиться далеко меншу масу фосфату, ніж у першій).

Подвійний суперфосфат дуже зручний для перевезу на великі віддалі, але виробництво його дорожче і потребує точнішого хемічного контролю, ніж виробництво простого суперфосфату.

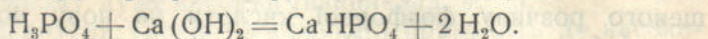
Щодо діяння подвійного суперфосфату на рослини, то при вирівнянні дози розчиненого P_2O_5 не можна сподіватися різниці між суперфосфатами (крім випадків, коли присутність CaSO_4 у простому суперфосфаті відіграє позитивну роль, наприклад, при одночасному внесенні аміачних солей на ґрунтах, бідних на кальцій, де треба створити протизагу переважанню іону амонію або калію, вношуваних з добривами).

Здобування преципітату¹ (осадженого фосфату). Перша операція тут така саме, як і в попередньому випадку, тобто екстрагування фосфорної кислоти з фосфоритів, але з тою різницею, що тут байдуже, яку кислоту взяти, — сірчану, соляну тощо, бо забруднення витяжки розчинними солями кальцію не заважає осаджуванню фосфорної кислоти у вигляді двокальцієвого фосфату і одержанню високопроцентного продукту.

Якщо для екстрагування користуються сірчаною кислотою, то фосфорит повинен бути обов'язково добре розмелений, і екстрагування відбувається при перемішуванні, інакше гіпс, який відкладається на поверхні грудочок фосфориту, заважає кислоті проходити вглиб, і тоді розчинення буде неповне. Якщо беруть соляну кислоту, то розмелення не відіграє такої ролі, бо побічний продукт реакції, CaCl_2 , добре розчиняється у воді.

¹ Від латинського *praecipitare*, французького *précipiter* — осаджувати.

Розчин далі відфільтровують від нерозчиненого залишку, в якому містяться часточки піску або глини, а також гіпс (у випадку H_2SO_4) і осаджують вапняним молоком¹. При чому кількість $Ca(OH)_2$ регулюють так, щоб одержати по змозі дифосфат формули $CaHPO_4$ (не рахуючи кристалізації води):



Осад відокремлюють від рідини (якщо застосовано соляну кислоту, то в осаді залишається $CaCl_2$, який через його малощільність не використовується) і обережно сушать, щоб зберегти властивість свіжоосадженого фосфату (не усунути кристалізаційної води).

Преципітат може містити 30—35% (і більше) фосфорної кислоти. Головною частиною його є двозаміщений фосфат $CaHPO_4 \cdot H_2O$, хоча і нерозчинений в амоній-цитронаті і засвоюваний рослинами. Введення зайвої кількості вапна має наслідком утворення трикальцієвого фосфату $Ca_3(PO_4)_2$, який, правда, дуже відрізняється своїми властивостями від фосфориту і в свіжоосадженому стані (коли в ньому є кристалізаційна вода) значною мірою розчиняється в амоній цитронаті. Та все ж усяке перевищення норми вапна поверх кількості, необхідної на утворення дифосфату зв'язане з зменшенням процента P_2O_5 , а також його „лимонно-розчинності“.

Крім кількості вапна і швидкості застосування вапняного молока, властивості продукту залежать ще від температури осадження і температури сушіння. Преципітати, які є в продажу, нерівноцінні, тому багато дослідів з преципітатами невідомого походження давали результати, яких не можна узагальнювати.

З ряду міркувань зручно сполучати в одному місці виробництво подвійного суперфосфату і преципітату, бо тоді є можливість випаровувати тільки багатші витяжки (зокрема витяжки, одержані методичним, тобто повторним вимиванням за системою протитечії, як вимивають бурякову січку у дифузорах на цукроварнях), а дедалі слабші розчини, розведені промивними водами, преципітувати. Тоді одержується велика економія на паливі при максимальній утилізації R_2O_3 фосфориту.

Крім виготовлення збагачених продуктів способом спеціальної витрати на екстракцію сірчаної (іноді соляної) кислоти, іноді можна комбінувати це виробництво з іншими, так, щоб не витрачати знову кислоти. Відзначимо кілька таких випадків.

1) На деяких хемічних заводах одержують сірчану кислоту у вигляді відходів; вона досить міцна і цілком придатна на переробку фосфатів різними способами. Далі, на порохових заводах великими кількостями скупчується малоцінний бісульфат ($NaHSO_4$), який утворює великі поклади, що розмиваються дощем (від чого псується часом вода найближчих водоймищ). Автором було запропоновано використати бісульфат на виготовлення преципітату, що й було потім досягнуто в роботах, проведених у нашій лабораторії. Вияснилося що, коли фосфорит обробляти міцним розчином бісульфату і потім підсохлу суміш через кілька днів обробляти водою, то вдається екстрагувати фосфорит 96—99% від усієї фосфорної кислоти. Потім преципітування йде як звичайно з допо-

¹ Або дрібно розмеленою крейдою.

могою $\text{Ca}(\text{OH})_2$, при чому в розчині залишається нейтральний NaSO_4 , який виходить у стічні води.

2) Другий випадок, коли виробництво осадженого фосфату було б доречне і здійснимо без особливих витрат на кислоту, — це при виробництві „норвезької“ селітри $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (було запропоновано автором 1908 р.). Відомо, що при цьому HNO_3 нейтралізується CaCO_3 і розчин згущується до кристалізації $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Таким способом даремно витрачається енергія кислоти, яку можна було б використати так: розчин азотної кислоти йде спочатку на розклад фосфориту; витяжка, що містить фосфорну кислоту і $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, по відокремленні від нерозчиненого залишку осаджується вапняним молоком. Осаджений фосфат відокремлюється від розчину $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, тоді останній згущується і дає продукт — норвезьку селітру, який йде в продаж. Тепер, коли є дешевий аміак, можна осаджувати ним, при чому в розчині утворюється суміш $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ і NH_4NO_3 (до цього способу ми ще вернемося далі).

3) Якщо є водяна сила, то преципітат можна виготовити без постійної витрати на це будьякої кислоти. При цьому користуються електролітичним способом Пальмера, а саме, електролізують розчин натрій-перхлоратом (NaClO_4) в особливому апараті, при чому в анодному відділі утворюється кислота (HClO_4); а в катодному розчин стає лужним (утворення NaOH); кислоту рідину з анодного відділу проводять через батарею дерев'яних ящиків, наповнених фосфоритом, який має бути вилужений (система проти течії). Насичений фосфорною кислотою (з вмістом, крім того, $\text{Ca}(\text{ClO}_4)_2$), розчин йде назустріч катодній (лужній) рідині, кількість якої регулюють так, щоб при змішанні утворилася лише слаболужна реакція. Тоді випадає в осад вся фосфорна кислота у вигляді білого дрібнокристалічного осаду двокальцієвого фосфату (преципітату); осад відокремлюють, промивають і сушать, а розчин з вмістом $\frac{1}{3}$ кальцію, взятого фосфатом у вигляді $\text{Ca}(\text{ClO}_4)_2$, змішують з залишком катодної рідини, при чому випадає більшість вапна у вигляді $\text{Ca}(\text{OH})_2$ частину, що залишилася, усувають введенням CO_2 , а в розчині регенерується (NaClO_4 , який і повертається знову в апарат. Отже, в цьому витонченому способі тільки електрична енергія витрачається на те, щоб відняти один атом Ca від $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, замінити його воднем води і перетворити на CaHPO_4 , а віднятий Ca залишити в сполучі з двома гідроксилами. Фосфат Пальмера відзначається високою розчинністю в амоній-цитраті і засвоюваністю.

Добре виготовуваний преципітат діянням близький до суперфосфату, тим більше, що суперфосфат, внесений в ґрунт, реагує і з вуглекислим і з увібраним кальцієм і однаково дає той самий CaHPO_4 , який міститься в преципітаті. Певна різниця на користь суперфосфату може створитися в наслідок того, що CaHPO_4 виділяється в самому ґрунті в міру пересування розчинного P_2O_5 з ґрунтовою всогою, тому фосфат краще розподіляється, ніж коли вноситься готовий CaHPO_4 . Але, якщо подбати про гарне змішання з ґрунтом, то діяння преципітату і суперфосфату вирівнюється, а на ґрунтах ненасичених, різниця може навіть утворюватися на користь преципітату, бо при ньому уникають всякого підкислення розчину; щождо піскових ґрунтів у вологому кліматі, то там відпадає небезпека вимивання, зв'язана з внесенням розчинних форм P_2O_5 . Так само при місцевому удобренні (наприклад, під бульби картоплі) преципітат безпечніший від суперфосфату.

В результаті преципітат, що на півночі трохи кращий, а на півдні трохи гірший суперфосфату (у зв'язку з сказаними про розподіл), близький до рівноцінності з суперфосфатом (крім випадків неправильного виготовлення, наприклад, сушіння при підвищенні температури).

У працях НІУ знаходимо такі дані (в процентах) щодо приросту врожаїв від преципітату і суперфосфату для різних ґрунтових зон (на фоні амоній-сульфату і калійної солі¹).

	Підзоли	Сірі ліс-кові суг-линки	Чорноземи		
			Деградо-вані	Багаті	Звичайні
Суперфосфат	23	70	58	19	24
Преципітат	32	62	65	17	18
Фон (NK)	22	48	23	8	2

Отже, на фоні $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ преципітат кращий суперфосфату на підзолах і деградованих чорноземах, а посередині чорноземної смуги приципітат трохи гірший суперфосфату.

При дослідях на лесових ґрунтах (в сіроземах) з бавовником одержано такі порівняльні результати (Каунчінська дослідна станція).

	Суперфос-фат	Преципі-тат	Фосфорит
Приріст урожаю (в кг) (Бавовна - сирець) те	411	419	273
саме в %	24,2	24,5	16,9

Але для остаточного встановлення середнього співвідношення не вистачає багаторічних даних.

(Крім того, див. дані географічної сітки НІУ нижче, стор. 195).

5. ТОМАСШЛАК

Це фосфорне добриво одержують у вигляді покиді при переробці чавуну на залізо і сталь. При цьому утворюється шлак, досить багатий на фосфор, від якого намагаються звільнити сталь і залізо, як від шкідливої домішки.

Річ у тім, що залізні руди звичайно містять P_2O_5 , що при витопленні чавуну відновлюється в Р. Через присутність великої кількості останнього неможливо одержувати сталь і залізо належної якості. Для процесу бесемекування до 80-х років вживалося чавун, що містить не більше 0,1% фосфору і 0,5% сірки; але 1879 р. Томас зробив можливою переробку чавуну, що має велику кількість Р, ввівши „основний процес“ („тома-совуння“) відмінно від колишнього „кислого“ (в розумінні зайвину SiO_2) бесемекування.

Попутно цей процес дав сільському господарству велике і добре використовуване джерело P_2O_5 , як це й передбачив Томас².

¹ Загальні середні для дослідів з різними рослинами.

² „Your enemy, our friend „Phosphorus“, тобто „ваш (металургів) ворог, наш (хліборобів) друг—фосфор“,—ці слова Томаса вказують, що він передбачав подвійне значення свого відкриття.

У цьому зміненому процесі бесімерування реторта („конвертер“), в якій топиться чавун, має внутрішню обкладку з доломітового вапняку, крім того, до стоплюваного металу додають вапно (CaO) для зв'язування P₂O₅, що утворюється при окисації фосфору.

Процес окисації відбувається при вдуванні повітря. Спочатку окисується Si, потім Mn, C, а при 1800—2000° P згорає в P₂O₅, який з CaO утворює вапняну сіль, що спливає на поверхню у вигляді шлаку разом з силікатним Ca та іншими домішками. При нахиленні конвертера шлак стікає і, охолоджуючись, дає чорну кристалічну пористу масу. Про результати процесу можна мати уявлення з таких цифр:

	C	Si	Mn	P	S
Чавун містив до топлення . . .	3 ⁰ / ₀	1,3 ⁰ / ₀	1,5 ⁰ / ₀	2,5 ⁰ / ₀	0,2 ⁰ / ₀
Сталь з цього чавуну містила . .	0,4 ⁰ / ₀	сліди	0,76 ⁰ / ₀	0,02 ⁰ / ₀	0,03 ⁰ / ₀

Одержаний в даному випадку шлак містив (у процентах):

SiO ₂	12
Оксиди Fe і Mn	11
P ₂ O ₅	16
CaO та Mg	54

Склад шлаку змінюється залежно від складу чавуну від кількості вапна, домішки до нього та MgO і деяких інших обставин. Коливання можливі в таких межах (у процентах):

P ₂ O ₅	16—20	MnO	5—6
CaO	45—55	SiO ₂	6—8
MgO	2—4	Al ₂ O ₃	1—2
Fe [оксид (II) та оксид (III)]	12—16		

Несподівано виявилось, що в томасшлаку фосфорна кислота легко засвоювана. Кажемо „несподівано“, бо це добриво утворюється при дуже високій температурі і при наявності зайвину вапна, отже можна було сподіватися утворення трикальцієвого фосфату, який в прожареному стані відзначається поганою засвоюваністю.

Тому перші досліди застосування томасшлаку (в 1884-85 рр.), були в Німеччині поставлені на кислих ґрунтах. Виявилось, що це добриво на торфових ґрунтах цілком замінює суперфосфат і преципітат, але потім були одержані добрі результати і на інших ґрунтах, хоча часто на інших ґрунтах для того самого ефекту з суперфосфатом треба було вносити шлаку в півтора раза більше. Однак на піскових і торфових ґрунтах навіть рівні кількості можуть давати такий самий або навіть більший ефект. Так, при дослідях на бідному пісковому ґрунті під Парижем, Грандо одержав такі результати:

	Картоплі	Пшениці
Азот і калій без P_2O_5	8830 кг/га	24 кг/га
N, K і суперфосфат	26210 "	44 "
Преципітат	23260 "	43 "
Томасшлак (а)	2788 "	43 "
Томашлак (б)	20230 "	40 "

Більший ефект шлаку проти суперфосфату на піщовому ґрунті пояснюється тим, що такий ґрунт не має достатньо вапна для нейтралізації гідрофосфату, тому останній не може перейти в напіврозчинну форму і вимивається або в наслідок кислої реакції несприятливо діє на корені і тим знижує ефект добрива. А томасшлак не має кислої реакції і не виноситься даремно ґрунтовою водою.

Розчинність P_2O_5 томасшлаку в амоній-цитронаті, у воді з вуглекислою і в уквусній кислоті досить велика. Так, слаба уквусна кислота за 72 години з 100 ч. P_2O_5 розчинила:

у томасшлаку (а)	58%
" (б)	51%
" (с)	36%

у фосфоритах різного походження 6—10,9%.

Оцінюючи томасшлак, звертають увагу: 1) на вміст P_2O_5 ; 2) на ступінь розмолу (чим дрібніший тим кращий), більшість часточок шлаку повинні проходити крізь сито № 100, діаметр отвірів якого дорівнює приблизно 0,17 мм; 3) на розчинність шлаку в амоній-цитронаті або 2-хпроцентній лимонній кислоті; ця розчинність коливається в різних шлаків у широких межах від 8 до 22% P_2O_5 (в процентах від наважки) або від 39 до 93% від усієї P_2O_5 , а іноді навіть більше.

Взагалі томасшлак різного походження не являє собою однорідного розчинністю і ефектом діяння добрива.

Деякі дослідники, наприклад, Вагнер, вважають ступінь розчинності шлаку у водному розчині амоній-цитронату за гарний показник ступеня засвоюваності P_2O_5 добрива рослинами. В дослідях Вагнера це підтверджується такою серією відносних чисел:

Розчинність	100	85	81	77	73	76	39	48	42	45	38
Удобрююче діяння	100	80	72	72	66	63	40	38	38	31	30

На підставі своїх дослідів Вагнер вважає за можливе оцінювати шлаки різного походження за показами витяжки амоній-цитронатом або слабим розчином лимонної кислоти (тепер прийнято останнє).

Але не всі дослідники цілком згодні з таким методом оцінки. Наприклад, Грандо вказував, що лише при різких різницях в розчинності фосфатів спостерігаються відповідні різниці і в урожаєх, повного ж паралелізму не спостерігається. Ось цифри для одного дослідіу Грандо:

Розчинність (% від усього P_2O_5)	90	60	56	37
* Приріст урожаю квасолі	100	63	65	67
" у картоплі	100	82	75	64

Але, очевидно, що, наприклад, градація за розчинністю P_2O_5 різних шлаків, яка збігається (припустімо) з засвоюваністю для хлібів, не виявить цього збігу

для люпину, гречки тощо. Цього раніше не брали до уваги. Ще більше впливає ґрунт, так, на торфянистих ґрунтах ефект вищий, ніж розчинність у 2-процентній лимонній кислоті. Вельми можливо, що коли б ці умови було взято до уваги, то деякі випадки незбігу можна було б пояснити. В усякому разі визначення розчинності P_2O_5 шлаку дозволяє поділити шлаки хоча б на дві групи — легкорозчинних і важкорозчинних; далі в умовах Західної Європи воно має практичне значення як показник ступеня чистоти шлаку, визначенням якого не можна нехтувати, бо на Заході іноді трапляється фальсифікація томасшлаку способом домішування до нього фосфориту, що його P_2O_5 є малорозчинним в амоній-цитронаті (при цьому, щоб надати фальсифікованому матеріалові чорного кольору шлаку, його змішують з вугіллям або з шлаками, які не мають цінності).

Найближча причина різного ставлення до розчинників є в тому, що в томасшлаку ми маємо справу не з одним якимнебудь фосфатом, а з сумішшю сполук більш розчинних і менш розчинних, при чому в різних зразках ці два види сполук мають різні співвідношення. Не зважаючи на зайвину кальцію, більш розчинна частина властивостями і засвоюваністю нагадує преципітат $(CaHPO_4)$, а саме: вона легко піддається діянню амоній-цитронату і 2-процентної лимонної кислоти; друга ж частина, подібна до апатиту, надзвичайно важко піддається діянню цих розчинів і розкладається тільки сильними кислотами.

Щодо легкорозчинної частини, то гадають, що для томасшлаку характерний вміст особливої сполуки з зайвиною CaO проти P_2O_5 , саме тетракальцієвого фосфату $4CaO \cdot P_2O_5 = Ca_4P_2O_9$, який не буває в фосфоритах і апатитах, але який властивий термофосфатам, тобто фосфатам, одержуваним при високих температурах і зайвині основ. У цій сполуці на ту саму кількість P_2O_5 припадає не три атоми кальцію, а чотири, що пояснюють так: це — сполука не звичайної три-

— OH
— OH
— OH

основної фосфорної кислоти, будова якої зображається формулою $O = P - OH$ і яка може зв'язати тільки три атоми кальцію — це вапняна сіль діфосфорної ки-

слоти такої будови: $O \begin{cases} P(OH)_4 \\ P(OH)_4 \end{cases}$

Дотикаючися з водою при внесенні в ґрунт, тетракальцієвий фосфат мусить розпадатись, відщеплюючи зайвину CaO (який вбирається водою) і створюючи свіжоосаджений трикальцієвий фосфат, який містить кристалізаційну воду і добре засвоюється рослинами (протилежно безводному трикальцієвому фосфатові, який відзначається поганою засвоюваністю).

Але крім того, в томасшлаку є ще подвійні сполуки кальцій-фосфату і кальцій-силікату, які відзначаються також доброю розчинністю в лимонній кислоті і амоній-цитронаті, як і тетракальцієвий фосфат¹.

Щоб в'яснити найближчий склад томасшлаку, вважалися до методу розпідлу кристалів повільно охолодженого шлаку з допомогою важких рідин різної питомої ваги. Деякі автори при цьому спостерігали такі три види кристалів: 1) мінерал ризьбічної системи жовтого кольору — тетракальцієвий фосфат; розчинність в амоній-цитронаті — 88%, 2) мінерал синього кольору моноклінічної системи — подвійна сіль силікатної і фосфорної кислоти, складу $4Ca_3(PO_4)_2 + 3Ca_2SiO_5$ (розчинність близько 85%), 3) кристали гексагональної системи, які нагадують апатит (склад не цілком визначено через трудність виділення), розчинність низька.

Ці дослідження дали можливість установити зв'язок розчинності P_2O_5 у томасшлаку з наявністю кристалів першого і другого ряду, при чому виявилось можливим штучно збільшити кількість кристалів другого типу за рахунок третього (важкорозчинного), вводячи силікатну кислоту (кварц) в гарячий шлак, чим і почали користуватися на практиці, щоб підвищити якості шлаку. Навпаки, присутність втору несприятливо діє на розчинність P_2O_5 у шлаках. Запевняють, що 8 частин CaF_2 досить для того, щоб зробити нерозчинними 100 ч. $Ca_3(PO_4)_2$ в наслідок утворення $CaF \cdot 3Ca_3(PO_4)_2$.

¹ Деякі автори не відокремлюють тетракальцієвий фосфат з загального вапняно-силікатно-фосфатного комплексу, надаючи останньому формулу $5CaO \cdot FeO \cdot SiO_2 \cdot P_2O_5$, при чому частково Ca і Fe можуть замінюватися ще іншими основами.

Через різну розчинність шлаків різного походження неможливо дати загальний коефіцієнт для порівняння діяння шлаку з суперфосфатом. І, крім того, чим кисліший ґрунт і чим менша його вбирна здатність, тим цей коефіцієнт більший, а на бідних підзолах і мохових торф'яниках часто спостерігається і абсолютна перевага діяння шлаку над діянням суперфосфату. Те саме спостерігається дуже часто при удобрюванні північних лук, ґрунт яких відзначається часто кислими властивостями (порівняння томасшлаку з іншими добривами за даними НІУ подано далі).

Значення томасшлаку в різних країнах вельми різне, бо виробництво його не можна організувати на замовлення, а в залежності від характеру залізних руд і розвитку металургії одержується та чи та кількість його, незалежно від структури сільського господарства даної країни. Щоб порівняти відносне значення шлаків і суперфосфатів, наведемо далші дані про застосування того і того в 1928 р. (в тисячах тонн).

	Суперфосфат	Томасшлак
Сполучені Штати	4072	18
Франція	2013	737
Франція в 1913 р.	1935	—
Італія	1312	105
Німеччина	750	2467
Німеччина в 1913 р.	1637	2419
Іспанія	663	47
Польща	208	277
Чехословаччина	249	178
Голландія	761	442
Японія	871	—
Англія	43	309
Всі країни разом	12500	5080

Як бачимо, найбільшу кількість шлаку застосовує Німеччина, і через те, що після війни їй важко діставати сировину для суперфосфату, то частка суперфосфату в постачанні Німеччині зменшилася, а тому частка томасшлаку відносно збільшилася так, що на шлак припадає близько 77%, а на P_2O_5 шлаку — близько 80% від усього постачання країні фосфату. Франція, яка після війни одержала руди Лотарінгії, стала на друге місце щодо застосування шлаку, не зменшуючи застосування суперфосфату. У світовому застосуванні фосфатів на томасшлак припадає близько 29%, на суперфосфат — 71%.

У нас є значні можливості одержувати в майбутньому томасшлак в міру розвитку металургії напрямком переробки фосфористих руд, головні родовища яких містяться на Керченському півострові. До них прилягають Томанське, Хоперське і Липецьке родовища (є вказівки і на інші родовища, які ближче ще не досліджено). Кількість шлаку залежатиме від того, наскільки в металургії будуть використані фосфористі руди. Чим більше буде дано томасшлаку, то тим менше потрібно буде сірчаної кислоти на суперфосфатне виробництво, і тим менш буде завантажений транспорт перевозками хібіньської сировини. Покищо

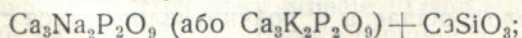
є керченський завод, здатний давати близько 100.000 т шлаку на рік, і ухвалено будувати далеко більший завод у Маріуполі (Озівсталь), який має давати близько 1 млн. т шлаку.

Крім томасшлаку, є ще деякі види шлаків, що не такі багаті на фосфор, але можуть бути використані для місцевого вжитку; такими є мартенівські шлаки (якщо їх одержано при введенні вапна, взагалі зайвини основ). „Мартенування“ відрізняється від „томасування“ (і бессемерування) тим, що при ньому одержують сталь з чавуну (тобто зменшують процент вуглецю) не так окисацією, як стопленням чавуну з залізом. Шлак при цьому виходить, взагалі кажучи, низькопроцентний, але певними способами можна сконцентрувати фосфор в одній частині шлаку, і цю частину продавати на удобрення. А саме рекомендується „проводити роботу в двох мартенівських печах з основним подом, при чому в першу вносити трохи вапна, не добиваючися цілковитої дефосфорації, а в другій печі закінчувати дефосфорацію при зайвині вапна. Тоді в першій печі утворюватиметься шлак з значним вмістом фосфору“ (Любавін, технічна хемія). Засвоюваність P_2O_5 у зразках мартенівських шлаків з Уралу за нашими попередніми дослідями виявилось досить доброю, а зважаючи на те, що для підзолистих ґрунтів Уральської області потрібне також і вапно, то застосуванням низькопроцентних шлаків, крім збагачення ґрунту на фосфор, можна замінити ще й вапнування.

6. ТЕРМІЧНА ПЕРЕРОБКА ФОСФАТІВ

На прикладі томасшлаку ми бачили, що „напіврозчинні“ фосфати значної засвоюваності можуть утворюватися навіть при високих температурах при зайвині основ; це пояснюється нестійкістю особливих сполук, які при цьому утворюються і від діяння води переходять з відщепленням зайвини вапна в солі звичайної (триосновної) фосфорної кислоти, а останні у свіжоосадженому стані відзначаються доброю засвоюваністю.

Звідси можливість штучного наслідування цього процесу способом стоплення (спікання) фосфоритів (або апатиту) з лугами. При цьому, очевидно, утворюються також сполуки, подібні до тетракальцієвого фосфату, але з заміщенням частини кальцію лугами, при одночасній участі кальцій-силікату, за типом:



продукти, одержувані при цьому, звуться термофосфатами.

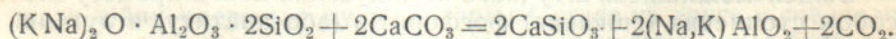
Найпевніші результати одержується при стоплюванні з зуглекислими лугами. Не розглядаючи тут випадків застосування таких способів за кордоном, відзначимо, що з нашою сировиною перші досліді було проведено в лабораторії автора (починаючи з 1908 р.). Ці досліді показали, що, наприклад, костромські фосфорити при стопленні з 25—50% соди дають продукт з 22—25% P_2O_5 , з яких від 74—98% розчиняється в амоній-цитронаті. При стопленні вятського фосфориту з золою соняшника,

яка багата на K_2CO_3 , було одержано калійно-фосфатне добриво (19% K_2O і 17% P_2O_5 , з них 85% лимонно-розчинні).

При цьому способі переробки загальний вміст P_2O_5 не так зменшується, як у суперфосфатному виробництві, поперше, тому, що соди беруть менше, ніж сірчаної кислоти, подруге ж, тому, що при стопленні до певної міри зменшується вага, бо виділюється CO_2 , витискувана силікатною кислотою (звичайно фосфорити містять SiO_2 у вигляді кварцу). Тому стопленням можна переробляти і не таку високопроцентну сировину (наприклад, 20—23% P_2O_5), а крім того, таким способом можна переробляти і ті фосфорити, в яких надто мало заліза і глинозему, щоб з них готувати суперфосфат.

У нас найбільшим джерелом сировини для виготовлення термофосфатів є, як і для суперфосфатного виробництва, хібінська апатитово-нефелінова порода, але в тих її відмінах, які не такі багаті на P_2O_5 , щоб з них виробляти суперфосфат. Крім попередніх дослідів, проведених у нашій лабораторії, процес розкладу апатиту содою (при різній участі нефеліну в породі) детальніше було проведено в НІУ, при чому встановлено, що залежно від вихідної матеріалу можна одержати термофосфати з 16—29% лимоннорозчинного P_2O_5 (90—98% розчинності всієї P_2O_5).

На виготовлення термофосфатів потрібна сода, виробництво якої у нас поки ще недосить розвинене, тому вельми цікавими є способи використання лугів, які містяться в нефеліні („нефелінові“ хвости одержується у Хібіногорську при збагаченні породи на апатит, крім того поблизу є цілі гори нефелінових порід, в яких немає апатиту). Крім використання лугів нефеліну способом введення його в суміш (з додаванням $CaCO_3$) передбачається можливість одержати з нефеліну „відхідні луги“ під час процесу виділення глинозему (щоб одержати металевий алюміній). Саме при нагріванні нефеліну з $CaCO_3$, кальцій відбирає силікатну кислоту, а луги сполучаються з алюмінієм, даючи алюмінати калію і натрію:



При обробці водою в розчин переходять алюмінати; їх розкладають вуглекислою (яка є тут же); глинозем, що йде на алюмінієвий завод, осідає, а в розчині залишається суміш Na_2CO_3 і K_2CO_3 . Згущуючи розчин (виморожуванням і випаруванням), можна далі, не розподіляючи суміші, вживати вуглекислі луги на виготовлення термофосфатів.

Крім нагрівання з $CaCO_3$, є інший спосіб виділяти Al_2O_3 , а саме, з допомогою гасу сульфід-ангідриду, при якому відходом будуть не вуглекислі луги, а сульфідні, які також можна використати на виготовлення термофосфатів. Термофосфати для кислих ґрунтів нашої півночі будуть відповіднішим добривом, ніж суперфосфат. Крім фосфору, в них буде певна кількість калію, і виробництво їх разом з тим дасть можливість розв'язати зав-

дання щодо постачання півночі засвоєваних фосфатів, без нових затрат на виробництво сірчаної кислоти.

Крім стоплення з содою, є способи, в яких застосовують Na_2SO_4 або NaHSO_4 . Але тому, що при цьому вводять вугілля, то кінець-кінцем, справа зводиться також до утворення Na_2CO_3 під час самого процесу стоплення.

Якщо на суміш фосфатів з вугіллям діють з високими температурами в кислому середовищі (зайвина SiO_2), то процес набуває зовсім іншого напрямку. При високих температурах силікатна кислота витискує фосфору, під впливом вугілля вона відновлюється до вільного фосфору, який переганяють і вловлюють або як такий, або оксидують і вловлюють водою (виробництво фосфорної кислоти), або ще продукти оксидації вловлюють крейдою. Так одержують фосфорні добрива високої концентрації (потрійний суперфосфат¹, або „гіперфосфат“, і подібні до нього продукти). Це здійснюється в електричних печах (електрична термосублімація), а, крім того, ведуться дослідні над сублімацією фосфору в доменних печах (спосіб Брицке), при сприятливому результаті яких можна було б з низькопроцентного курського самороду одержувати найбільш високопроцентні фосфати для застосування в цукробуряковому районі, щоб не транспортувати апатитового концентрату з за полярного кола на Україну. Для електросублімації тепер збудовано дослідний завод у Хібіногорському, потім має бути створено великий завод у Кандалакші, де буде використано енергію річки Ніви. Отже, Північний комбінат в його трьох ланках (Хібіни, Монча—Тундра, Кандалакша) може давати не тільки апатитовий концентрат суперфосфатним заводам півдня і термофосфати на удобрення ґрунтів півночі, а ще й „надфосфати“ для далекого транспорту (Сибір, Далекий Схід) та експорту; він таки буде джерелом лугів (у зв'язку з одержанням металевого алюмінію і нефеліну (та сірки) у зв'язку з переробкою залізних руд Монча—Тундри), не кажучи вже про ряд інших цінних копалин, що не мають безпосереднього відношення до виробництва мінеральних добрив.

7. КІСТЯНА МУКА

Кістки—це теж досить значне джерело фосфорної кислоти для сільського господарства. Розмелена кістка була одним з перших (коли не ненайпершим) продажним концентрованим добривом, хоча лише 1769 року Scheele і Gahn відкрили фосфор у кістках, але китайці ще за кілька сторіччів до цього використовували кістки як добриво.

В Європі 1775 р. James Hunter (Лінкольншір) рекомендував удобрювати кістками. Перші фабрики для переробки кісток на добриво виникли в Шотландії, потім в Англії, при чому Англія, збільшуючи попит на кістки, почала ввозити їх з усієї Європи.

¹ Так, при розкладі технічно чистою фосфорною кислотою апатитового концентрату, одержують потрійний суперфосфат з 48—49% воднорозчинного P_2O_5 , а при вловлюванні оксидів фосфору крейдою в дослідах Брицке одержували продукти з вмістом до 60% воднорозчинного P_2O_5 у формі як однокальцієвого фосфату, так часті і вільної H_3PO_4 , в межах збереження продуктом гарних фізичних властивостей,

В 30-х роках з'явився перший млин в Сілезії. Під впливом Лібіха з 1850 р. Німеччина поступінно припинила вивіз кісток до Англії. Мало того, попит на кістки перевищив їх наявність, і Німеччина почала ввозити кістки з Росії.

Кістки складаються з органічних і мінеральних речовин, переважно з $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Ось середній склад кісток (у процентах):

$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	58—62
$\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$	1—2
CaCO_3	6 7
CaF_2	2
Органічні речовини (жир і клей)	26—30
N (клеєві речовини)	4—5

Органічна частина складається, головню, з жиру та осеїну (що дає клей—речовину з 18% N).

Найкращий фосфат, жир і осеїн можна відокремити в кістках так: жир екстрагується бензином (або вуглець-сульфідом, ефіром), зольні речовини розчиняється в кислотах. З кісток можна екстрагувати мінеральні речовини HCl , при цьому залишається м'яка основа кістки з органічної речовини осеїну. Осеїн, розварюючись у воді при нагріванні, дає желатину (клей). Але в житті є різні переходи від застосування кісток цілком, що означає неповне використання їх складових частин, до цілковитого розподілу їх і використання окремо, що дає вищу оплату сировини.

Сирі кістки важко роздрібнити, вони важко розкладаються в ґрунті. Простий, але грубий спосіб одержувати розмелений фосфат полягає в тому, що органічну речовину спалюють, одержуючи кістяну золу.

Для того кістки перепалюють в печах або купях. А іноді кістяну золу одержують попутно. Так, у Південній Америці деревний матеріал—відносно цінний, кісток же одержують багато; тому (за деякими відомостями) іноді там опалюють сухими кістками, при чому одержують дуже багато кістяної золи (Ла-Плата). Проміжним продуктом випалу є кістяне вугілля, застосовуване на цукроварнях для фільтрування і почасти на удобрення. Виявляється, однак, що операція випалювання впливає на якість добрива: засвоюваність P_2O_5 кістяної золи значно менша, ніж у невипаленої кістки. В лимонній кислоті, наприклад, розчинялося P_2O_5 (в процентах):

В кістяній муці	В кістяній золі (з тої таки муки).
17,7	7,2
18,1	8,0
17,8	6,2

З 100 частин P_2O_5 розчинялося (при доброму роздрібненні) з кістяної муки 74—93%, а після озолення 32—43%¹. Звичайно

¹ В одному з наших дослідів прожарювання впливало на засвоюваність фосфату кісток так:

Урожай	
Без P_2O_5	1,24
Кістяна зола	9,26
Кістяна мука	31,14

в кістяному вугіллі розчинність не така низька, як у кістяній золі, та всеж вона нижча, ніж у невипаленої кістки.

При інших способах обробки кісток водночас утилізують азотисті речовини і жири, що містяться в кістках, для чого їх обробляють кип'ячою водою, парою під тиском, екстрагують відповідними розчинниками (бензином та інш.), обробляють кислотами.

Залежно від способу обробки, одержують „сиру розмелену кістку“, „парену“, „обезжирену“, кістяну муку тощо.

Зупинімося трохи на цих підготовчих процесах, щоб скласти уяву про самі продукти.

Екстрагування органічних речовин з кістки, щоб полегшити розмелення, досягається лише почасти варінням роздрібнених кісток у відкритих казанах. При цьому жир впливає на поверхню і його можна використати. Але цього не можна сказати про клей, бо при цьому лише частина осейну переходить у розчин, і цей розчин надто рідкий.

Це велика хиба такого способу. Одержана з такого матеріалу кістяна мука є почасти добривом, бо містить ще 3—4% N.

Лише при обробці парою під тиском осейн повністю переходить у клей; але тільки частина цього клею екстрагується водою, що конденсується на кістках. Якщо кістки після парення прямо розмелюються, то й виходить парена кістяна мука, в якій містяться азотисті речовини.

Коли ж клей екстрагують гарячою водою (повторна обробка за принципом протитечії, подібно дефузорам на цукроварні), то виходить обзклеєна мука, в якій вже мало азоту і тому її часто нижче оцінюють. Однак, треба відзначити, що чим повніше спроваджено клей і жир, тим кістяна мука буде відносно багатша на фосфорну кислоту.

Тепер частіше застосовується для одержання жиру екстракційний спосіб, при якому жир екстрагують бензином. Бензин відганяють і знову вживають на екстракцію. Обезжирені кістки пропарюють, щоб усунути бензин, після чого одержують продукт, подібний до пареної кістки, але з повнішим усуненням жиру, що перешкоджає розкладові кісток у ґрунті, заважаючи змочуванню часточок водою. Виділений жир являє собою цінніший продукт, ніж сама кістяна мука. При якомога повнішому використанні всіх складових частин кісток є можливість організувати виробництво кістяної муки дешевше, ніж коли вона є єдиним продуктом, що йде в продаж.

Для обробки кісток вживають також і хемічні агенти—кислоти і луґи.

Незрідка на кістки, позбавлені попередніми обробками частини органічної речовини, діють сірчаною кислотою, щоб одержати кістяний суперфосфат.

Вважаючи на те, що кістки легко розкладаються сірчаною кислотою, їх можна переробляти навіть на заводах кустарного типу (а через те, що на цілому ряді ґрунтів кістки можна вживати безпосередньо, то правильніше на суперфосфат переро-

бляти фосфорити). Другий тип хемічної переробки кісток зв'язаний з одержанням желатини і преципітату. Для того кістки після попередньої підготовки (екстрагування бензином) обробляють водою з HCl^1 , що екстрагує зольні речовини. М'яка основа кістки складатиметься з осейну, що при нагріванні з водою дає кращі сорти клею (желатину). Солянокислий екстракт нейтралізують $\text{Ca}(\text{OH})_2$ і одержують в осаді CaHPO_4 (преципітат), який звільняють вимиванням від CaCl_2 , що залишається в розчині.

Склад кістяної муки залежить від її походження і способу виготовлення.

Вміст головних складових частин кістки при різній обробці змінюється в таких межах (у процентах):

	N	Жир	P_2O_5
Сира кістка містить	3—5	8—10	15—20
Кістка варена (не під тиском) . . .	3,3—4,3	6—8	18—22
Парена мука	4	4	20—24
Обезклеєна мука	0,7—1,2	1—2	29—34

Енгельгардт та Ільєнков запропонували господарський спосіб обробляти кістки лугами. При обробці кісток KOH в наслідок розчинення клеєвої речовини, структура кістки порушується, і кістка розпадається, при чому трикальцієвий фосфат (хемічно незмінний) одержується в стані рихлої маси, що легко розмелюється в порошок. Але їдкі луги—речовини дорогі і не зовсім зручні для домашнього вжитку, тому рекомендується такий спосіб: у непроникий для води резервуар (діжку або яму, викладену дошками або цеглою) надколюються грубо-роздріблені кістки і пересипаються гашеним вапном. Суміш поливають розчином поташу, реагуючи з яким $\text{Ca}(\text{OH})_2$ звільняє KOH . Суміш час від часу змочують водою і тижнів через 2—3 перекладають так, щоб кістки, які лежать зверху, лягли наспід. Ще через 2—3 тижні одержують м'яку сироподібну масу. На 12 пудів кісток беруть два пуди $\text{Ca}(\text{OH})_2$ і один пуд поташу, розчиненого в 20 відрах води (Енгельгардт).

Рекомендують замість поташу брати золу рослин з відповідним вмістом вуглекислих лугів. Вважають, що березової золи треба брати кількістю, що приблизно дорівнює вагою масі кісток, а гречкової — 75% від ваги кісток. Вапно беруть в такому самому відношенні, як сказано попередю. Якщо в золі поташу мало (зола хвойних), то розклад не відбувається. Можна значно пришвидшити розклад, якщо суміш з кісток, поташу і вапна варити в казані протягом 3—4 годин.

З приводу питання про значення кістяної муки, як добрива, висловлювано вельми суперечні думки, це залежить від того, що фосфат кісток дуже чутливий до умов розчинення його в ґрунті. Тут ми маємо справу з модифікацією трикальцієвого фосфату, який далеко легше піддається діянню розчинників, ніж апатит і фосфорити, але розчинність фосфату кісток зменшується в присутності CaCO_3 . Тому ті дослідники, які вважали за потрібне перед внесенням добрив вносити вапно (що до речі при внесенні розчинних солей на ненасичених ґрунтах) одержували для кістяної муки незмінно погані результати. При наших дослідах, проведених в піскових культурах (щоб усунути розчинний

¹ Відмінно від преципітатного виробництва з фосфоритів, де можна брати сірчану кислоту, тут обов'язково потрібна соляна, бо при діянні на нерозмелені кістки сірчаної кислоти утворювалася б гіпсова корка, що заважає кислоті проходити вглиб, та й осейн був би забруднений відкладом у ньому гіпсу.

вплив ґрунту), внесення CaCO_3 дозами від 0,3 до 1% від ваги піску, позначалося на діянні кістяної муки так:

	Розчинений фосфат	Кістяна мука CaCO_3			Без фосфору
		0%	0,3%	1%	
Урожаї вівса (в г) . . .	19,2	8,3	3,9	1,7	0,9

Бувши чутливою до переважного впливу вапна кістяна мука водночас надзвичайно чутлива і до протилежних впливів. Так, у нейтральному середовищі (чистий пісок) перехід від одного джерела азоту до другого різко позначається на поведінці кістяної муки.

	Без фосфору	Кістяна мука		Розчинний фосфат	
		$\text{Ca}(\text{N}_3\text{O}_2)_2$	NH_4NO_3	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	NH_4NO_3
Урожай вівса (в г)	1,67	3,3	36,2	36,0	23,6

(Див. рисунок 18).

У польовій обстановці головна роль належить ґрунті. Кістяну муку не треба застосовувати на ґрунтах, багатих на вапно, на ґрунтах же навіть слабої кислотності вона добре діє. Так вияснилися попередні суперечності, які виявилися не тільки в даних дослідах різних авторів, а й в таких фактах, наприклад, що в одній з провінцій Швеції селяни здавна дуже цікавилися кістяною мукою, а в другій зовсім не хотіли її брати. Причина була в тому, що в першому випадку ґрунти утворилися на гранітних породах, де немає вапна, а в другому — на вапняках. Відповідно до цього у нас сприятливі для застосування кістяної муки умови в районі подзолистих ґрунтів і деградованих чорноземів, — південніше ж не тільки суперфосфат і преципітат, а й томасшлак матимуть перевагу перед кістяною мукою, бо ці фосфати не так чутливі до присутності CaCO_3 в ґрунті, як кістяна і фосфоритна мука.

Дані дослідів географічної сітки НІУ, в яких порівнюється діяння кістяної муки з іншими фосфатами на фоні $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ і NaNO_3 подано далі (стор. 197).

8. ПРО ПОРІВНЯЛЬНЕ ЗНАЧЕННЯ РІЗНИХ ФОСФАТІВ, ЯКІ ПОСТАЧАЄ ПРОМИСЛОВІСТЬ І ПРО УМОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ФОСФОРИТНОЇ МУКИ

Всю різноманітність форм фосфатів, що їх ми знаходимо в добривах, можна звести до 3 груп, за їх ставленням до розчинників, хоча вони й складаються іноді з неоднорідних з інших поглядів фосфатів.

1. Розчинні фосфати (мається на увазі розчинність у воді): сюди належить типова складова частина суперфосфату як простого, так і подвійного, кислий, однозаміщений фосфат $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ (звичайно, розчинна у воді і вільна H_3PO_4 , що невеликими кількостями буває в суперфосфатах). Ці форми цілком засвоюються рослинами, бо вони в ґрунті не переходять частково у сполуку з залізом і зазнають вторичних змін.



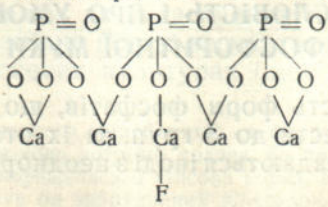
Рис. 18. Вплив джерела азоту на використання фосфату кісток (підкормові культури)

2. Напіврозчинні фосфати, тобто такі, що розчиняються в амоній-цитронаті (так званий реактив Петермана) і засвоюються рослинами в міру цієї розчинності. Сюди належать два типи сполук: а) двозаміщений, або двокальцієвий фосфат $\text{Ca}_2\text{H}_2(\text{PO}_4)_2$ або CaHPO_4 , головна складова частина преципітату, яка цілком розчиняється в реактиві Петермана, (при правильному виготовленні); б) тетракальцієвий фосфат томаслаку (і штучних тетрафосфатів) і ті подвійні сполуки з силікатною кислотою, від присутності яких залежить частка „лимонно-розчиненого“ P_2O_5 в шлаках і тетрафосфатах.

3. Фосфати, нерозчинні ні в воді, ні в амоній-цитронаті і не засвоювані безпосередньо або погано засвоювані головними рослинами польової культури (зерновими хлібами). Сюди належать безводний, наприклад, прожарений трикальцієвий фосфат¹, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, фосфат кісток, особливо ж комплексні сполуки, в які входить, крім трикальцієвого фосфату, ще кальцій-флуорид CaF_2 , це так зване апатитове ядро², що буває не тільки в самих апатитах, а й у фосфоритах у різних модифікаціях. Такі фосфати можна перевести у засвоювані для цих рослин сполуки (1-а і 2-а групи) під дією сильних кислот (але фосфат кісток

¹ Свіжий трикальцієвий фосфат, приготований в лабораторії, в якому є кристалізаційна вода, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, дуже відрізняється від фосфату кісток (і тим більше фосфоритів) розчинністю в амоній-цитронаті і засвоюваністю, але при прожарюванні він втрачає ці властивості.

² Щодо будови апатитового ядра, то вона являє собою таку формулу:



при цьому розкладається значно легше, ніж фосфорити і апатити).

З приводу питання про безпосереднє використання фосфоритної муки на удобрення є чимало суперечностей. Так, з одного боку, в Німеччині дійшли висновку, що для більшості ґрунтів „пора перестати вважати фосфорити за добриво, бо

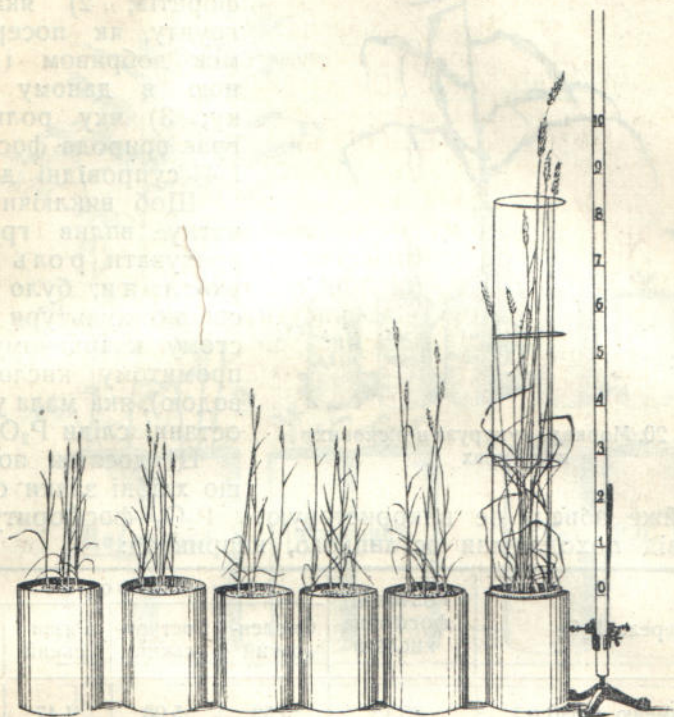


Рис. 19. Дослід з пшеницею (піскові культури)

вони являють собою лише сирий матеріал для виготовлення фосфатних добрив“; але, подруге, у Франції ще в 60-х роках фосфорити використовувалося успішно для корінного поліпшення вересових пустирів у Бретані (landes), правда, вносячи їх дуже великими кількостями. У нас ще 60-х років, незабаром після того, як Енгельгардт і Ермолов описали курські фосфорити, спробували були молоти їх на добриво, але без результату. Те саме було з подільськими фосфоритами, але 80-х років Енгельгардт успішно застосував смоленські фосфорити. Однак, тоді було зовсім неясно, в чому була причина цієї різниці: чи в одмінності клімату між Смоленськом і Курськом (різна кількість розчинника — води), чи в одмінності ґрунтів або властивостей фосфоритів; хоча було проведено багато польових дослідів, але досить безсистемно, і коли 1895 року було видано великий том зведення цих дослідів, певних висновків не вдалося зробити ¹.

¹ Труды комиссии по отделу искусственных удобрений ИМОСХ 1895 г., под редакцией Яновского.

З 1896 року було розпочато вегетаційні дослід з фосфоритного питання автором цієї книги, щоб розчленити його на окремі частини, а саме:



Рис. 20. Морква і кукуруза в піскових культурах

- 1) Як ставляться рослини самі собою до фосфоритів;
- 2) яка роль ґрунту, як посередника між добривом і рослиною в даному випадку;
- 3) яку роль відіграє природа фосфориту і
- 4) супровідні добрива.

Щоб виключити спочатку вплив ґрунту і врахувати роль самої рослини, було застосовано культури в чистому кварцевому піску, промитому кислотою (і водою), яка мала усунути останні сліди P_2O_5 .

Ці досліді показали, що хлібні злаки самі собою майже зовсім не використовують P_2O_5 фосфориту, незалежно від походження останнього, наприклад:

Джерело P_2O_5	Розчинна фосфорна кислота	Фосфорити			
		Смоленський	Костромський	Рязанський	Подільський
Урожай ячменю (1896 р.)	38,12	5,52	5,03	4,47	4,47

Такі самі результати для фосфориту одержано і для багатьох інших культур того року; рослини виглядали цілком пригніченими в рості („граничні“) не зважаючи на те, що в вигляді фосфориту давалося в 2—5 разів більше P_2O_5 , ніж у розчиненому фосфаті. Коли немає розчинника (ґрунтової кислотності), то доза взагалі має мало значення.

Урожай	Без фосфорної кислоти	Фосфорит смоленський 2-10-кратною кількістю					СаНРО ₄
		2	4	6	8	10	
Вівса	1,40	2,50	3,50	3,90	6,05	5,33	20,9
Ячменю	1,43	—	4,00	3,70	5,00	6,20	24,9

(Див. рис. 19).

Ми бачимо, що навіть десятикратна кількість P_2O_5 фосфориту не замінює одиниці засвоюваного P_2O_5 в тих випадках, коли рослина (злакова) сама повинна справлятися з фосфоритом.

Такі самі результати одержано не тільки для хлібів (пшениці, вівса, ячменю, ярого і озимого жита), а й для ряду інших рослин (див. рис. 20 і 21), однак не для всіх, а саме, люпин виділявся своєю особливою здатністю розкласти фосфорит. Те саме значною мірою спостерігається щодо гречки, гороху і почасти гірчиці.

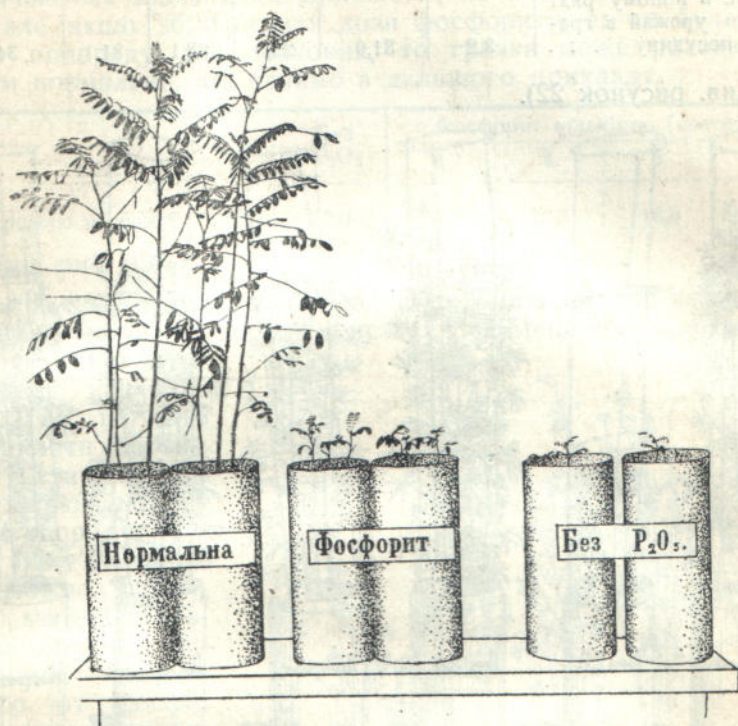


Рис. 21. Біла акація (піскові культури)

З 1898 р. до наших праць приєдналися праці проф. Коссовіча в Лісовому інституті, які дали цілком тотожні результати, при чому, крім урожаїв, було визначено P_2O_5 в урожаях, чим було з певністю встановлено, що рослини другої групи здатні розкласти фосфорит і засвоювати з нього значну кількість P_2O_5 (наприклад, 50—100 мг на посудину), а хліба в таких самих умовах мали 5—10 мг, тобто трохи більше від того, скільки було в насінні.

Наводимо приклад гарного розвитку люпину на фосфориті з наших дослідів.

	Без фос- фору	Фосфорити				Розчинний P_2O_5
		См о- лен- ський	Рязан- ський	Казан- ський	По- діль- ський	
Урожай надземних частин люпину в грамах на посудину	2,9	22,1	22,5	23,5	7,6	24,4

Без P_2O_5	Фосфорити					Розчинний P_2O_5
	Казанський	Костромський (Кінешемський)				
		а) верхняк	б) нижняк	в) глянцевий		
3,2	31,9	22,5	28,1	31,1	34,11	

Те саме в іншому ряді дослідів урожай в грамах на посудину

(Див. рисунок 22).

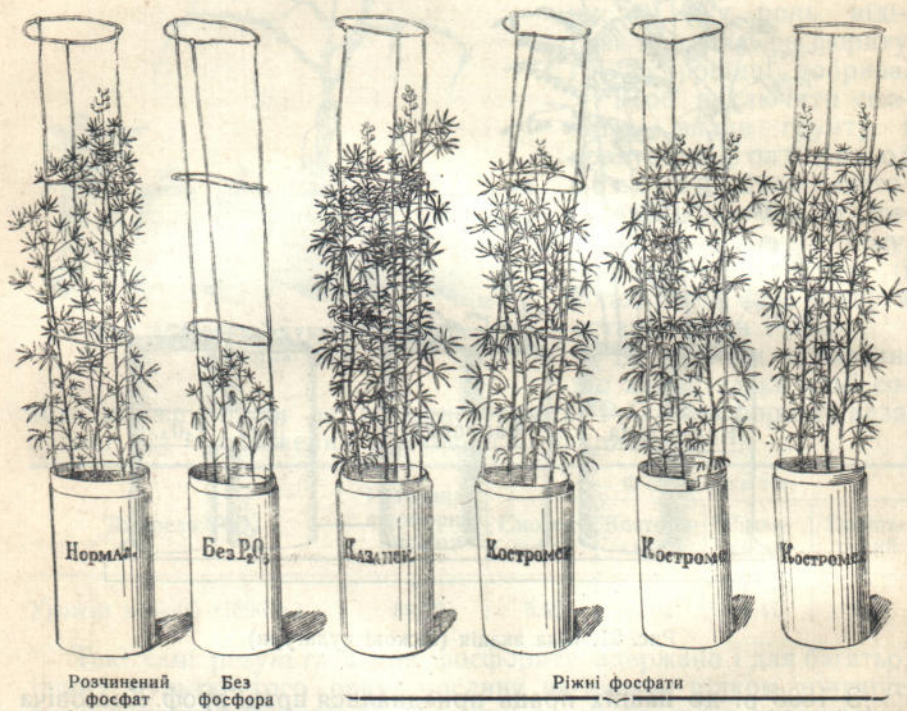


Рис. 22.

Отже, всі зразки фосфориту були для люпину добрим джерелом P_2O_5 , крім подільського фосфориту.

Крім люпину горох з бобових виявляє певну здатність розкладати фосфорит своїми кореневими виділеннями, хоча й не так різко виявлену, як у люпину; в дослідях проф. Коссовіча одержано такі результати щодо гороху й вівса:

	По фосфориту		По розчинному P_2O_5	
	горох	овес	горох	овес
Урожай в грамах на посудину	30,0	10,1	57,0	42,0
P_2O_5 в урожаї на посудину в міліграмах	47	14	147	136

Однак, результати для люпину і гороху неможливо узагальнити для всієї родини бобових. Наприклад, клевер сам собою зовсім не має здатності розкласти фосфорит (про роль ґрунту мовитиметься далі).

З рослин інших родин гречка і гірчиця, як і горох, також відзначаються значною засвійливістю, хоча й меншою, ніж люпин, але якщо збільшувати дози фосфориту, як це було зроблено попереду для злакових, то гречка може розвиватися цілком нормально, що бачимо з дальшого прикладу.

	Без P_2O_5	Фосфорит кількістю (кратною)			
		1	4	8	10
Вага врожаю в грамах	2,0	9,5	13,5	16,8	18,6

(Див. рис. 23.)

У сільськогосподарській літературі раніше не раз намагалися встановити коефіцієнти використання фосфорної кислоти того чи того фосфату: з попереду викладеного ясно, що такі коефіцієнти не можуть бути сталими, вони змінюються залежно від роду ґрунтів і роду рослини. Не можна, наприклад, взагалі з певністю казати, що фосфорна кислота такого от фосфориту використується в 4 рази гірше, ніж P_2O_5 суперфосфату (тобто, що коефіцієнт використання дорівнює 25%).

Такі норми можна встановлювати лише наперед застерігаючи, які ґрунти і які групи рослин на увазі.

Тому вже покази піскових шкал для різних рослинами дають більш рухливу шкалу для порівняльної оцінки продажних фосфатів. Якщо мати на увазі покищо тільки рослини, і при графічному зображенні розмістити на горизонтальній лінії різні фосфати в спадному порядку за розчинністю, а за ординати взяти відносні величини врожаїв, то для різних рослин матимемо різні криві. Для злаків така крива різко спадатиме в сторону фосфориту.



Рис. 23

Те саме стосується і інших рослин, коренева система яких відзначається слабою розчинністю, як це показують, наприклад, далі подані дані дослідів з тютюном у піскових культурах:

Зола ¹	45,04
Томасшлак	35,35
Кістка	25,92
Фосфорит	5,08
Без P ₂ O ₅	0,67

(Див. рис. 24).

Навпаки, для люпину всі фосфати будуть майже рівноцінними, і при графічному зображенні крива можливо зовсім наблизиться до горизонтальної лінії. Крива для інших рослин має лягти між ними. За приклади можуть правити такі величини врожаю (урожай по суперфосфату дорівнює 100).

Відносну доступність фосфатів для різних рослин (без участі ґрунту) (в процентах) бачимо з дальших даних:

Культури	Без P ₂ O ₅	Фосфорит ²	Кістяна мука	Томасшлак	Суперфосфат
Для хлібів	5	5—10	30—40	70—80	100
„ гороху	10	50—60	70	80—90	100
„ гречки	5	60	90	100	100
„ люпину	10	100	100	100	100

Отже, є ряд рослин, здатних розкласти фосфорит своїми корневими виділеннями, однак це не стосується головних рослин польової культури, як хліба, клевер, картопля, льон, для яких успіх або неуспіх удобрення фосфоритною мукою цілком залежить від властивостей ґрунту, а не самої рослини.

Це було виявлено нами водночас з вивченням того, як різні рослини ставляться до фосфориту, а саме, паралельно з пісковими культурами ми ще того таки 1896 р. провели дослід з ґрунтами різних типів. Завдяки тому, що вегетаційний дослід дозволяє поставити всі ґрунти в умови однакової вологості,



Рис. 24

¹ Вимита водою.

² Тут ідеться про фосфорити внутрішніх областей (Московської, ЦЧО) та подібні до них. Але подільський фосфорит і апатит гірше переходять у засвоювані форми.

температури і освітлення, тут вплив клімату було виключено. Ось результат першого досліду в цьому напрямі.

Урожай ярого жита

Грунт	Без добрива	З фосфоритом	Приріст урожаю (в %)
Чорнозем	5,65	5,80	+ 3
Супісок	3,55	4,40	+ 24
Підзол (Петровсько-Разумовс. ферма)	3,30	10,75	+ 226
Зболотнілий суглинок (Лісова дача).	2,85	11,10	+ 272

Отже, вирішальним чинником у дослідах з хлібами був ґрунт: підзоли і кислі торф'яністі ґрунти розкладають фосфорит, а чорнозем не розкладає. Таким чином в цьому і була причина успіху дослідів Енгельгардта на смоленських ґрунтах і невдачі їх застосування на чорноземах у період відкриття курських і подільських фосфоритів.

Між іншим, 1897 р. на підзолі було випробовано і подільський фосфорит, що важче піддається діянню розчинників, ніж наші інші фосфорити. Основні цифри були такі (для ярого жита на фоні KNO_3) (в процентах).

Без фосфориту	Фосфорити		
	подільський	смоленський	кінешемський
100	168	234	235

Отже й подільський фосфорит не зовсім протистоїть розкладаючому діянню підзолистого ґрунту, хоча й дає менший ефект, ніж північні фосфорити (відповідно до цього, пізнішими дослідом було доведено можливість застосувати навіть апатитову муку на кислих торф'яниках).

В результаті підзолисті ґрунти і мохові торф'яники здатні значною мірою зближати діяння різних фосфатів, як бачимо з другого досліду на тому самому підзолистому ґрунті (Петровсько-Разумовське):

Без фосфору	100
Фосфорит	166
Кістяна мука	190
Розчинний P_2O_5	202

Коли ж у вигляді фосфоритної муки дати подвійну дозу P_2O_5 , то утворюється цілковите вирівнення з суперфосфатом.

В усіх наведених дослідом давалося азот і калій, тому все сказане відповідає умовам на полі тільки тоді, коли ґрунт забезпечений азотом, що частіше буває в парі, навіть і без гноєвому, якщо він іде після клевера, або в перелогі. Так, на

Енгельгардтівській станції спостерігалось такі прирости врожаю жита (пар на „пустирній землі“, тобто на землі, що була в перелозі) (в процентах):

Без добрива	100 (=8ц)
Томашлак	177,1
Фосфорит ¹	184,9
Гній (36 т)	189,1

А що без клевера або перелогу фосфорит не діяв, то звідси виникло попереднє твердження, що, мовляв, „без травопілля мінеральні добрива взагалі не діють“.

Ступінь забезпеченості азотом був причиною ще одного явища, поміченого Енгельгардтом та подальшими авторами: удобрення фосфоритом було успішне при дослідах під озимину, а не під ярину. Наші досліді з пісковими культурами показали, що фізіологічної різниці між озимими і ярими хлібами щодо фосфору немає. Різниця в часті дотикання фосфоритної муки внесеної в пару під озимину і на весні під ярину, якій раніше приписували значення, також, як виявилось, не мала вирішальної ваги. Виявилось, що причина була в переміщенні мінімуму від фосфору до азоту: в парових полях, де нагромаджуються нітрати, фосфор був у першому мінімумі, а при внесенні під ярину ми стикаємося вже з азотним мінімумом, тому фосфор не діє на овес, не зважаючи на те, що підзол і для нього забезпечував як і для жита, належний ступінь розкладу фосфору².

Отже, факти, констатовані для підзолистих ґрунтів Енгельгардтом ще 80-х років минулого сторіччя, дістали належне пояснення, і тепер скоро промисловість даватиме азотисті добрива, застосування фосфоритної муки (як і інших фосфоритів) на підзолистих ґрунтах не буде обмежене тільки клеверищем і перелогом.

Але крім роз'яснення спостережень Енгельгардта, далі було досягнуто і значне розширення зони застосування фосфоритної муки. А саме, працями Лебедянцева та на шатіловській станції було доведено, що не тільки підзоли і торф'яники, а й та широка смуга перехідних ґрунтів, що характеризує північну частину чорноземної смуги (деградовані і вимиті чорноземи кол. Тульської, Орловської і суміжних губернь), також здатні розкладати фосфорит. Наводимо дані врожаїв жита в середньому за 9 років (в центнерах з га).

Без добрива	16,9
Фосфорит	21,9
Суперфосфат	21,3
Гній	21,6
Фосфорит і гній	23,4

Для вирівнення діяння фосфору з суперфосфатом і в цьому районі досить подвійної дози P_2O_5 у фосфориті (90 кг) га замість 45.

¹ У фосфориті було дано більше P_2O_5 , ніж у шлаку.

² Досліді НІУ (див. приклади далі).

Можна сказати, що нова „Лебедянецька“ зона застосування фосфоритної муки щодо черги стоїть навіть попереду від раніше виявленої „Енгельгардтівської“ зони фосфоритування, тобто підзолистих ґрунтів півночі, бо при відносному багатстві ґрунтів на азот парові поля в зоні деградованого чорнозему можна удобрювати фосфоритною мукою незалежно від розвитку клеверосіяння й застосування азотистих добрив. Далі, цей район має далеко більший процент орної землі і густіше населення, ніж підзолиста смуга, що лежить на північ, і досить усунути фосфорний мінімум парових полів, щоб збільшити врожай жита (удобрення ярих і в цьому районі більше зв'язане з питанням про азотний мінімум більше, ніж для озимих).

Щодо питання про механізм розкладу фосфориту певними видами ґрунтів, то безсумнівно, що головна роль тут належить обмінній кислотності, тобто ґрунтові кислоти (ацидоїди) розкладають фосфорит, відбираючи кальцій його трикальцієвого фосфату і віддаючи натомість водень, тобто так само, як сірчана кислота в суперфосфатному виробництві, однак з тою різницею, що ґрунтові ацидоїди у воді майже нерозчинні і реакція відбувається на поверхні часточок. Тому важливо збільшувати поверхню дотикання між часточками ґрунту і фосфориту відповідним роздрібненням і добрим змішанням фосфориту.

Якщо обмінна кислотність ґрунту досить різко виявлена (наприклад, рН у солевій витяжці нижче 4,9 і тим більш нижче 4,5), то фосфоритна мука в подвійній дозі може не тільки замінити суперфосфат, ба навіть бути вищою за нього, бо його кальцієм пом'якшується зайвинна кислотність. В наслідок того, що ґрунти з такою реакцією водночас мають мало фосфорної кислоти, діяння на них фосфориту забезпечується не тільки їх здатністю розкласти фосфорит, а і явною недостатністю фосфору.

Але крім обмінної кислотності, в розкладанні фосфориту може брати участь почасті й гідролітична кислотність. Це можна довести таким дослідом: якщо взяти кислий ґрунт або гумінову кислоту і усунути обмінний водень повторним промиванням CaCl_2 , то здатність розкласти фосфорит зменшується, але не зникає. Тому доводиться брати на увагу загальну кислотність ґрунту з включенням і гідролітичної кислотності, і, кажучи про ступінь насичення ґрунту основами, треба мати на увазі ступінь насиченості (або ненасиченості) не тільки в межах ємності вбирання за Гедройцем (тобто не більш рН - 7,0), а й ступінь ненасиченості ґрунту щодо межі, встановленої відношенням ґрунту до розчину натрій-ацетату, для якого рН лежить біля 8,3.

Тому, якщо обмінна кислотність слабо виявлена (рН в солевій витяжці більше 4,9), то для апріорної думки про здатність ґрунту реагувати на удобрення фосфоритом можна мати уявлення з ступеня насиченості його основами (при умові недостатності в ньому P_2O_5) за вказаним масштабом. Якщо відома сума увібраних основ (a) і ступінь ненасиченості або загальна кислотність, включаючи і гідролітичну (b), то відношення $\frac{a}{a+b}$

виражене в процентах, є до певної міри мірилом здатності ґрунту розкладати фосфорит. За наявними даними¹ можна думати, що ґрунти, в яких це відношення дорівнює 85% (і вище), нездатні розкладати фосфорит і слабо на нього реагують. Коли ж відношення дорівнює 70% (і нижче), то розклад фосфориту відбувається досить енергійно, щоб подвійна доза фосфоритної муки замінювала суперфосфат (якщо, звичайно, в ґрунті водночас мало фосфорної кислоти). Між 70—85% насиченості буває проміжне рішення. Однак, щоб уточнити ці співвідношення, бажано збільшити число такого роду даних, тим більше, що крім цього співвідношення важлива ще абсолютна величина вбираючого комплексу, як, наприклад, у випадку піскових ґрунтів вбираючий комплекс дуже малий, і не зважаючи на достатньо виявлену ненасиченість (наприклад, 70%, може трапитись, що абсолютна величина гідролітичної кислотності цих ґрунтів така мала, що її не вистачить на звільнення достатніх кількостей P_2O_5 з фосфориту; в деградованому ж чорноземі при більшій відносній насиченості, але і при більшому розвитку вбираючого комплексу, залишкова (гідролітична) кислотність може бути такою великою, що її абсолютні розміри будуть цілком достатні для розкладу фосфориту, і ефект буде повний (знову таки, якщо потреба на фосфор буде ясно виявлена).

Тепер, коли ми обізналися з можливим розчинним впливом на фосфорити не тільки деяких рослин, а й деяких ґрунтів, ми можемо повернутися до питання про порівняльну оцінку різних фосфатів у трохи іншій постановці, ніж просте визначення відношення фосфатів до того чи того розчинника в лабораторній обстановці.

Попереду ми бачили, що в умовах піскових культур засвоєність фосфоритної муки та інших фосфатів залежить від роду рослин (див. зразкове співвідношення у таблиці і на стор. 186).

Але при переході до ґрунтів такі співвідношення зберігаються тільки для дуже бідних піскових ґрунтів, при тому зовсім позбавлених кислій реакції. В більшості ж випадків наведені величини змінюватимуться під впливом ґрунтів, а на кислих ґрунтах часто вся картина може бути затемнена в наслідок вирівнювання в діянні всіх фосфатів.

Якби ми схотіли відразу на одній схемі виразити відношення між фосфатами, ґрунтами і рослинами, то довелось би вдатися до зображення в просторі і до трьох осей координат. На горизонтальній осі, скажімо, розмістити фосфати порядком їх засвоєваності, на вертикальній — рослини порядком енергії засвоєваного ними P_2O_5 з малорозчинних джерел, на третій, перпендикулярній до площини двох перших — ґрунти, так само в певній послідовності — за здатністю розчинно діяти на фосфати (візьмемо покищо ґрунти дуже бідні на P_2O_5). Якщо таким чином збудувати модель, складену з кубиків, і забарвити їх за інтенсивністю, що відповідає діянню фосфату (залежно від сукупності його властивостей, властивостей ґрунту і рослини), то одержимо

¹ Досліди Голубева в нашій лабораторії.

ряд відтінків, що дають певні поняття комбінованого діяння рослин і ґрунтів на фосфати.

Однак і така схема не цілком ще охоплює зачеплювані явища. Саме, така схема збудована на припущенні, що досліджувані ґрунти потребують фосфатного добрива, бо вони бідні на фосфорну кислоту взагалі. Тим часом ґрунти можуть мати важко засвоювані форми фосфатних сполук, з яких одні рослини можуть використовувати більші, другі менші кількості, тому той самий ґрунт може то реагувати на фосфатне добриво, то ставитися до нього зовсім байдуже, залежно від того, яку рослину ми візьмемо для досліду.

У дослідах Коссовіча і Гедройца були помічені такі різниці в кількості фосфорної кислоти, засвоюваної на тому самому ґрунті різними рослинами (без внесення фосфатів) (у міліграмах):

Люпин	114	Тимофіївка	31
Горох	87	Озиме жито	32
Гречка	65	Люцерна	38

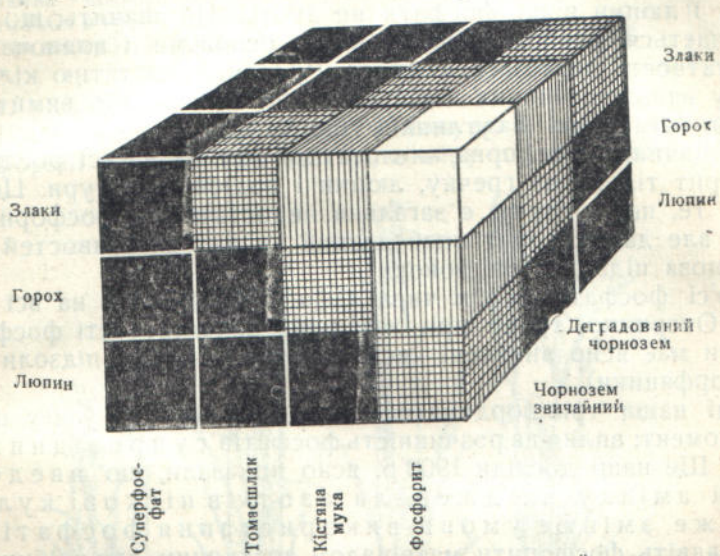


Рис. 25. Схема діяння фосфатів залежно від властивостей рослини, ґрунтів та мінеральних добрив

Ясно, що коли люпин (або гречка) знаходять собі поживу у важкорозчинних сполуках ґрунту, він не реагуватиме на внесення фосфориту.

Тільки, коли йому не вистачить цієї поживи, він виявить здатність використовувати фосфорит.

Ось приклад різного ставлення гречки і злакових до фосфорного добрива на чорноземі (на тому самому ґрунті).

Пшениця		Гречка	
Без фосфору	Розчинний P ₂ O ₅	Без P ₂ O ₅	Розчинний фосфат
4,7 г	28,0 г	18,7 г	19,0 г

Оцей факт, що багато ґрунтів, на яких злаки голодують на фосфат, можуть добре жити фосфором гречку, люпин і горох, вносять відступи в ту просту (трикоординатну) схему, що її було наведено попереду. Головні випадки, що бувають на практиці можна звести до таких п'ятьох можливостей.

1. Ніякі фосфатні добрива не діють ні на які культури. Очевидно, це буває тоді, коли ґрунт багатий на фосфорну кислоту в легко засвоюваній формі (цілинні степи).

2. Розчинна фосфорна кислота добрив діє на хліба, але не діє на гречку і люпин. Це значить, що в ґрунті мало легкозасвоюваної фосфорної кислоти, але її багато в елементах „багатства ґрунту“. Фосфорит у цьому разі слабо діє і зовсім не діє на хліба, бо він їм неприступний, а на гречку і люпин тому, що ці рослини і в ґрунті знаходять готовий запас аналогічних малорозчинних сполук і не потребують добрива (чорноземи, що давно перебувають під культурою).

3. На хліба діють як фосфорит, так і розчинні фосфати, на гречку і люпин ніякі фосфати не діють. Це значить, що ґрунт відзначається певною ненасиченістю основами і водночас при недостатності легкозасвоюваного P_2O_5 має достатню кількість його у важкорозчинних сполуках (деградовані або вимиті чорноземи, багато які з суглинків тощо).

4. Розчинна фосфорна кислота добрив діє на всі рослини, а фосфорит тільки на гречку, люпин і подібні культури. Це вказує на те, що в ґрунті є загальна недостатність фосфорної кислоти, але даний ґрунт позбавлений кислих властивостей (бідні піски поза підзолистою зоною).

5. Усі фосфати (в тім числі і фосфорит) діють на всі культури. Очевидно, ґрунт при загальній недостатності фосфорної кислоти має ясно виявлені кислі властивості (бідні підзоли і мхові торф'яники).

Далі наша трикоординатна схема не бере на увагу ще от який момент: вплив на розчинність фосфатів су провідних добрив. Ще наші досліди 1900 р. ясно показали, що введення солей аміаку як джерела азоту в піскові культури дуже змінює умови використання фосфатів, роблячи навіть фосфорити матеріалом доступним для хлібних злаків. Можна думати, що й в ґрунті солі аміаку повинні сприяти розчиненню фосфатів тою зайвинною кислотою, яка залишається після їх використання рослиною, чи буде використання безпосереднім чи до нього відбуватиметься нітрифікація (в другому випадку кількість діючої кислоти подвоюється). Але, звичайно, в ґрунті це розчинююче діяння не буде спрямоване тільки на фосфати, як це досягається в піскових культурах, воно може бути ослаблене наявністю інших сполук, що нейтралізують кислоти.

З дальшого досліду бачимо, наскільки різко діють солі амонію в такому безбуферному середовищі, як пісок: якщо, взявши за джерело P_2O_5 фосфорит, поступінно у взятому ряді посудин змінювати джерело азоту, переходячи від селітри або $Ca(NO_3)_2$ до суміші селітри і аміаку і до амоній-сульфату, то

разом з введенням солей амонію (в міру розвитку рослин) підвищується кислотне середовище від фізіологічних причин) нагромадження зайвниної сірчаної кислоти) і фосфорит розчинюється немов би на місці споживання, перетворюючись на суперфосфат. Наведемо цифри, що стосуються цього досліду:

Джерело азоту	NaNO_3	$\frac{3}{4}\text{NaNO}_3$ $\frac{1}{4}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\frac{1}{2}\text{NaNO}_3$ $\frac{1}{2}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\frac{1}{4}\text{NaNO}_3$ $\frac{3}{4}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Урожай вівса на фосфориті(вграмах)	6,2	22,0	20,5	19,9	1,42
% P_2O_5 в урожаї	0,09	0,30	0,57	0,92	1,46
Абсолютна кількість P_2O_5 в урожаї (в мілігр.) .	6,5	66,0	116,8	176,6	24,1

(Див. рис. 26).

Як бачимо, рослини, що голодували через недостатність фосфорної кислоти при селітрі, в міру введення амонію багато

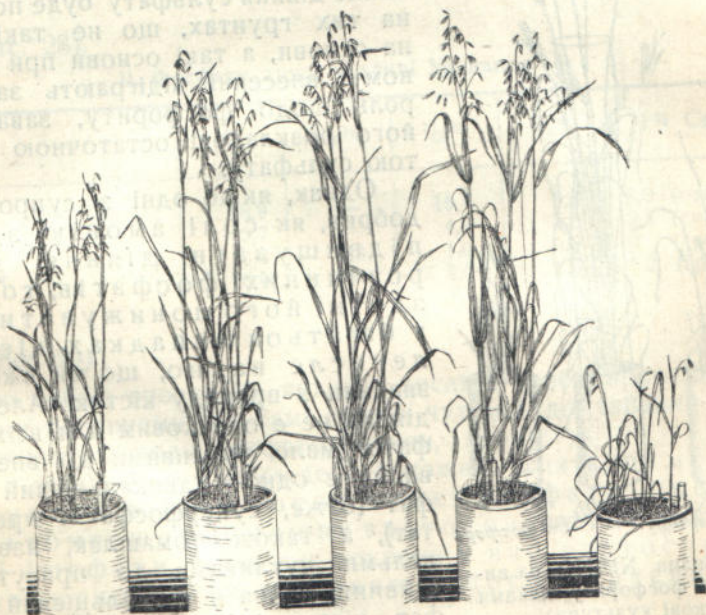


Рис. 26

її спримали; щодо останнього випадку; коли було введено тільки $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, то тут рослини потерпіли від надто кислої реакції і дали малі врожаї, не зважаючи на зайвину (відносну) сприйнятої фосфорної кислоти.

Значимо, що й амоній-нітрат також відзначається здатністю розчиняти¹, хоча і меншою, рівняючи з амоній-сульфатом.

(Див. рис. 27).

У ґрунті вплив амоній-сульфату, звичайно, не може бути таким різким, як у піскових культурах. Однак він все таки позначається. Як приклад наведемо середні дані географічної сітки НІУ з дослідів над порівнянням діяння різних фосфатів на картоплю на підзолистих ґрунтах на фоні амоній-сульфату і селітри (прирости врожаю в ц/г).

	по NaNO_3	по $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	
Фосфорит	однократна доза	7,3	18,6
	подвійна доза	22,4	30,5
Суперфосфат	31,1	32,3	

Цікаво було б випробувати рядкове внесення такої суміші (не під рядки рослин, а між ними або впоперек їх), щоб уникнути змішання сульфату з усією масою ґрунту та спрямувати його діяння на фосфорит. Можливо, що тоді розчинне діяння сульфату буде посилено на тих ґрунтах, що не такі бідні на основи, а такі основи при суцільному внесенні відіграють захистну роль щодо фосфориту, заважаючи його розкладові остаточною кислотою сульфату.

Однак, якщо одні з супровідних добрив, як солі амонію здатні підвищувати діяння малорозчинних фосфатів, то інші здатні його понижувати; так, у багатьох випадках діє вуглекисле вапно, що ми вже відзначали з приводу кісток. Але таке діяння не є однаковим для всіх фосфатів: мало чутливими до внесення вапна є одно- і двокальцієвий фосфат (отже, суперфосфат і преципітат), а також томашлак, навпаки, вельми чутливими до присутності зайвини вапна є трикальцієвий фосфат, кістки і фосфорити (див. табл. на стр. 195).

На підставі цих дослідів треба було б сподіватися, що для ґрунтів, багатих на вапно; придатнішими будуть такі добрива, як суперфосфат, преципітат і томашлак. Таке припущення,

¹ В присутності коренів рослин.

звичайно, потребує найближчої перевірки, наприклад, для томасшлаку, бо наші досліди провадилося лише в межах до 1% CaCO_3 від ваги піску. Можливо, що межа шкідливого діяння вапна на ці фосфати хоча і лежить значно вище, ніж для кісток або фосфориту, та все ж може бути перейдена, якщо не при внесенні вапна як добрива, то у випадку присутності зайвини вапна в самому ґрунті (крейдянні вапняні ґрунти). Крім того, досліди в піску не замінюють дослідів з ґрунтами ще й тому, що в піску немає розчинника для CaCO_3 , в ґрунтах же завжди багато вуглекислоти, і тому в розчині буде більше кальцію у вигляді $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Тому потрібні досліди на ґрунтах, багатих на вапно, як порівняти з різними фосфатами.

I. Фосфати малочутливі до внесення CaCO_3

	0	1/4%	1/2%	3/4%	1% CaCO_3
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	20,7	19,5	25,7	25,7	23,2 (гречка)
CaHPO_4	18,4	16,3	18,5	18,2	22,5 (ячмінь)
Томасшлак	21,8	—	25,7	24,9	21,2(пшениця)
	22,7	21,4	25,1	23,1	25,5 (ячмінь)
	23,6	23,7	25,3	22,2	18,5 (гречка)

(Див. рис. 28).

II. Фосфати дуже чутливі до вапна

	0	1/4%	1/2%	3/4%	1% CaCO_3
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	18,9	—	15,4	8,3	8,0 (овес)
Кістки	9,7	—	4,7	4,2	3,4 (пшениця)
Фосфорит	13,0	4,3	1,0	0,9	0,5 (гречка)
	16,9	—	2,5	1,2	2 (гречка)

(Див. рис. 29).

Само собою зрозуміло, що такі досліди треба провадити не з такими рослинами, які самі собою чутливі до зайвини вапна незалежно від роду фосфату (люпин, льон).

На підставі всього викладеного можна уяснити, що можуть бути умови, в яких поряд суперфосфату, преципітату і томасшлаку можна застосовувати і малорозчинні фосфати, через що, зокрема у нас, застосування фосфоритної муки набуває іншого значення, ніж у Західній Європі.

Вважаючи на те, що наше хліборобство є молодшим, у нас ще дуже виявлені первинні властивості ґрунту („ґрунту як природного історичного тіла“ за виразом Докучаєва), і ненасиченість підзолів зберіглася в дуже великій мірі. А в Західній Європі ґрунти більш „окультурені“, бо вже саме тривале застосування гною усуває ненасиченість підзолів (з 36 т. гною вноситься 1,5 т

зольних речовин). Крім того, там часто застосовують вапнування, і, наприклад, у Данії процент завапнуваної площі надзвичайно великий. При сильно розвиненій промисловості, що дає великі маси дешевих добрив універсального діяння, звичайно, там мало стимулює відшукувати окремі залишки мало зачеплених культурю підзолів, щоб внести фосфоритну муку, яку доводиться часто везти здалека, якщо немає місцевих фосфоритів (наприклад, з Африки в Данію і Голландію).

Інша справа у нас: ненасиченість, непрогноєність незавапно-



Рис. 28. Вплив зростаючих доз CaCO_3 на використання P_2O_5 томасшлаку (пiскови культури)

ваних підзолистих ґрунтів велика. Використовуючи їх заховану кислотність, ми можемо розкласти фосфорити, не витрачаючи сірчаної кислоти. Продукція фосфатів універсального діяння (суперфосфату і шлаку) у нас ще дуже мала; ці фосфати треба спрямувати до районів насичених ґрунтів (типові чорноземи європейської частини Союзу та Сибіру, лесові ґрунти Середньої Азії). Далі, ми багаті на низько-процентні фосфорити якраз у районах ґрунтів, що реагують на фосфорити (смоленські, брянські, калузькі, рязанські та інші фосфорити), тому поле для використання фосфоритної муки в нас надзвичайно широке протилежно Західній Європі.

У майбутньому, звичайно, і ми переходитимемо до розчинних фосфоритів, бо ще Енгельгардт помітив, що на присадибних, більш окультурених землях, діяння фосфоритної муки послаблюється. Та чи значить це, що після окультурення наявної тепер посівної площі роль фосфоритної муки закінчиться? Аж ніяк.

Якщо в межах кол. Московської губ. було лише близько 25% посівної площі, а в Костромській, Ярославській — близько 15%, тоді як у Данії, що лежить з ними на одній широті, є 80% культурної площі, то резерв площ, здатних дати данські врожаї, після заправки фосфоритною мукою, калійними солями, клевером (а потім ще й синтетичними азотистими добривами), величезний, навіть якщо мати на увазі покищо тільки європейську частину РСФРР і не казати ще про Сибір.

Наведемо середнє із значного числа даних географічної сітки НІУ для озимого жита, в яких фосфорит вносили в пару (без інших добрив).

Види ґрунтів	Урожай без добрива (в центнерах)	Приріст (у процентах)	
		від суперфосфату	від фосфоритної муки (подвійна доза)
Підзолисті ґрунти	12,3	40	37
Деградовані чорноземи	14,4	25	29
Багаті чорноземи	17,5	22	8

Крім того наведемо ще середні дані для дослідів з картоплею, в яких різні фосфати порівнювалося на фоні азотно-калійного добрива.

Порівняльне діяння різних фосфатів (приріст урожаю картоплі в ц/га)¹

	Суперфосфат	Преципітат	Шлак	Кістки	Фосфорити	
					I	II ²

1) Фон: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ і калійна сіль

Підзоли	32,3	35,4	25,0	21,7	18,6	30,5
Сірі лісові землі	10,4	10,0	5,4	(10,5)	5,5	7,3
Деградований чорнозем	12,9	—	6,0	6,0	9,2	11,0
Багатий чорнозем	20,6	21,5	16,8	17,6	6,0	10,3

2) Фон: NaNO_3 і калійна сіль

Підзоли	31,1	26,9	22,8	13,7	7,3	22,4
Сірі лісові землі	10,1	7,0	0,4	0,7	1,7	1,6
Деградований чорнозем	17,5	—	7,4	8,0	4,9	11,0
Багатий чорнозем	25,9	22,8	22,4	9,5	8,3	4,6

¹ Середні врожаї (в ц/га) без фосфору (НК) були такі:

	Підзоли	Сірі землі	Деградов. чорнозем	Багатий чорнозем
По аміаку	123,3	149,2	112,6	198,8
По селітрі	120,8	150,7	123,5	192,7

² 1—45 кг 90 кг P_2O_5

З цих даних бачимо, що ярі культури на підзолах реагують на внесення фосфориту не гірше від озимих, якщо водночас дати азотисті добрива. Далі бачимо, що діяння малорозчинних фосфатів тим слабше діяння суперфосфату, чим далі ми просува- тимемося на південь і що різниці між фосфатами виявляються сильніше на фоні NaNO_3 , ніж на фоні $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Через те, що при просуванні на південь діяння фосфориту послаб- люється і тому, що з півдня (від Маріуполя) йтиме зустрічна хвиля томашлаку (крім суперфосфату, який Константинівка, Одеса і

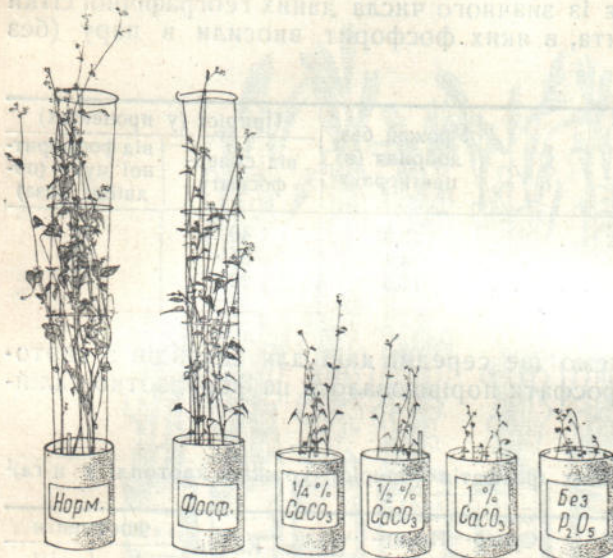


Рис. 29. Вплив зростаючих доз CaCO_3 на використання P_2O_5 фосфориту гречкою (піскові культури)

Вінниця дадуть бур- яковим полям), ра- ціонально розви- вати застосування фосфоритної муки саме там, де це роз- почали Енгельгардт (підзоли) і Лебе- дянцев (деградава- ні чорноземи), де не тільки фосфо- ритна мука в пару під жито дає най- кращі результати (навіть без внесен- ня азотистих доб- рив), а де і самі по- кладки низькопро- центних фосфори- тів так широко розповсюджені, де фосфоритування не тільки підвищить врожаї жита, ба ще

посилить і фіксацію повітряного азоту клевером і люпином, чим сприятиме збільшенню врожаїв взагалі; а все це разом дасть змогу вільніше маневрувати рухомими „технічним“ азотом і фосфором розчинних концентрованих продуктів, спрямовуючи їх під бавовник і буряк та під нові і старі „луб'яні“ і олійні культури.

При заміні розчинних фосфоритів важкорозчинними великого значення набуває ступінь роздрібнення їх, бо для успіш- ного ходу реакції між твердими тілами (грунтові ацедоїди і фосфорити) потрібна велика поверхня дотикання.

Для фосфоритної муки за контроль роздрібнення править сито № 100 з отворами 0,17 мм. Грубіші часточки залишаються недіяльними; тонший розміл може бути ще ефективнішим, але тоді дуже зростає вартість розмолу. В дослідіх НІУ за 1927 — 30 рр. порівнювалося в різних ґрунтових зонах три види помолу:

1) грубий — 0,5 — 0,17 мм; 2) нормальний — 0,17 — 0,08 мм і 3) тонкий (сито № 200) — часточки дрібніші від 0,08 мм. Резуль-

тати були такі: грубий помол зменшував (іноді зводив до нуля) діяння фосфориту, середній дозволяв замінити 45 кг розчинного P_2O_5 подвійною кількістю P_2O_5 фосфориту, тонкий дозволяв зменшити дозу фосфориту вдвоє, тобто наближав діяння фосфориту до діяння суперфосфату. Отже, на північних ґрунтах ми можемо перейти від звичайної подвійної дози P_2O_5 у фосфориті до однократної або ціною підвищених затрат на розмол або ціною застосування сірчаної кислоти та переходу до суперфосфату. Але, очевидно, вигідніше просто залишитись при подвійній дозі, тим більше, що додатковий P_2O_5 — який не виявляє свого діяння перших років, все таки підвищує багатство ґрунту на фосфор і поступінно діятиме.

9. ДІЯННЯ ФОСФАТІВ НА РОСЛИНИ

Загальний вплив фосфору на розвиток рослин протилежний азоту. Через недостатність фосфору загаюється проходження окремих стадій розвитку рослин; у випадку ж азотистих добрив це спізнення спричиняється зайвиною азоту. Тим то внесення фосфору, крім впливу на масу врожаю, ще пришвидшує досягання його (якщо, звичайно, не вистачало фосфору).

Так, у Ротамстеді в одному досліді з ячменем було відзначено такий вплив фосфатів на колосіння:

	Без P_2O_5	Фосфорит	Томасшлак і високої розчин.	низької розчин.	Суперфосфат
I. Число колосків на посудині на 1 червня	6	8	12	41	47
II. Число колосків у кінці досліді	48	65	68	84	92
I в процентах до II	12,5	12,5	17,6	48,8	51,1

Пришвидшення розвитку виявлялося паралельно засвоюваності фосфату. На ділянках беззмінної культури в полі, що не одержували фосфору, ячмінь досягав на 10 день пізніше, ніж на ділянках з повним добривом. Колоски, що пізніше появлялися, залишаються в першому випадку ще довго зеленими, після того, як у другому вони вже пожовкли. З цим зв'язане сильне пошкодження рослин на ділянках без фосфору личинкою мухи зеленоочки (*Chlorops taeniopus*)¹. В північній Ірландії була навіть двотижнева різниця в досягнанні хлібів під впливом усунення фосфатного голоду.

Далі, звичайно помічається, що при недостатності фосфору відношення зерна до соломи буває понижене, бо для утворення зерна треба більше фосфору, ніж для розвитку вегетативних органів. У цих випадках внесення фосфатів, відновлюючи

¹ Ці личинки, вийшовши з яйця, покладеного в верхній частині піхви верхнього листка, спускаються вниз і живляться молодими зернами невиколошеного ячменю. А на ділянках, удобрюваних суперфосфатом на момент появи личинок колоски вже вийшли з піхви, і тому в них зерно залишається непошкодженим.

нормальне утворення зерна, тим самим підвищує відношення зерна до соломи. Врожай соломи при цьому також збільшується, але врожай зерна збільшується ще більше.

Коренеплоди надзвичайно чутливі до фосфорних добрив, і незрідка буває, що на чорноземі на тій стадії виснаження, коли хліба ще не реагують, буряк реагує вельми чітко, підвищуючи не тільки кількість, а й якість урожаю.

Особливо ж різко підкреслюється різниця між хлібами і коренеплодами тоді, коли ґрунт дуже виснажений непереривною культурою без внесення фосфору. Так, на одному з дослідних закладів північної Ірландії спостерігалось такі співвідношення (на фоні НК), в процентах:

Урожай	турнепса	Без фос- фору	Супер- фосфат
"	картоплі	100	736
"	вівса	100	209
"	сіна	100	171
			118

В коренеплодів крім більшої маси, підвищується ще вміст сухої речовини, що для цукрового буряка означає підвищення процента цукру в соку, при чому водночас підвищується і якісний показник, або так звана доброякісність соку (відношення цукру до суми сухих речовин в соку), а це значить, що відношення між виходом кристалічного цукру на заводі і залишком цукру в малясі поліпшується.

Водночас з цим в буряка помічається понижене відношення ваги листків до ваги кореня, що є одною з ознак достигання. Взагалі можна сказати, що фосфати, якщо не пришвидшують розвитку рослин проти норми, то зменшують можливість запізнення в достиганні, яка спричиняється перевагою азотистого живлення. Часто можна бачити, проходячи восени повз бурякові ділянки, які одержали різні добрива, чергування жовтіючих ділянок з зеленими: жовтіють раніше за інші (вказуючи цим на закінчення вегетаційного періоду і пересування цукру в тканини кореня) саме ділянки, що мали фосфатне добриво.

Тому фосфати охоче вносять разом з азотистими добривами, щоб паралізувати понижуючий вплив азотистих добрив на якість буряка. Наведемо приклад з одного досліду, проведеного у Франції (в процентах):

	Цукристість	Доброякісність
Селітра	14,85	82,2
Селітра і суперфосфат	16,17	85,5

В наслідок цього цукровий буряк був ще за передвоєнного часу першим провідником суперфосфату в нашому господарстві. В працях ківської сітки дослідних полів, у бурякових господарствах, організованих Франкфуртом (а почасти перед тим у дослідах проф. Зайкевіча в Харкові і Жукова на Івановській

станції), було доведено, що застосування суперфосфату (тоді імпортного і тому дорогого) можна здешевити, застосовуючи інший спосіб використання добрив, ніж звичайний у Західній Європі, а саме: місцеве внесення з допомогою комбінованих сіялок, які мають два ящики і два ряди сошників; передні, що йдуть глибше, — для висіву добрива, задні — для висіву насіння в ті самі рядки, на дещо меншу глибину. Це дозволяє значно здешевити застосування суперфосфату, бо тут, щоб одержати той самий ефект, потрібні менші кількості добрива, ніж при суцільному внесенні. Так $1\frac{1}{2}$ ц/га суперфосфату дають можливість звичайно досягти повного ефекту, а при розкидному внесенні добрива потрібно було б не менше 3 ц. Навіть 1 ц 20-процентного суперфосфату дуже добре діє при рядковому внесенні.

Щодо причин такої переваги рядкового внесення суперфосфату, то нам більше імовірним здається таке пояснення: при рядковому способі суперфосфат не змішується з усією масою ґрунту, отже, не дотикається з великими кількостями сполук вапна, заліза і глинозему, що спричиняються до ретроградації фосфорної кислоти, до переходу її в менш розчинний, а поступінно і в менш засвоюваний стан. Залишаючись довше легкозасвоюваною, фосфорна кислота суперфосфату в цих умовах повніше використовується. Можливо і сама форма розподілу не байдужа рослинам, тобто має значення наявність запасу розчинного P_2O_5 на шляху поширення корінців у найпершу стадію розвитку рослини.

Однак, в міру виснаження чорнозему та поліпшення постачання суперфосфату і в нас виявляється недостатність самого тільки місцевого внесення добрива і необхідність внесення достатніх доз фосфату у вигляді основного добрива, поспіль вношуваного. В Німеччині вважають, що коли є можливість внести під буряк 300 ц гною і бажано гарантувати врожай в 300 ц, то треба дати ще 60 кг/га P_2O_5 у вигляді суперфосфату або шлаку, щоб буряк напевне був із зайвиною забезпечений фосфором, тоді „овес, що йде за буряком, може обійтися без внесення фосфатів“.

Фосфати діють на картоплю багато в чому так само, як діють на буряк, тобто підвищення врожаю досягається без пониження якості, часто з підвищенням її; все сказане про прискорення досягання стосується також і картоплі.

Але через те, що культура картоплі йде на північ значно далі, ніж культура цукрового буряка, то під картоплю в зв'язку з властивостями ґрунту можна застосовувати різні фосфати до фосфориту включно (див. табл. на стор. 197), що для цукрового буряка, пристосованого до чорнозему, незвичайне (крім зони деградованого чорнозему).

Але при культурі картоплі по гною взагалі можна не давати фосфатів, бо засвійливість картоплі більша, ніж буряка, а тому і потреба на обов'язкове внесення розчинного P_2O_5 менша.

При удобрюванні льону з кількісного погляду помічається більший вплив фосфатів на врожай насіння, ніж волокна, однак є вказівки на підвищення якості волокна.

Так, в одному випадку Льонова станція в Петровсько-Разумовському при дослідженні якості волокна льону, одержаного на дослідному полі при різному удобренні, спостерегла такі різниці в „нумерності“ волокна (високі номери відповідають більш цілому, тонкому волокну).

Середній номер волокна

О	14,8	NP	19,2
N	14,5	NK	13,6
P	19,5	KP	15,7
K	16,3	NKP	19,5

Тут ясно позначився позитивний вплив фосфору на якість волокна. Але, через недостатність таких даних, важко сказати, наскільки вияв цього впливу буде сталим.

При удобренні лук фосфорна кислота діє на співвідношення рослин різних родин у трав'яних сумішах. Досліди показують, що при удобренні фосфатами процент бобових частково збільшується за рахунок злакових. Така зміна співвідношення бобових і злакових зрозуміла: злакові чутливі на вношуваний P_2O_5 лише до межі, визначуваної вмістом засвоюваного N в ґрунті. Бобові ж не мають цієї межі отже, шансів у боротьбі за існування у них стає більше, рівняючи з злаками, ніж було до внесення фосфатів. Наведемо приклад різкого діяння P_2O_5 у зазначеному напрямку з дослідів Шретера і Штеблера в Швейцарії (в процентах):

Вміст бобових у суміші трав

Без добрив	2,8
Фосфорна кислота	45,2
Азот	1,8
Калій	9,2

Ботанічний аналіз суміші в цьому досліді був зроблений через рік після внесення добрив.

Характер і розміри діяння на ботанічний склад суміші, звичайно великою мірою залежать від виду ґрунту. На луках фосфати вносять поверхово, з дальшим боронуванням, якщо фосфати малорозчинні. А через те, що лучний ґрунт часто має значну кислотність, то незрідка суперфосфат дає менший ефект, ніж удобрювання томашшлаком, що бачимо з дальших середніх даних (в ц/га).

Болотяні Заливні Низинні Суходільні луки

Приріст від суперфосфату	5,1	5,7	5,1	17,9
„ „ шлаку	8,7	8,8	8,8	8,7

Отже, тільки на суходільних луках виявилось, що суперфосфат кращий, ніж шлак. Число дослідів з застосуванням фосфо-

ритної муки на луках покищо недостатне, бажано їх поширити, особливо в комбінації з калійними солями (див. далі). Випадки крайньої недостатності фосфору в ґрунті і ненормально низького вмісту його в сіні наводить Рессель в такому зіставленні (в процентах):

	P_2O_5
Добре сіно (середнє з 24 в Англії)	0,73
Сіно з Південної Африки	0,04
Сіно з Африки { Моїо	0,10
{ Кенуа	0,19
Сіно з Австралії	0,10 – 0,30

При годуванні таким сіном тварини не можуть нормально розвивати кістяк. В інстинктивній гонитві за фосфором вони дуже жадібно поїдають навіть гниючі кістки, незрідка захворюючи через отруїння птомаїнами. Ввіз суперфосфату до таких місцевостей Австралії не тільки мав наслідком поліпшення якості сіна, але стала можливою культура пшениці там, де вона до того часу не росла.

Можна поставити питання, чи не трапляються в нас огнища такої недостатності фосфору в кормах. Так, наприклад, в тому піщовому царстві, що його характеризує Шенкурський район, у селищах, де для удобрення користуються виключно компостом з мохового торфу з гноєм, спостерігається, що кістки тварин часто ламаються, ячна шкарлупа м'яка, діти хворіють на рахіт. Звичайно це пояснюють недостатністю тільки вапна, але можливо, що в таких умовах є недостатність також і фосфору. Введення фосфоритної муки в торф'яний компост могло б у таких випадках відіграти велику роль як для підвищення врожаїв, так і для оздоровлення складу рослинної поживи і тваринних кормів.

Крім діяння фосфатів у перший рік, спостерігається ще більша чи менша післядія їх на другий і подальші роки. Ця післядія більша в малорозчинних фосфатів не тільки тому, що першого року вони менше використовуються, а ще й тому, що їх вносять звичайно більшими кількостями, ніж розчинні.

Відомий ряд випадків, коли діяння фосфатів було помітне навіть на трьох рослинах, посіяних одна за одною. Іноді це діяння розтягується на ще більший строк (при внесенні значних кількостей).

Так, нам довелося спостерігати на чорноземі кол. Воронізької губ. (Борінське господарство) діяння кістяного вугілля, внесеного 1889 р., на третю рослину по тому ж таки добриву (буряк) в 1891 р. Наводимо деякі приклади:

	Без доб- рива	3 добри- вом	Без доб- рива	3 добри- вом
Урожай у центнерах з гектара	122,5	166	108	142
Цукристість у процентах	15,0	16,04	15,38	16,21

Тут ясно бачимо вплив не тільки на врожай, а й на цукристість, що виявився в цілому ряді випадків. Правда, кістяного вугілля було дано багато (близько 8 ц/га).

Вагнер наводить випадки многорічного діяння на лучну рослинність томасшлаку, внесеного один раз (восени 1889 р.) кіль-

кістю 8 ц (при повторному внесенні каїніту на всіх ділянках); укоси були такі (в ц/га):

	1890 р.	1891 р.	1892 р.	1893 р.	1894 р.	1895 р.	1896 р.	1897 р.	1898 р.
Без P ₂ O ₅	17,5	17,4	16,8	14,0	33,1	28,8	25,5	26,7	25,9
Томашлак	25,5	40,4	42,8	28,4	64,4	41,9	36,1	35,9	31,6
Різниця	7,0	23,0	26,0	14,4	29,3	13,1	10,6	9,2	5,7

Нас найбільше цікавить тривале діяння фосфоритної муки: якщо внести її збільшеними кількостями на опідзоленому ґрунті, бідному на фосфор, то вплив цього внесення не закінчується одною сівзміною, а переходить і на наступну. Приклади такого тривалого ефекту дала Енгельгардтівська дослідна станція. В цьому випадку ми стоїмо вже на грані між удобренням у звичайному розумінні слова і корінним поліпшенням ґрунту, тобто утворенням у ньому нового запасу фосфорної кислоти і одночасним пом'якшенням кислотності ґрунту кальцієм фосфориту.

КАЛІЙНІ ДОБРИВА

Калій є таким самим необхідним елементом для життя рослин, як азот і фосфор. Однак, фізіологічна рівноцінність елементів не означає ще рівності значення того чи того елемента в справі внесення добрив, бо тут домішується ряд інших факторів, як багатство ґрунтів на ту чи ту речовину, а також кругобіг цієї речовини в господарстві. Тому треба ближче розглянути ці обставини.

Калій поширений у природі більше, ніж фосфор, і вміст його в гірських породах становить не малі частини процента, як для P₂O₅, а цілі проценти, наприклад, 4—6% в гранітах і гнейсах, від 1 до 5% у базальтах, 3—5% в трахітах. Під час вивітрювання гірських порід і руйнування силікатів калій почасти вимивається (у вигляді калій-карбонату та калій-силікату) і виходить у море (звідти калій Стассфурта і Солікамська), почасти ж він залишається в ґрунті в різних формах, що в воді важко розчинюються, але частково легко засвоюються рослинами, як калій у вбираючому комплексі, і значною мірою в залишках від неповного зруйнування калійних мінералів, що правлять за резерв для поступінного утворювання засвоюваних рослинами форм калійних сполук.

У вбираючому комплексі міститься звичайно тільки невелика частина ґрунтового калію; значно більша частина його є в формі екстраговуваної соляною кислотою. Але й цим також не можна обмежуватися, бо значна частина калію в залишках від незруйнованих силікатів не розчиняється в соляній кислоті (її можна перевести в розчинні сполуки стопленням з содою).

Так, у наших чорноземних ґрунтах часто може бути лише 0,05% калію у вбираючому комплексі, на 0,2—0,5% K₂O в соляно-

кислій витяжці при гуртовому вмісті калію в 1—2⁰/₀. У підзолистих ґрунтах, де значно менше всіх поживних речовин, у вбираючому комплексі калію іноді майже зовсім немає, але соляно-кисла витяжка може виявити 0,1—0,2 K₂O.

Загалом помічається зв'язок між вмістом глини в ґрунті і багатством їх на калій. Так, при дослідженні ґрунтів у Швеції виявилася в середньому така закономірність (у процентах).

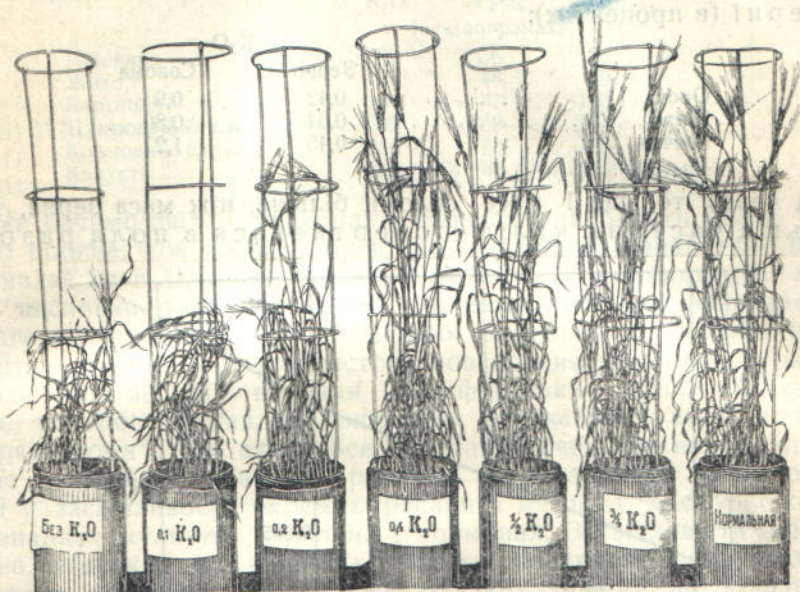


Рис. 30. Вплив зростаючих доз калію (від нуля до норми) на ріст хлібів (піскові культури)

	Піски	Супіс-ки	Легкі сугл.	Важкі сугл.	Глини
K ₂ O (по HCl)	0,08	0,11	0,14	0,20	0,26
Глина (по Al ₂ O ₃)	0,3	1,7	4,3	6,8	11,2

Див. рис. 31.

Однак, соляно-кисла витяжка не передає відтінків засвоюваності, і дослід показує, що, наприклад, у даній серії ґрунтів, якщо взяти глинистий ґрунт і легкий суглинок з тим самим вмістом калію 0,20⁰/₀, то для глини це означатиме потребу на калійне добриво (бо це нижче від середньої норми), а для суглинка — відсутність такої потреби (бо 0,20⁰/₀ для легкого суглинка — це вище середньої норми). Очевидно, зв'язані ґрунти гірше віддають свій калій рослинам (якщо виразити в процентах щорічне нагромадження засвоюваних форм), а легкі суглинки „не багаті, але тароваті“. Відтінки засвоюваності калію (крім показів рослин) краще вловлюється слабкими кислотними витяжками, про які буде мова пізніше, аніж соляною кислотою.

Бідністю на калій відзначаються, крім піскових і дуже опідзолених ґрунтів, також мохові торф'яники, а суглинки і глини, чорнозем і лес мають набагато більше калію, ніж фосфору.

Крім багатства названих ґрунтів на калій, кругобіг речовин у господарстві складається сприятливіше для калію, ніж для фосфорної кислоти в наслідок іншого розподілу по органах рослини, а саме: калію міститься більше в соломі, ніж у зерні (в процентах):

	K ₂ O	
	Зерно	Солома
Овес	0,42	0,97
Жито	0,54	0,80
Гречка	0,45	1,27

А через те, що і маса соломи більша, ніж маса зерна, то більша частина калію повертається в поля разом

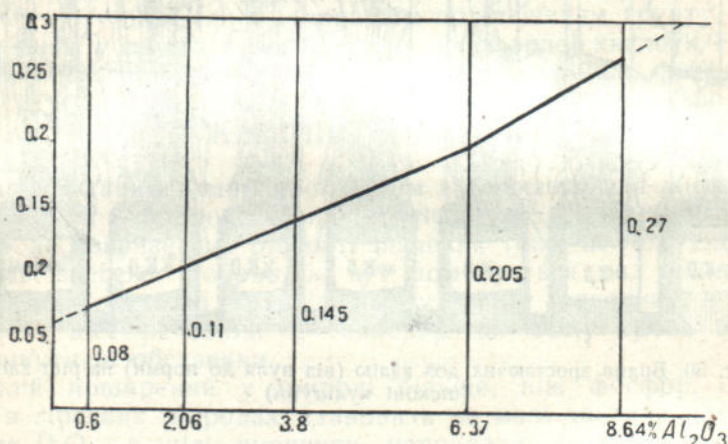


Рис. 31

з гноєм, відмінно від фосфорної кислоти. Коли ж у господарстві є луки, то може виявитися, що поля одержують навіть більше калію, ніж віддають, — відбувається немов би перекачування калію з ґрунту лук у ґрунт полів.

У Німеччині вважають, що при відсутності мінеральних добрив для покриття вивезення калію з полів досить мати 8% площі під луками, тоді як на компенсацію вивезення фосфору потрібна площа лук у 45% від площі орної землі.

Тому потреба на калійні добрива звичайно настає пізніше, ніж потреба на фосфор і азот. Однак гарний баланс по калію далеко не завжди значить, що немає потреби вносити калійне добриво, бо на ґрунтах, бідних на калій (підзолах і супісках), цей баланс зводиться при тому низькому рівні врожайів, що зумовлений загальною бідністю цих ґрунтів, і якщо ми хочемо збільшити врожайі на таких ґрунтах внесенням азоту і фосфору, то на них потреба на калій може виявитися водночас, і в таких

умовах доведеться взяти до уваги, що взагалі врожаї відбирають калію більше, ніж фосфору, при чому між окремими культурами щодо споживання калію існує значна різниця.

Так, при німецькому рівні врожаїв винесення окремими культурами калію, фосфору і азоту становить такі величини (многорічні середні):

	K ₂ O	P ₂ O ₅	N
	(в кілограмах)		
Пшениця	82	36	86
Жито	105	46	69
Картопля	165	37	113
Цукровий буряк	232	69	201
Кормовий буряк	253	73	183
Капуста	320 (560)	85 (140)	300 (і більше)

Як бачимо звідси, картопля і коренеплоди беруть калію далеко більше, ніж хліба, а тому, що в їх золі половина (і більше) припадає на K₂O, то Лібіх назвав ці рослини калійними. Він навіть висловив припущення, що „буряковтома“, яка виявлялася в багатьох господарствах Німеччини, залежить від виснаження ґрунту калієм у наслідок частого повторення культури буряка і коли були відкриті поклади Стассфуртських солей в Німеччині, то Лібіх думав, що знайдено радикальний засіб проти „буряковтоми“. Але виявилось, що таке пояснення надто спрощене¹, а саме: крім аналізу рослини, треба зважати ще на різницю у засвійливості окремих рослин і на різну долю врожаю у випадках культур технічних і кормових. Засвійливість щодо калію в деяких із „калійних“ рослин виявилася підвищеною, рівняючи з хлібами, але водночас бувають рослини, що відбирають багато калію і відзначаються поганою засвійливістю щодо малорозчинних сполук калію в ґрунті. Таким є, наприклад, тютюн. Тому потрібен індивідуальний підхід до окремих рослин (або принаймі, до їх груп), доводиться зважати на те, що чутливість рослин до того чи того добрива залежить як від розмірів споживання даної речовини, так і від тої легкості, з якою рослина засвоює її. У формулі (здогадній), що виражає потребу рослин на добриво, перша величина повинна стояти в чисельнику, а друга — в знаменнику; якщо змаєник (засвійливість) великий, то рослина буде мало відчутною до даного добрива, хоча б споживання (чисельник) і доходило значних розмірів. Що деякі з „калійних“ рослин відзначаються здатністю при тих самих умовах брати більше калію з ґрунту, ніж інші, було, між іншим, у дослідах Вагнера при культурі різних рослин на тому самому ґрунті. Із загального запасу калію

¹ Та специфічна буряковтома, що постає при частому поверненні буряка на те саме поле, є наслідок біологічних причин (пошкодження нематодами), недостатність же калію найчастіше виявляється в простому недоборі урожаю буряка. В крайніх випадках калійного голодування буває, що листки захворюють, а саме, на них з'являються бурі плями, а далі погано відкладається цукор у корені; але ці явища зовсім не схожі на ту буряковтому, що спричинюється нематодами, і застосування калійних солей для боротьби з таким захворюванням було невдалим.

(100%) на тому самому ґрунті різні рослини взяли такі відносні кількості K_2O (в процентах):

Бурак	12,1	Люцерна	7,7
Картопля	10,7	Жито	6,9
Горох	8,5	Льон	6,5
Овес	8,1	Пшениця	6,2
Клевер	8,0	Ячмінь	5,2

Зрозуміло, що засвійливість може відігравати роль лише там, де є з чого засвоювати, де значна частина калію є в елементах „багатства“ ґрунту. На ґрунті ж, що взагалі має мало калію, спостерігатиметься більший паралелізм між розмірами споживання калію тою чи тою рослиною і чутливість її до добрива.

Далі, процес виснажування ґрунту при культурі „калійних“ рослин буде цілком різний, залежно від їх призначення. Так, при згодовуванні картоплі скоту в тому самому господарстві весь взятий з ґрунту калій буде повернено в нього ж таки з гноєм, якщо ж картоплю відвезуть на завод, калій в ґрунт не повернеться, і потреба на калійні добрива виявиться далеко швидше.

За матеріал для калійного добрива правлять: 1) калійні солі, що їх раніше видобували майже виключно в Стассфурті (Німеччина), а тепер і в нас, у Солікамську; 2) почасти для цього придатні деякі з калійних силікатів, як слюда, нефелін та ін.; 3) зола, що має більше значення в нас, ніж на Заході.

Калійні солі. Першими були відкриті поклади калійних солей у Стассфурті, в Німеччині, і довгий час Німеччині належала монополія постачання калію світовому сільському господарству. Після війни почали розробляти поклади в Ельзасі, який відійшов до Франції, в Східній Галичині, що ввійшла до складу Польщі, а ще пізніше були відкриті в нас великі відклади калійних солей в Солікамську.

Історія відкриття Стассфурта і Солікамська має спільні риси. І тут, і там раніш видобували кухонну сіль, в Стассфурті 40-х років видобуток припинився через уявне виснаження запасів солі, але геологи настояли на пробному свердлінні. При цьому, пройшовши шар солених глин, знову дійшли до великої товщі основних (первинних) відкладів кухонної солі і виявилися, що раніш відомі її шари були вторинними. Тоді знову почали видобувати сіль, але доводилося знімати верхні шари цього первинного відкладу, забарвлені в червонуваті відтінки, що мали гіркий смак. Спочатку їх відкидали при видобуванні кухонної солі. Але ця відкидна або здіймана сіль (Abraumsalz) і містила, як виявилося, сполуки калію та магнію. Тоді точніше визначили залягання калійних солей, і з 1861 р. почали їх видобувати, при чому видобування далі зростало так (у тисячах тонн):

1861 р.	2	1900 р.	3 037
1870 „	288	1910 „	8 160
1880 „	668	1920 „	11 386
1890 „	1 279	1929 „	13 329

З цієї кількості близько 94% іде на потреби сільського господарства, і тільки близько 6% бере хемічна промисловість.

Перші спроби застосування калійних солей були невдалі почасти через надто великі дози (без достатніх доз азоту), почасти тому, що керувалися не властивостями ґрунту, а вибирали „калійні“ рослини, зокрема буряк, культивовані на кращих ґрунтах. Але при тому рівні культури не одержували ясного діяння калію на кращих ґрунтах, і перший успіх калійні добрива мали лише при культурі болот (Рімпау), а потім — при культурі пісків у люпинових сівозмінах (Шульц-Люпіц). Тільки трохи пізніше, коли почалося загальне підвищення врожаїв у Німеччині в наслідок посиленого внесення фосфатів азотистих добрив, калійні добрива почали діяти і на тих ґрунтах, що раніше не потребували їх, і тоді застосування стассфуртських солей стало загальним правилом у Німеччині.

До війни калійні солі ввозилися до нас з Німеччини, це й було єдиним джерелом калію на ринку добрив (зола, при великій кількості її в країні, на ринок не надходила). Тільки 1925 р. у нас були відкриті свої поклади калійних солей в Солікамську. Як у Стассфурті, так і в нас на Камі, справа почалася з видобування кухонної солі.

Промислове солеваріння почали Строганови при Івані Грозному; потім „солі камські“ відіграли визначну роль у постачанні країні кухонної солі, але іноді ропа мала гіркуватий присмак, а сіль — червонувате забарвлення.

Гіркий присмак солі — це наслідок магнію, а магній входить у склад одного з найпоширеніших калійних мінералів — карналіту. Не раз були вказівки на бажаність розвідки на калій і магній в цьому районі, але тільки припинення зв'язку з Німеччиною під час війни змусило звернути увагу на це питання. 1916 р. акад. Курнаков показав, що зразок червоної солі, видобутий під час свердління одної з свердловин ще 1907 р., який зберігся в одного з старих робітників соляної справи, являє собою не що інше, як сильвініт. 1917 р. аналіз ропи, взятої з різних глибин показав зростання домішки калію до кухонної солі з 0,17 до 0,49%. До цього приєдналися міркування геологів про бажаність глибокого свердління, щоб відшукати калійні солі, але дорожнеча такого свердління і труднощі періоду громадянської війни, а потім наслідки неврожаю 1921 р. не дозволили тоді розпочати цю роботу. 1924 р., у зв'язку з питанням про перехід від виварювання ропи до видобування кухонної солі гірничими роботами, в Солікамський район був відряджений проф. Преображенський, що у зв'язку з цим завданням вивчив усі матеріали з соляних родовищ Пермського краю і дійшов того переконання, що в Солікамському районі без сумніву є калієносні верстви. На початку вересня 1925 р. почали глибоко свердлити, і 5 жовтня того ж таки року розвідча свердловина на глибині близько 200 м. увійшла в товщу калійних солей. Калієносні верстви з прошарками кам'яної солі мають загальну товщину близько 100 м. З них близько 50% припадає на шари з таким вмістом калію, що

вони стають придатними для промислового видобування. Підстилаючою породою є великі відклади кухонної солі.

Тоді було закладено ще кілька свердловин у районі Солікамська, і виявилось, що така сама картина повторилася на значній площі (близько 25 кв. км.). Це вже виявило грандіозність розмірів покладів і „спокійне залягання“ верств, відмінно від Стассфурта, де верстви похилі і швидко спускаються на значну глибину. Хемічний склад відкладів солікамських покладів характеризується пануванням хлоридів, тоді як у Стассфурті є і хлориди і сульфати. Головними калійними мінералами для Солікамська є карналіт і сільвініт.

Карналітова зона — це верхня найбільша частина покладу. В чистому вигляді карналіт має склад, що відповідає формулі: $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$, а в природних відкладах зерна карналіту перемішані з зёрнами кухонної солі і крім того сіль утворює прошарки. В наслідок домішки мікроскопічних лусочок залізного блиску карналітові шари часто забарвлені в червоний або оранжево-червоний колір, вміст K_2O в них коливається, найчастіше між 16 — 17%.

Для сільвінітової зони, що глибше залягає, характерна присутність кристалів KCl (сільвініту), але знову таки вони тісно перемішані з кам'яною сіллю і ця суміш утворює породу, що зветься сільвінітом, де співвідношення KCl і $NaCl$ не стало ($mKCl + nNaCl$). Забарвлення шарів сільвініту змінюється від темночервоного („сургучного“) до світлорожевого кольору. Глибина робочих шарів сільвініту становить близько 9 — 10 м., вміст K_2O від 10 до 24%.

Крім типової послідовності, з якою сільвініт трапляється на більших глибинах, ніж карналіт, подекуди, крім основної (нижньої) сільвінітової зони, у верхній частині покладу бувають ще шари вторинного сільвініту, який утворився за рахунок діяння води на карналіт (усунення = $MgCl_2$ і кристалізація KCl).

Протилежно Солікамську, де покищо знайдено тільки хлориди, в інших родовищах бувають також і солі сірчаної кислоти. Так стассфуртські поклади дають, крім карналіту, ще й каїніт, для якого характерна сполука $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$, але через домішку $NaCl$ каїніт звичайно має близько 13 — 15% K_2O . Крім каїніту трапляється полігаліт ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2H_2O$), якого дуже багато в техаських калійних покладах Північної Америки. В морській воді є як хлориди, так і сульфати, і питання про те, що стаєлося з сульфатами при утворенні солікамських покладів, потребує вивчення. Можливо, що сульфати ще буде знайдено (якщо вони не зникли під час будь-яких вторинних процесів, які відбулися вже після виділення солей з морської води).

Після вивчення вертикального розміщення калієносних верств, залишалося ще неясним, наскільки ж простягаються поклади в горизонтальному напрямку. Після кількох свердловин у Солікамському свердлові роботи перекинули на 35 км на південь, в район Березників, і тут повторилася та сама картина залягання калійних солей, що й в Солікамську. Такий самий результат одержали при свердловині на північ від Солікамська більше, як на 35 км, і на схід — приблизно на 20 км. Західну межу родовища менш обслідувано. Вся обслідувана площа більша

1500 кв. км, і загальні запаси K_2O в Солікамському родовищі в сучасних межах становлять гігантську величину в 16 млрд т K_2O , більшу не тільки запасів Стассфурта, а й сукупності запасів Німеччини, Франції (Ельзас), Польщі (Східна Галичина), Іспанії та інших досі відомих родовищ на земній кулі.

Крім басейна Ками, калійні солі знайдено ще в Середній Азії, в Керкінському районі. Крім того в Урало-Ембінському районі також відзначено присутність калію.

Щодо процесу утворення таких покладів, як солікамські й стассфуртські, то при всій очевидності їх морського походження недосить було б думати, що в наслідок відокремлення від океану створилося внутрішнє море, яке потім висохло і залишило поклади тих солей, що були в розчині, бо, якщо найліпша частина океану була так ізольована і висихала, то товщу солей, що могла б при цьому відокремитися не можна було б аж ніяк порівнювати з соляними масами відкладеними у Стассфурті і Солікамську. Треба припустити, що в цих басейнах випаровувалися нові і нові маси солоної води, які припливали з океану, а не відпливали в океан. За модель такого механізму (хоча і в спрощеній формі) може правити те, що відбувається тепер у Карабугазькій затоці, з'єднаній з Каспійським морем мілководною протокою. В цій протоці існує одностороння течія, при чому з Каспія в Карабугаз вливаються великі маси води (18 куб. км), бо сильне випарування (під впливом сухих і гарячих вітрів, що проходять через пустиню Середньої Азії) спричиняється до постійного пониження водяного рівня в затоці; згущений розчин солей спускається в глибину, а зверху припливає знову менш солона (отже, легша) вода Каспійського моря, щоб зазнати такої самої долі. Важчий розчин на дні затоки не виходить в Каспійське море, бо сполучення з ним є тільки для поверхневої води. Тому в Карабугазі вода так насичена сіллю, що риба, загнана туди бурєю, гине. На дні відбувається кристалізація солей, головню $CaSO_4$, $NaCl$ і Na_2SO_4 , але якщо протока буде занесена піском і припиниться доплив з Каспію, то при висиханні поверху названих солей відкладуться солі калію та магнію. Тоді утвориться мініатюрна подібність до Стассфурта і Солікамська. Дійсність складніша від змалюваної схеми, бо тут ще домішується вплив температури (від якої залежить склад суміші солей, що кристалізується) і ряд вторинних процесів у геологічну епоху, що йдуть за періодом відкладу солей, тим більше, що сполучення з океаном у таких напівізольованих басейнах може то припинятися, то поновлюватися, і якщо відклади солей покрилися зверху глинистим прошарком, то при дальшому наступанні моря вони можуть бути захищеними від розмиваючого діяння морської води, і на них можуть відкладатися осадові породи найрізноманітнішого характеру. Від таких обставин залежить також і захищеність від діяння атмосферних опадів у періоді, коли море відступає, хоча в цих випадках збереження соляних відкладів іноді залежить від сухості клімату, як у пустинях Середньої Азії та Південної Америки (Чілі).

За другу „модель“ майбутнього Стассфурта править Мертве море, куди р. Йорданом приносяться солі, які вимиваються опадами з солончакових ґрунтів, що оточують долину річки. А через те, що Мертве море не має відпливу, і вся вода, приношувана річкою, йде на покриття втрати від випаровування, то й утворилася дуже густа ропа (відомо, що в Мертвому морі не можна втопитися, як і у нас в ролі Сакського озера в Криму), і на дні відбувається кристалізація ряду солей (Na та Ca); але калійні солі покищо містяться в розчині. Коли б можна було відвести річку, то солі (калію і магнію) відклалися б, як звичайно, зверху натрій-хлориду. Тепер англійська компанія розпочала видобувати калійні солі з води Мертвого моря.

Після відкриття і вивчення умов залягання карналіту та сильвініту треба було розв'язати нелегке завдання — опанувати калійні солі і збудувати рудник. Тут є свої труднощі, бо над калійними солями залягають водоносні породи (мергелі, пливуні тощо), і треба (відмінно від вугільних покладів) проко-

пати шахту, не даючи воді дійти до соленосних верств. Усі ці труднощі тепер подолано, перший сільвінітовий рудник у Солікамську вже готовий і даватиме 1,5 млн. т сирих солей щороку.

Крім того розпочато будівництво другого такого самого рудника на Чуртані (біля Березників) для комбінування калію з азотом і фосфором (див. далі розділ про складні добрива), і третього — карналітового — поблизу від Солікамська для постачання майбутнього великого карналіто-магнієвого комбінату (що здобуватиме металевий магній і калій-хлорид з карналіту).

Труднощі в боротьбі з водою при прокопуванні шахт через водоносні горизонти перемогали в Солікамську кількома способами, а саме: першу шахту прокопували способом цементації, при якому свердлять свердловини, що навкосо відходить від стовбура шахти і в них вганяють підтиском напіввідку цементну масу, яка відтискує воду, а потім кам'яні. Після цього перейдену ділянку шахти кріплять чавуном (масивними півкільцями, тубінгами) з водопроникливою прокладкою з свинцю. Якщо слідом не закріпляти кожний крок цементацією і тубінгами, то у водоносних шарах можуть утворюватися небезпечні (для шахти і людей) обвали. Другу шахту будували способом заморозування ґрунту навколо майбутнього стовбура шахти з допомогою циркуляції рідини, охолоджених до -20° , або -40° (останнє потрібне, якщо треба заморозувати соленосні води). Цей спосіб розроблено в Німеччині, і щоб здійснити його, було запрошено німецьких спеціалістів. Третій спосіб, запропонований одним із наших інженерів, полягав у тому, що цементацію було замінено глинуванням, тобто напompовуванням у свердловини (так само під тиском) напіввідкої глиняної маси, а далі осадженням глини розчином калій-хлориду і закріпленням портландським цементом, щоб утворилася пробка на шляхах проникання води в шахту. Комбінація цього способу з додатковою цементацією дає можливість заекономити на цементі, потрібному для прокопування кожного метру шахти через водоносні горизонти.

Крім того, що створено і устатковано рудник з усіма пристроями для видобування і транспорту, збудовано млин для розмолу солей і збагачувальну фабрику, що виготовлятиме з сирих солей 40-проценту сіль, як придатніше для далекого транспорту калійне добриво, та калій-хлорид потрібний хемічний промисловості і на виготовлення складних добрив (концентратів). 40-процентну сіль готують, змішуючи калій-хлорид з сирими солями (у нас — з сільвінітом або карналітом).

Можна думати, що другий спосіб буде ще кращий не тільки тому, що магній карналіту може позитивно впливати, як поживна речовина, якої може не вистачати в бідних ґрунтах, а й тому, що на таких ґрунтах магній буде сильнішим антагоністом (компенсатором) однобічного збагачення розчину на калій.

1. ЗАГАЛЬНІ УМОВИ ЗАСТОСУВАННЯ КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ

Можна думати, що спочатку калійні солі у нас, як і в Німеччині, застосовуватиметься переважно на ґрунтах, з природи бідних на калій, тобто дуже опідзолених, піскових і торф'яних, і лише поступінно, в міру того, як не тільки фосфати, а й азотисті добрива набудуть широкого застосування, і врожаї буде піднесено, і на кращих суглинках, чорноземах та сіроземах Середньої Азії набуватимуть дедалі більшого застосування і калійні добрива.

Але ґрунти, бідні на калій, як підзоли, піскові ґрунти і верхові болота, водночас бідні і на вапно, вони і часто містять у вбираючому комплексі значні кількості обмінного водню. Звідси — можливість, особливо при внесенні низько процентних калійних солей, деяких побічних несприятливих впливів, що можуть зменшувати, а іноді і паралізувати позитивне діяння від внесення самого калію. Найбільше заслуговують бути відзначеними дві обставини: 1) якщо ґрунти містять увібраний водень, здатний до обміну, то ніяке інше добриво не спричиняє цього обміну так, як низькопроцентні калійні солі, бо для внесення нормальної дози калію в цьому разі доводиться вносити велику дозу солей, і тоді вся сума внесених основ (K, Na, Mg) бере участь у витисненні увібраного водню; від цього ґрунтовий розчин збагачується на водневі іони, тобто посилюється його кислотність, а підвищення кислотності понад певну межу може шкодити рослинам (при тому клеверу і льоново більше, ніж вівсу); від цього не зрідка спостерігалось в колишніх дослідах, що на підзолистих ґрунтах ефект від парної комбінації добрива (NP) був вищий, ніж від повного добрива (NPK). Тому на таких ґрунтах перед тим, як застосувати калійні солі (особливо низькопроцентні), треба провести вапнування, у випадках же не дуже гострих треба одночасно з внесенням калійних солей вносити достатню дозу фосфоритної муки; тоді можна сподіватися, що підвищена кислотність ґрунтового розчину буде пом'якшена кальцієм фосфориту, а водночас P_2O_5 фосфориту перейде в засвоювану форму (при доброму попередньому змішанню обох видів добрив між собою можна сподіватися кращого ефекту, ніж при внесенні їх нарізно); 2) при частому внесенні низькопроцентних калійних солей увібраний кальцій поступінно витискується калієм і натрієм, причому $CaCl_2$, що утворюється при обмінному розкладі, вимивається з ґрунту дощами; з роками від заміщення у вбираючому комплексі кальцію натрієм та калієм можуть погіршитися фізичні властивості ґрунту. Вапнування і тут є засобом, що запобігає такому явищу, але через дорожнечу вапнування не треба нехтувати й іншими способами введення в ґрунт кальцію, як, наприклад, застосування $Ca(NO_3)_2$ та $CaCN_2$ замість аміачних солей, віддавання переваги простому суперфосфатові, що містить домішку $CaSO_4$ ¹, подвійному суперфосфатові та амюфосу, застосування фосфоритної і кістяної муки при ґрунтах ненасичених і т. ін.; 3) через те, що з калійними солями (особливо з низькопроцентними) вноситься велику кількість хлору, що взагалі непотрібний рослинам і в деяких з них погіршує якість урожаю, калійні солі треба вносити не перед самим посівом, а завчасно, навіть з осені, якщо ґрунт має

¹ Попутно введення кальцію, хоча б і у вигляді таких солей, як $CaSO_4$ та $Ca(NO_3)_2$, крім впливу на властивості ґрунту, корисне і з погляду фізіологічного, бо воно сприяє врівноваженню двовалентним іоном кальцію ряду одновалентних іонів, вношуваних з добривами, або що під впливом добрив переходять у розчин з вбираючого комплексу, як іони калію, натрію, амюнію та водню.

достатню вбирну здатність; тоді калій, як катіон, що добре вбирається, затримується ґрунтом, а хлор, вступаючи в сполуку з витисненими калієм і катіонами вимиватиметься дощами в підґрунття і виходить із сфери діяння коренів.

Крім таких умов, що завжди зберігають своє значення, нам доводиться брати до уваги тимчасові особливості, при яких уперше великі кількості калію надходять на наші поля, — ми говоримо про факт попередження калійною промисловістю запізненого будівництва азотної промисловості; нам доведеться найближчих років часто застосовувати калій без „технічного азоту“, отже, доведеться шукати для внесення калію таких угідь і таких культур, що забезпечені азотом незалежно від азотної промисловості.

Сказане посилюється ще й тим, що поки азотна продукція мала, вона піде переважно не туди, куди піде калій. Так, калій потрібен насамперед у зоні підзолистих ґрунтів, пісків і болот, азот же протягом 3—4 найближчих років має йти переважно в Середню Азію (під бавовник). Так само азот гною не є обов'язково провідником для калію (як це ми маємо для фосфору), бо гній містить калію не менше, ніж азоту (та ще й в більш завоюваній формі); нітратний азот чорноземних полів здебільша ще не потребує доповнення калієм для свого використання (крім деяких районів бурякосіяння).

Тому на найближчі 3—4 роки найкращого застосування калійні солі набудуть там, де при недостатності калію питання про азот розв'язується позитивно, незалежно від азоту „технічного“, а такі випадки ми маємо на полях, зайнятих клевером, люцерною і зерновими бобовими, на висушуваних болотах і меліоровуваних луках; далі культури, що йдуть по клеверишу, також до певної міри одержують залишки азоту клеверу (поскільки цей азот не використано вже тимофійкою), потім, якщо льон і картопля почнуть одержувати хоч трохи технічного азоту (наприклад, з 1935 р.), то й незалежно від клеверу вони стануть споживачами калійних солей.

Але якщо ми простежимо хоч коротенько ставлення окремих культур до калійних добрив, то побачимо, що поле для їх застосування все таки і тепер уже надзвичайно велике. Луки становлять в більшості випадків дуже сприятливий фон для застосування калійних солей з ряду причин, а саме: 1) через те, що вегетативні органи взагалі мають більше калію, ніж фосфору, винесення калію на луках далеко більше, ніж винесення фосфору (наприклад, урожай сіна в 40 ц/га бере близько 60 кг K_2O і лише близько 15 кг P_2O_5); цей калій, надходячи в гній, збагачує ґрунт полів, а не повертається лукам, тому виснаження на калій має раніше настати на луках, ніж на полях; 3) форма сполуки калію (хлориди або сульфати), домішка натрій-хлориду — все це немає особливого значення для якості сіна. Здебільша можна застосовувати найдешевші форми калійних солей, тобто поблизу від покладів або вздовж водних артерій — низькопро-

центні солі. Найбільше помітне діяння калію на зболотнілих луках після їх осушення; при цьому не тільки підвищується врожай, а й змінюється характер рослинності: під впливом калійних солей зникають мохи, осоки (*Carex*, *Juncus*, *Phragmites*), набувають переваги цінні злаки (тимофіївка, ежа, китник, вівсяниця, мятлики), виграють бобові (клевер червоний і білий, види *Vicia*, *Lathyrus*, *Lotus*). В середньому від внесення калійних солей одержується такі прирости:

	Без калію ц/га	Приріст абс. ц/га	Калію %
Болотяні луки	9,8	13,2	67
Низинні	17,6	6,3	36
Заплавні	24,8	4,3	17
Суходільні	16,4	5,3	32

При сукупному внесенні калію з фосфором ефект від калію, звичайно, підвищується. Вважаючи на те, що площа лук у Союзі виражається цифрою понад 50 млн. га (не рахуючи пасовищ), то при удобренні тільки 10% від загальної площі луки здатні спожити всю річну продукцію першого Солікамського рудника. Не треба забувати, що, даючи калій лукам, ми тим самим даємо його поступинно і полям (у вигляді гною), при цьому поля одержать калій уже звільненим від більшості домішок (хлористих солей Na та ін.), які вимиватимуться з ґрунту лук, як менш збирані, ніж калійні солі.

Клевер. Усе сказане про луки значною мірою стосується і клеверу, що вносить калію більше, ніж хлібні злаки. Характерні спостереження щодо діяння мінеральних добрив на клевер і підзолистій зоні зробив ще Енгельгардт, що писав про ґрунти, які раніше удобрювалося тільки фосфоритною мукою, таке: „варто тільки на чахлу, пожовклу отаву, відрослу після збору клеверу, кинути жменьку каїніту, щоб через місяць на цьому місці появились розкішні, соковиті, темнозелені кущі клеверу“ (1892). Так само, як і на луках, тут можливе застосування низькопроцентних солей, якщо тільки їх вносити з осені або ранньої весни, до появи молодих листочків (вняток становлять ґрунти великої ненасиченості, але й тут може шкочити клеверу не сама собою присутність хлоридів, а витиснення обмінного водню). В ряді дослідів (кол. Пермська, Костромська, Нижньогородська, Калузька губерні) від калійних добрив одержувалося прирост в 10—16 ц клеверного сіна на гектар без помітної різниці в діянні між 30—40-процентною калійною сіллю та 13-типроцентним каїнітом. У недавніх дослідах Горьківської станції випробовування різних доз сільвініту (на фоні фосфоритної муки) дало такі результати:

Внесено сільвініту (ц)	1,5	3	6
Приріст урожаю клеверу, } сіна	абс. (ц/га) 16	20	17
	о/о . 55	68	60

Підвищення врожаю клеверу означає більше нагромадження азоту як у кормах (і гноєві), так і в кореневих залишках, що

позначиться на врожаї наступних культур. Ще більше, ніж клевер, реагує на калій серадела, як одна з небагатьох кормових бобових, що може рости на піскових ґрунтах.

Зернові бобові. З цієї групи рослин найбільше реагують на калій люпини: при високій засвійливості люпину щодо фосфору, при великій енергії засвоєння вільного азоту ця рослина, названа в Німеччині „благословенням піскових ґрунтів“, насамперед реагує на калій. Історично відоме господарство Шульца в Люпіці було тим першим огнищем, відки почала поширюватися культура люпину на зелене добриво по калійно-фосфатному добриву (безгноєве господарство на пісках), і успіх калійних добрив у люпиновому господарстві був одним із важливих етапів у розвитку Стассфурта. У Шульца була, між іншим, ділянка з безперервною культурою люпину (на корм вівцям), де через кілька років виявилася „люпиновтома“, тобто врожаї почали зменшуватися; ліки було знайдено в кайніті: 6 ц/га відновили буйний ріст люпину на цій ділянці, і культура могла продовжуватися далі. В нас культура люпину має бути розширена, при цьому є досліди Новозибківської станції, що спеціально вивчає культуру пісків, які виявили, що і в наших умовах при повторенні культури люпину він насамперед виявляє потребу на калійне добриво.

Крім люпину, горох і сочевиця, при культурі на легких ґрунтах, також добре реагують на калійне добриво. І для цієї групи рослин, там де дозволяє транспорт, можна застосовувати низькопроцентні солі (зайвина хлору тут не має значення сама собою, а підкислення ґрунтового розчину за рахунок увібраного водню люпин витримує краще, ніж інші культури).

Льон при відповідній забезпеченості азотом добре реагує на калійне добриво, при цьому підвищується не тільки врожай, незрідка ще позитивний вплив калію позначається на довжині стебел і виході волокна. Льон не є рослиною, чутливою до форми калійного добрива, і є навіть вказівки, за якими сирі солі мають деяку перевагу над діянням 40-процентної солі і калій-хлориду, що можна пояснити корисним впливом магнію з карналіті і кайніті. Протилежні випадки бувають на ґрунтах з великою ненасиченістю основами, на яких переведення захованої кислотності в активну може шкодити льонові більше при вживанні низькопроцентних солей, ніж концентратів. В окремих частинах не чорноземної смуги помічається неоднаковість діяння калійних солей; так, у зведенні за дослідями НІУ одержано такі середні величини в процентах:

Прирости врожаю льняної соломи

	Від самого калію	Від калію на фоні NP
Північний схід підзолистої зони	0,8	0,5
Центрально-промислова область	2,1	1,4
Білорусь і Західна область	2,9	4,7

Коноплі добре реагують на калій при одночасному внесенні азоту і фосфору, найдужче на опідзолених ґрунтах, як бачимо з дальших середніх цифр (в ц/га) (географічна сітка НІУ):

Приріст від К (на фоні NP)

Підзолисті ґрунти	11,4
Сірі лісові землі	3,6
Деградований чорнозем	6,3
Чорноземи	3,4

Як і льон, коноплі реагують на сирі солі не гірше, ніж на високопроцентні, часом навіть краще.

Картопля є типовою „калійною“ рослиною, що звичайно добре реагує на калійне добриво (якщо її не удобрюють безпосередньо гноем), при чому на піскових ґрунтах калій для картоплі може виявлятися навіть у першому мінімумі; але водночас картопля чутлива до форми вношуваних калійних добрив, а саме в ній зменшується крохмалистість від хлоридів, тому застосування низькопроцентних солей (як карналіту, каїніту, а також і сільвініту, коли в ньому є велика домішка NaCl) небажане для картоплі, якщо дорожити не сирією вагою врожаю, а врожаєм сухої речовини, особливо крохмалю. Так, за даними німецьких дослідів (Ремі) різні калійні солі так діяли на крохмалистість (у процентах):

Каїніт	+ 2,2
40-процентна сіль	- 1,3
K ₂ SO ₄	+ 0,2
Сульфати калію та магнію	+ 0,3

При цьому 1 кг. калію оплачувався в прирості врожаю так:

Картоплі (кг)	23	35	35	36
Крохмалю (кг)	1,0	3,9	5,6	6,0

У дослідях Казанської станції (1929 р.) спостерігалось такі різниці у вмісті крохмалю (в процентах) (на фоні NP):

Без калію	19,7
KCl	19,5
K ₂ SO ₄	19,9
40-процентна сіль	19,5
Сільвініт	18,2
Зола	20,1

Отже, пониження крохмалистості під впливом зайвини хлоридів проявляється, як правило, в найрізноманітніших умовах. Щодо впливу на масу врожаю, то не завжди концентровані солі діяльніші за низькопроцентні; на бідних на основи ґрунтах буває і протилежне.

Так, у середньому з дослідів НІУ маємо такі прирости врожаю картоплі в центнерах з га (на фоні NP):

	KCl	K ₂ SO ₄	40% сіль	Сильвініт
Підзоли	17,5	16,6	19,3	26,1
Чорнозем	14,3	13,8	14,5	10,7
Болотні ґрунти	68,5	53,7	—	31,6

Можна, думати, що на не дуже кислих підзолах домішки, що містяться в низькопроцентних солях (Na, Mg), можуть бути корисні як протизагага однобічній перевазі калію в розчині, у випадку ж значної ненасиченості вони шкодять витисненням увібраного водню, а на півдні, у посушливому кліматі вони шкодять, підвищуючи концентрацію ґрунтового розчину.

Але тому, що зменшення крохмалистості є загальне явище, краще зовсім не застосовувати низькопроцентні солі безпосередньо під картоплю. З цього однак не значить, що їх не можна взагалі використовувати в картоплевому господарстві: їх можна вносити в пару під озимину, попередник картоплі; тоді на калій збагачуватиметься гній (через соломку озимих) і збагачуватиметься ґрунт, що добре вбирає калій, а хлориди будуть вимиті дощами за той майже дворічний період, що пройде між внесенням калійних солей і садінням картоплі. Кінець-кінцем внесення низькопроцентного калійного добрива в першому-ліпшому клину сівозміни, віддаленому від картоплі (наприклад, клеверному) і навіть на луках підвищуватиме калійне живлення всіх культур через гній, завдяки збільшенню його кількості і вмісту калію в ньому. З цього приводу в Німеччині кажуть, що „краща форма калійного добрива для картоплі — це гній“ (але такою самою формою є в нечорноземній смугі зола, а на півночі — нефелін, про який буде сказано далі). 40-процентну сіль також рекомендують вносити не при садінні картоплі, а тижнів за чотири, або з осені (крім піскових ґрунтів у вологому кліматі, де можливі втрати калію від вимивання).

Не слід думати, що все сказане стосується тільки заводської картоплі, бо для кормової картоплі так само важливим є не ґрунтовий урожай, а й крохмальні еквіваленти, для столової картоплі здатність розварюватися і смак також зв'язані з вмістом крохмалю. Зайвина хлору понижує розварюваність картоплі; при порівняльній оцінці в Англії вищий бал одержала картопля, удобрена K_2SO_4 за розварюваністю, кольором і запахом у вареному вигляді; за ним дуже близько йшов KCl (але деякі бульби після охолодження темнішали), найгіршою була картопля по калію, 40-процентна сіль посідала середнє становище між KCl і калієм.

Цукровий буряк є такою же калійною рослиною, як і картопля, але тому, що він відзначається більшою засвійливістю щодо калію ґрунту, ніж картопля, бо він не потрапляє на такі бідні ґрунти і удобрюється ґноєм (хоча б і не прямо) регулярніше, ніж картопля, то діяння калійних солей на цукровий буряк звичайно менш рельєфне, ніж на картоплю. У нас буряк є культурою чорноземних ґрунтів, які покищо не бідні ще на калій (крім деяких районів з ґрунтами перехідного характеру), тому при правильному застосуванні ґною звичайно не має чіткої реакції на калій. Але зовсім інакше буває, якщо гній не вноситься (або його надто мало), а вноситься тільки азот і фосфор, — тоді може швидко постати потреба на калій. У дослідіх Миронівської станції був випадок, коли через 10 років культури без ґною при внесенні тільки селітри і суперфосфату при сівозміні з

40% буряка чорнозем виявив різку реакцію на калій, тоді як раніше, при гної, калій помітно не діяв на ґрунт. Отже, в ущільнених сівозмінах чим більше відчуватиметься недостатність гною, чим більше входитимуть до вжитку азотисті й фосфатні добрива для піднесення врожаю вище від сучасного рівня, тим більше виявлятиметься потреба і на калійні добрива.

А покищо чутливість до калію ще не є загальною для буряка, вона обмежується певними районами.

Щодо форми калійних добрив, то питання про діяння низькопроцентних солей на буряк, про те наскільки вони можуть сприяти нагромадженню в соку „мелясоутворювачів“, для нас не буде злободенним і взагалі гострота його для нових селекційних сортів пом'якшилася), бо звичайно, з Солікамська до бурякового району доставлятиметься концентрати, а не сирі солі.

Кормові коренеплоди, поскільки їх культура заходить і в нечорноземну смугу, можуть виявляти на ґрунтах, не таких багатих на калій, більшу чутливість, ніж цукровий буряк, культивованій у чорноземній смузі.

Ось приклад такої значної чутливості з дослідів Горещької дослідної станції (на середньоопідзоленому суглинку в ц/га):

Культури	Без добрив	NP	Прирости проти NP					
			Від сільвініту			від 40% солі		
			3 ц	4 ц	6 ц	1,5 ц	2,0 ц	3,0 ц
Турнепс	283	446	57	62	70	99		45
Брюква	213	273	47	146	72	136	111	20
Буряк	138	215	61,4	117,5	103,2	76	96,3	65

Тут перші дві дози були здебільша продуктивними, третя була вже зайвиною.

Наскільки діяння калію зв'язане з одночасним внесенням азоту (при одночасному забезпеченні фосфором), показують такі дані одного досліді з кормовим буряком у Ротамстеді.

При дозі азоту (кг на акр)	0	43	92
Урожай коренів: без калію (т на акр)	4,0	6,5	9,1
„ „ „ з калієм (т на акр)	4,7	14,0	23,5

(Див. рис. 32).

Тютюн споживає багато калію, але ще більше, ніж для картоплі, тут протипоказуються багаті на хлор калійні солі; не тільки низькопроцентні солі, а й KCl вважають за потрібне при культурі вищих сортів замінювати на K_2SO_4 та K_2CO_3 . В даному випадку причини цього побоювання хлористих сполук зовсім інші, ніж щодо картоплі; тут відіграє роль вплив складу золи на повноту згорання тютюну, а саме: якщо зола багата на хлориди (NaCl, MgCl₂, KCl), то вона легкотопна і в наслідок оповивання

золю непрогорілих часточок утруднюється доплив повітря до них, а звідси — велика кількість продуктів сухої перегонки, що мають важкий дух (зола виходить чорна). Якщо ж зола бідна на хлориди, і калій в ній міститься у вигляді K_2CO_3 , то спостерігається велика туготопкість золи і повніше згорання, зола виходить білою, і той самий сорт тютюну залежно від добрива може дати продукт вельми різної якості, тим то для тютюну

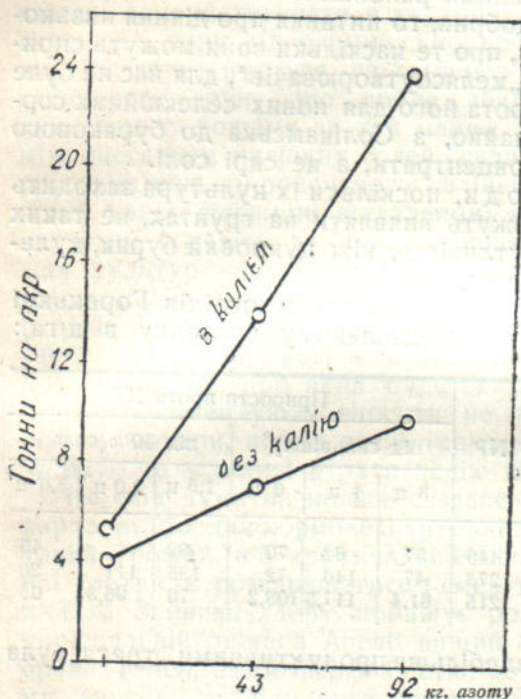


Рис. 32

більш придатні K_2SO_4 та K_2CO_3 , ніж KCl (і тим більше такі солі, де міститься інші хлориди, KCl). Зола є для тютюну таке саме гарне джерело калію (крім інших складових її частин), як і для картоплі. У Західній Європі удобренню тютюну калійними солями надається великого значення, але ще раз і на прикладі тютюну можна переконатися, що для рослини не можна встановити норм добрива, бо ґрунт відіграє домінуючу роль і, наприклад, на Кубані всупереч всьому західно-європейському досвідові, калійні добрива не такі потрібні для тютюну, як фосфорні.

Соняшник забирає багато калію, але тому, що його покищо культивувався в районі багатих

чорноземів, де добрива взагалі мало застосовувалися (наприклад, Кубань), достатніх матеріалів про діяння калійних солей на соняшник ще не зібралось (хоча є ясні вказівки, що при безмінній культурі соняшника в районі Вороніжа вміст калію в золі зменшувався разом з зменшенням урожаю).

Зернові хліба. Калійні солі під хліба можна застосовувати в районах найбільшої дешевини цих солей. Якщо досвід Німеччини показує, що жито й овес частіше реагують на калійні солі, ніж пшениця, то це пояснюється тільки тим, що пшениця культивується на кращих ґрунтах і одержує більше гною, а жито й овес часто культивується на бідних ґрунтах, що дають мало кормів і тому терплять від хронічної відсутності гною. Хлібні злаки нечутливі до внесення хлоридів, тому низькопроцентні солі тут можна застосовувати. Отже, удобрення калійними солями жита, що є попередником картоплі, може мати

значення як спосіб використання дешевих (низькопроцентних) калійних солей не тільки для збільшення врожаю самого жита, а й для збагачення на калій ґрунту (і гною), щоб збільшити врожаї картоплі, не наражаючись на небезпеку знизити крохмалістість від безпосереднього впливу хлористих солей.

При культурі ячменю калійне добриво вважається за особливо бажане, якщо ячмінь культивується як броварський ячмінь.

В наших умовах, поки мало азотистих добрив, найдоцільніш буде вносити калій під хліба так, щоб від цього вигравав і підсіюваний під них клевер¹, а від збагачення ґрунту на азот і калій вигнали б і всі дальші культури в сівозміні.

Самі ж хліба (поки їм не дають азоту) оплачують калій не так добре як льон, картопля і клевер, як бачимо з дальшого порівняння (зведення Балашова).

Внесення 1,5 ц 30-процентної солі дасть такий приріст урожаю:

Жито	0,75—1,15 ц/га
Овес	1,5 ц/га
Ячмінь	1,85 ц/га
Картопля	12 ц/га
Льон (солома)	3 ц/га (+0,6 ц насіння)
Клевер (сіно)	12 ц/га

Однак, ці цифри не остаточні; їх виведено з дослідів, де „технічний“ азот або зовсім не застосовувалося або застосовувалося в мізерній формі. Досить сказати, що в Німеччині, не зважаючи на те, що ґрунти заправлені калієм далеко сильніше, ніж наші, приріст від внесення калію під ячмінь становить від 2,5 до 4,5 ц зерна і від 2 до 6 ц соломи на гектар. Тому в майбутньому, коли хліба одержуватимуть азот, і в нас оплата калію хлібами підвищиться.

2. НЕФЕЛІН ТА ІНШІ КАЛІЙНІ СИЛІКАТИ ЯК КАЛІЙНЕ ДОБРИВО

На підставі негативних дослідів з польовим шпатом раніше думали, що калій безводних силікатів взагалі важко засвоюється рослинами. Але наші досліди (починаючи з 1901 р.) показали, що не можна переносити висновок про польовий шпат взагалі на всі силікати, що слюда в кількох модифікаціях (мусковіт, біотит) містить калій в далеко більш засвоюваній формі, ніж польовий шпат; особливо ж нефелінова порода з берегів Білого моря, доставлена нам проф. Федоровим 1905 р. містила калій у вельми засвоюваній формі. Ось кілька даних з наших дослідів 1906—1907 рр. (піскові культури) (див. 222 стор.).

¹ Якщо ж клевер не одержав калійного добрива, то після нього хліба часто потребують калію, бо клевер, виснажуючи ґрунт на калій, водночас поліпшує азотний фон і тим сприяє успіхові застосування калійних добрив.

	Без K ₂ O	Польовий шпат	Слюда	Нефелін. порода	KCl
Гречка { 1906	2,5	—	—	16,0	19,4
{ 1907	1,7	3,2	6,5	15,9	17,3
Пшениця	2,6	3,7	4,7	20,9	—
Овес	2,5	—	—	13,1	16,1
Гірчиця	2,7	5,8	11,2	12,7	13,9

Тепер, коли в районі Хібін виявлено цілі гори з нефелінової породи, а крім того великою кількістю одержується „нефелінові хвости“ (в дрібнорозмеленому вигляді), як відхід при збагаченні апатитової руди, то для хліборобства на Кольському півострові і в Карелії, яке там розвивається, нефелін являє собою дешеве джерело калію, вільне як від хлоридів, так і від сульфатів; до того ж він ще здатний нейтралізувати кислотність мохових болот, а саме болота на Півночі є основним фондом для створення культурних площ. На них утворюється кормова база для розвитку молочного господарства, а не на мінеральних ґрунтах, що надто мало розвинуті („карликові підзоли“) і важко піддаються культурі.

Вегетаційні досліди, проведені на Хібінській дослідній станції, дали 1930 р. такий результат:

	Те саме плюс:				
	NP	Калійна сіль	Нефелін (однокр.)	Нефелін (10-крат.)	Польовий шпат
Лучний торф	8,9	98,1	64,6	135,7	8,1
Моховий „	0,3	0,9	45,2	96,2	0,3

На моховому торфі нефелін виконує подвійну роль — править за джерело калію і нейтралізує кислотність, властиву таким торфяникам. Крім Кольського півострова нефелінової породи знайдено в інших місцях, як Маріупольський район УСРР та Ільменські гори (південний Урал), в Середній Азії (верхів'я р. Зеравшана) і в Сибіру (Боготольські гольці, по р. Юсу в Мінусінському районі, також на Сахаліні). Крім того, в Сибіру є поклади слюдяних сланців. Такі породи для місцевостей, віддалених від Солікамська, цікаві як матеріал для удобрення (або корінного поліпшення) ґрунтів, бідних на калій, і як спосіб збагачувати ґрунт на калій, не вводячи в нього ні іонів Cl, ні іонів SO₄.

3. ЗОЛА ЯК КАЛІЙНО-ФОСФАТНО-ВАПНЯНЕ ДОБРИВО

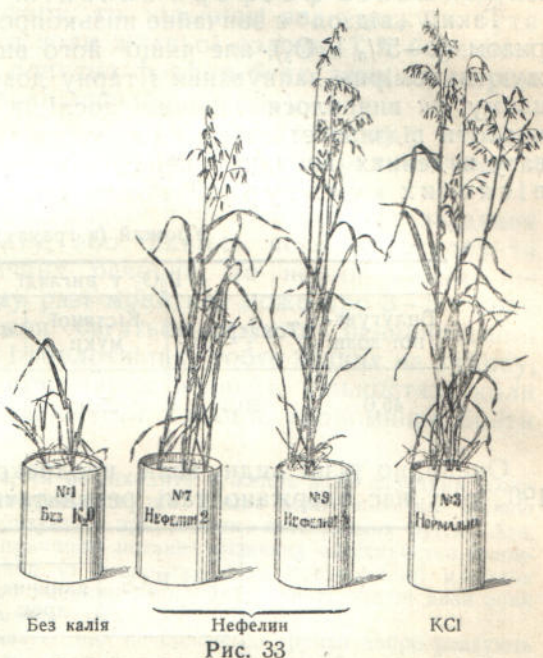
Звичайно, золу розглядають, як калійне добриво, бо вона містить значні кількості калію (6—40% K₂O) у вигляді поташу (K₂CO₃). Однак зола водночас містить фосфорну кислоту (хоча менше, ніж калію), а також вапно, при чому вміст вапна може значно перевищувати вміст калію. Дуже часто золу застосовують кількостями, розрахованими не так за вмістом калію, як за вмістом фосфору або вапна, тому розгляд питання про діяння

золи і норми її внесення не вкладається в рамки розділу про добрива виключно калійні. Для складу деревної золи за середні вважається такі числа (в процентах):

	Калію (K_2O)	Фосфорної кислоти (P_2O_5)	Вапна (CaO)
Зола листяних порід	10,0	3,5	30,0
Зола хвойних порід	6,0	2,5	35,0

Крім того в ній містяться Mg та інші основи невеликими кількостями, а з кислот, крім фосфорної, є насамперед вугільна, потім силікатна (решта кислот у невеликих і змінних кількостях).

Від середніх даних можливі значні відступи, які залежать часті від властивості ґрунту (на багатих ґрунтах рослини дають золу з більшим вмістом калію), часті від віку дерева; молоді дерева (або гілки старих) містять більше золи, ніж старі стовбури, а крім того зола їх багатша на діяльні елементи (супровідні білкам у розподілі по органах), як K, Mg, P, ніж зола застарілих органів, де відносно більше Ca та Si.



Ще багатші на калій види золи, що її дають з стебла багатьох рослин польової культури, як зола житньої соломи, якою опалюють в безлісових місцевостях, або зола стебел соняшника та гречки, що править за матеріал для здобування поташу (таким є поташне виробництво на Кубані — супутник культури соняшника).

Зола житньої соломи містить близько 20% K_2O при 5% P_2O_5 , гречкова і соняшникова золи ще багатші на калій; гречкова зола звичайно містить 25% K_2O , щодо соняшника цей вміст змінюється від 15 до 40% K_2O (останню цифру одержано при аналізі золи соняшника з багатих на калій ґрунтів Кубані). Отже, в золі соломи, жита і гречки та стебел соняшника ми маємо матеріал більш високопроцентний, ніж сирі солі, а головне, замість небажаних домішок він містить речовини, важливі для рослин (P_2O_5) або для ґрунту (CaO)

Іноді в приморських районах для удобрення користуються золою морських рослин, водоростей, що містить близько 18% K_2O (Fucus).

На мурманському узбережжі водорості, що містять йод, дають золу з вмістом K_2O до 30%, тобто таку, що її варто перевозити не менш (скорше більш), ніж 30-процентну сіль, виготовлявану в Стассфурті для експорту.

Наведені цифри стосуються золи, що не зазнала діяння дощових вод або навмисного вимивання, щоб дістати K_2CO_3 .

Вимита ж зола втрачає свою цінність як калійне джерело, але зберігає певне значення як добриво, бо в ній залишаються ввесь фосфор і кальцій.

Такий „відзол“ є звичайно низькопроцентним фосфатним добривом (2—5% P_2O_5), але якщо його вносять 16—17 ц, то одержують помірне вапнування і гарну дозу в 30—80 кг P_2O_5 . При цьому, як виявилось з наших дослідів, така форма фосфорної кислоти відзначається великою доступністю, маючи перевагу в деяких випадках перед томасшлаком. Наприклад, у піскових культурах¹ тютюну дав такі результати:

Урожай (в грамах)

P ₂ O ₅ у вигляді				
Вилугуваної золи	Томасшлаку	Кістяної муки	Фосфориту	Без P ₂ O ₅
45,0	30,3	25,9	5,1	0,7

Очевидно різні види золи неоднакові щодо цього; так ще 1902 р. у нас одержано такі результати:

	Без P ₂ O ₅	Зола		
		ялиних дров	березових дров	житньої соломи
Урожай вівса (в г)	1/1,25	16,2	20,1	34,0
	2/1,23	19,5	18,9	24,6
	3/3,30	20,9	24,7	33,7

Отже, зола житньої соломи, що править за паливо в степових місцевостях, містить фосфорну кислоту в найбільш доступній формі; але і в решті випадків засвоюваність P_2O_5 є значною. З золою названих попереду матеріалів не може зрівнятися зола торфу і кам'яного вугілля.

Застосований на паливо торф звичайно бідний на зольні речовини (не кажучи про механічні домішки) і особливо на калій.

Ось склад одного зразка торф'яної золи за Мюнцем (у процентах):

¹ При внесенні всієї поживної суміші (крім фосфату) в розчинній формі і при рівній дозі P_2O_5 в різних джерелах.

K_2O	0,05 (частіше до 10%)
P_2O_5	0,13
$CaCO_3$	91,1
$CaSO_4$	2,55

Те саме стосується золи кам'яного вугілля. Якщо часом і одержують добрий результат від внесення великої кількості золи такого складу, то його скорше доводиться залічити на рахунок сполук Ca.

Застосовуючи золу (не вимиту), треба розрізняти 3 випадки:

1. Якщо бажають дати у вигляді золи тільки достатню дозу калію, маючи можливість безпосередньо забезпечити ґрунт належною кількістю фосфору, то кількості золи можуть бути невеликі (наприклад, 4 ц/га золи житньої соломи, 7 ц березової золи, 10 ц золи хвойних, попутно фосфор буде дано, приміром у половинному розмірі проти звичайних норм).

2. Якщо мають на увазі водночас дати ґрунті у вигляді золи також і достатню кількість фосфору, то попередні кількості треба подвоїти.

3. Якщо до попередніх потреб приєднується ще завдання усунути кислотність ґрунту, або бідність його на основу та мобілізувати азот органічних речовин, то норми можна ще більше підвищити: в цьому разі мовитися може про 3—5 т золи на гектар, що доречне для багатьох ґрунтів нечорноземної смуги, часто опідзолених і зболотнілих, тобто бідних на основу, або прямо кислих (але при таких великих кількостях, коли найбільше мається на увазі внести кальцій, економніше брати вимиту золу).

Не зрідка ставилося питання, чи не шкодить лужність золи фізичним властивостям ґрунту, при чому припускалося що діяння золи аналогічне діянню соди („лихий солонець“ характеризується присутністю вуглекислих лугів). Але, як вияснили праці Гедройца, причиною поганих фізичних властивостей солонців є усунення ввібраного вапна (а утворення соди є вторинний наслідок цього); з золою ж ми водночас вносимо вапно, тому навіть значні дози золи можуть не діяти на ґрунт аналогічно соді.

В усякому разі дослід показує, що нечорноземні ґрунти добре реагують на значні кількості невимитої золи; мало того, навіть при бажанні поставити дослід так, щоб вочевидь можна було спостерігати шкідливе діяння золи, нам довелося йти так далеко в сторону збільшення дози золи, що ця межа опинилась поза господарськими можливостями.

Так, 1911 р. на ґрунті Батищівської дослідної станції (кол. Смоленської губ.) нам довелося спостерігати корисне діяння смоли при 50 ц з розрахунку на гектар (дослід проведено в посудинах, при оптимальній вологості):

	Без		З о л а				
	добрива	3	6	12	25	50 ц/га	
Урожай на посудину (в грамах) . . .	22,5	30,6	35,5	40,1	42,9	57,3	

Тільки при неможливо високих дозах золи вдалося потім спостерігати шкідливе діяння золи; ось приклад з дослідів 1917 року

	Без		З о л а ¹					
	добрива	60	120	250	400	500	600	800 ц/га
Урожай на посудину (в грамах)	18,5	24,2	29,5	31,1	30,4	28,3	6,9	0,7

¹ Зола мішаних дров.

Ці досліди було повторено в польових умовах на фермі Тімірязевської с. г. академії з кількістю золи до 70 ц/га, причому помічений тільки позитивний вплив. Це показує, що північні ґрунти позитивно реагують не тільки на калій і фосфор золи, а й на внесення основ, при чому треба припустити сприятливий вплив основ на перетвірвання органічних речовин і нагромадження розчинних азотистих сполук (разочий приклад впливу на азотне живлення одержали ми при досліді з коноплями на торфі—вдалося спричинити буйний розвиток рослин при удобренні самою тільки золою, без внесення азоту з сторони).

На півночі давно вже знають удобрення золою; при культурі льону на „палах“ (по випаленому лісу) в підсічному господарстві спалюють не тільки ліс, що ріс на місці, але ще привозять деревний матеріал із сторони, щоб збільшити кількість золи, вбачаючи в ній „сіль землі“.

Але, наприклад, на південному сході з золою, звичайно, довелось б бути далеко обережнішим, бо там ґрунт має багато солей, а клімат сприяє тому, що ґрунтовий розчин має значну концентрацію, а незрідка і схильність до лужності, але в цих умовах звичайно і немає потреби удобрювати золою; для проміжних районів польовий дослід має встановити місцеві норми (відзначимо як попередню вказівку, що у вегетаційному досліді і для чорноземних ґрунтів основа шкідливого діяння золи лежить за межами господарсько можливих норм).

До війни в нас був такий факт: через Новоросійськ ми ввозили поташ, добутий із золи соняшника, а через гавані Балтійського моря ввозили калійні солі з Німеччини, а тим часом неперероблена зола соняшника на Кубані містить 30% калію (K_2O), тому не ясно, чому на удобрення псковського або смоленського льону треба було везти 30-процентну сіль з Стассфурта, а не золу з Кубані: крім однакової цінності щодо вмісту калію ця зола містить інші корисні складові частини (P_2O_5 та CaO) і не містить тих небажаних домішок ($NaCl$, $MgCl_2$), які є в стассфуртських солях і погіршують будову ґрунту, витісняючи вапно. Щодо кількості золи в Союзі, то за деякими підрахунками (включаючи золу соломи і кізяка, що ідуть на паливо) одержується за рік близько 1,5 млн. т, що відповідає річній продукції першого Солікамського рудника.

Але трудність полягає в збиранні золи, перетворенні її на однорідний ринковий продукт і наданні йому транспортабельної форми.

Для півночі, де золу можна застосувати на місцях, значна частина труднощів відпадає; для півдня є досвід поташних заводів, що вмieli скуповувати золу, керуючись кінець-кінцем вмістом калію в ній (виходом поташу, який досвідчені скупники для даного роду золи і даного району визначають досить вірно на око); залишається трудність питання про транспорт високопроцентної південної золи (солон'яної, гречкової, соняшникової) на північ, в райони опідзолених ґрунтів, що потребують калійного добрива (а також вапна й фосфору); але можливо, що

наприклад, способом готування брикетів вдається надати золі транспортабельної форми, що не потребує дорогих мішків (які від золи швидко псуються). Для північних ґрунтів така зола була б цінним добривом як тому, що вона дозволяє дати рослинам калій, водночас зменшуючи кислотність ґрунтового розчину (а не збільшуючи його, як це можуть робити калійні солі), так і тому, що в цій формі дуже зручно дати калій картоплі, не вводячи в ґрунт хлористих сполук.

Складні добрива (концентрати подвійного і потрійного діяння)

Питання про складні добрива зв'язане, поперше, з здешевленням транспорту (а в деяких випадках навіть і виробництвом добрив), подруге ж його треба розглянути з погляду застосування добрив на місцях.

З погляду транспорту, особливо при далеких віддалях, нецільно перевозити велику кількість баласту, що міститься в звичайних добривах, наприклад, в амоній-сульфаті, щоб доставити ті 25% аміаку, що в ньому містяться, перевозять і ті 75% сірчаної кислоти, з якими цей аміак зв'язаний і які для удобрення не потрібні.

Незрідка кажуть, що в амоній-сульфаті цінними є тільки 20% N, в суперфосфаті 15% P₂O₅, а решта—баласт; це, звичайно, не точно, бо рослина сприймає не азот, а аміак або азотну кислоту, і не P₂O₅, а H₃PO₄ або Ca(H₂PO₄)₂, але в цьому, не зважаючи на неточність цифри, є загалом вірна думка, хоч окремі висновки не для всіх випадків збігаються (наприклад, гіпс у простому суперфосфаті для ґрунтів Середньої Азії є баластом, а для підзолів він має цінність і т. д.).

Якщо в даному випадку ми маємо справу тільки з непотрібним аніоном, то у випадку „сирих“ калійних солей, крім хлору, зв'язаного з калієм, ми маємо ще домішки непотрібних солей, як NaCl. Якщо ми не тільки позбудемося цих домішок дрібною кристалізацією, а ще скомбінуємо калій або амоній не з випадковими аніонами, а з аніонами, потрібними рослині, то ми звільнимо транспорт від зайвого завантаження і часто виграємо в застосуванні добрива, бо не треба буде вводити в ґрунт хлор через те, що ми хочемо його удобрити калієм.

Звідси постає доцільність робити парні комбінації, в яких зовсім немає непотрібних аніонів і катіонів, а тільки два необхідні елементи, як, наприклад, KNO₃, KH₂PO₄, NH₄H₂PO₄; тоді транспорт матиме справу з товаром, що на 100% складається з потрібних рослинам складових частин, тоді як суміші селітри з калійною сіллю або амоній-сульфату з суперфосфатом містять багато непотрібних, часто прямо небажаних компонентів.

Треба відзначити, що не завжди принцип найбільшої концентрації приводить до присутності двох елементів: саме азот щодо цього є в іншому становищі, ніж калій і фосфор; оскільки він може входити і в склад катіону (NH₄) і в склад аніону (NO₃), то NH₄NO₃ ми маємо справу з сіллю, абсолютно вільною від баласту, яка водночас містить тільки один елемент, важливий з погляду внесення добрив. Це дуже зручно в тому розумінні, що такі парні комбінації, як KNO₃ та NH₄ H₂ PO₄ містять значно менше азоту, ніж супутного йому компонента, і

додавання NH_4NO_3 дозволяє збільшити вміст азоту в суміші, не порушуючи принципу найбільшої концентрації, як це було б, як би ми для піднесення частки азоту почали додавати NH_4Cl або $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Виготовлення концентратів замість простих добрив є справа нова для Західної Європи; там головна роль належить звичайним добривам (суперфосфат, томасшлак, калійні і аміачні солі), застосовуваним у кожному господарстві під кожен рослин у змінних співвідношеннях, а складним концентратам належить відносно невелика роль, і не тільки парні або потрійні, ба навіть однобічні добрива підвищеної концентрації (як подвійний суперфосфат) незрідка готують лише для експорту в тропічні країни (наприклад, у Голландії — для удобрення кофейних плантацій на Яві тощо); тільки NH_4NO_3 виробляється великими розмірами. Тому може постати питання, наскільки для нас важливі, наприклад, концентрати подвійного діяння, якщо ми не пройшли ще стадії запровадження простих добрив, давно освоєних Західною Європою. Але в нас є свої підстави тепер же певну частину загальної продукції туків відвести на частку парних комбінацій, що дозволяють виключити зайві катіони і аніони, а саме: 1) ми маємо справу з транспортом на великі віддалі, при тому не водним, а сухим шляхом, у наслідок чого витрати на транспорт можуть бути в нас більші, ніж для морського шляху від Амстердама до Яви; 2) особливості нашої фосфатної сировини (брянські, курські, актюбінські, казалинські поклади) часто потребують переробки не способом простого перемішування з сірчаною кислотою, а способом екстракції, тобто, виготовлення розчину фосфорної кислоти, від чого залишається тільки один крок до одержання парних комбінацій; 3) масштаб нашої загальної продукції такий великий, що коли відносна частка парних комбінацій буде і не дуже висока, то абсолютно вона буде цілком достатня, щоб установити в кількох пунктах виробництва концентратів того чи того типу, відповідно до наявних сировинних запасів.

Звичайно, не всі парні (NP, KP, NK) комбінації мають однакове для нас значення. З того, що було сказано про потреби наших ґрунтів на добриво (стор. 125) видно, що значна частина наших ґрунтів найчастіше однаково потребує і азоту і фосфору, це величезна область вологої підзолистої золи, і якщо вона не дуже велика розмірами, то зате потребує насамперед хемізації площі зрошуваних культур в області лесових ґрунтів (Середня Азія і Закавказзя). Тим часом потреба на калійне добриво не є такою загальною, тому природно надати більших розмірів виробництву комбінації NP, а до неї додавати калій лише там, де він буде потрібен. Водночас міркування технологічного порядку приводять до комбінацій азоту з фосфором, а саме: крім особливостей нашої фосфатної сировини, тут замішане ще питання про економію сірчаної кислоти. З сукупності цих міркувань найбільш важливим є питання про виробництво амофосу, тобто однозаміщеного і двозаміщеного амоній-фосфату (звичайно, суміш тої і другої солі), що зручно

здійснюється там, де поблизу аміачних заводів є поклади фосфоритів.

У виробництві амофосу спочатку з допомогою сірчаної кислоти виготовляють екстракт фосфорної кислоти з якогонебудь фосфориту, хай би й такого, що через низькопроцентність непридатний на переробку в суперфосфат, точніше, як у першій стадії виробництва подвійного суперфосфату або преципітату, але далі ця фосфорна кислота нейтралізується аміаком, при чому тепло нейтралізації використовується для часткового усунення води випаровуванням). Водночас уникається витрати сірчаної кислоти на зв'язування аміаку (як це потрібно було при виготовленні амоній-сульфату, поперше, і розкладу сульфату — подруге, на окремих виробництвах). Отже, тут одна молекула сірчаної кислоти виконує подвійне завдання — спочатку її водень переходить до фосфорної кислоти, витискуваної при розкладі фосфориту, а потім цей водень бере участь у зв'язуванні аміаку при утворенні амоній-фосфору¹.

При зв'язуванні одної часточки аміаку дістають $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (з 12% N та 61% P_2O_5), при зв'язуванні двох часточок $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, двозаміщений фосфат або діамофос з 21% N та 53,4% P_2O_5 . Отже 1 т діамофосу замінює 3,5 т простого суперфосфату і 1 т амоній-сульфату, в результаті транспорт має справу з одною тонною замість чотирьох з половиною, при чому продукт на 100% складається з потрібних рослинні речовин без всякого баласту (треба мати на увазі полегшення не тільки залізничного транспорту, а й розвозку від залізничних станцій до радгоспів і колгоспів).

На ділі частіше готують суміш одно- і двозаміщеного фосфату; звідси така хіба: уже в діамофосі відношення азоту до фосфору таке, що, наприклад, для Середньої Азії треба додати азот, тим більше це стосується суміші одно- і двозаміщеного фосфату. Однакового вмісту азоту й фосфору можна досягти кількома способами: 1) якщо строго додержуватися вимоги відсутності непотрібних аніонів, то до амофосу треба додати амселіту — NH_4NO_3 ; оскільки така суміш містить азот уже в двох формах, її не треба називати ні амофосом, ні нітрофосом, вона підходить під більш загальний термін — азофос. (Тут потрібна ще додаткова робота над питанням про боротьбу з гігроскопічністю NH_4NO_3 ; відповідні дослідження проводить НІУ та Інститут азоту). Якщо в нас буде поставлено виробництво карбаміду (синтетичної сечовини), то тоді додаванням карбаміду можна буде виправити відношення N:P в амофосі без будь-яких труднощів з погляду гігроскопічності продукту суміші. 2) Якщо допускати відступи від строгого додержання цієї вимоги, то зручно змішувати амофос з амоній-сульфатом; суміш може бути позначена, як фосфосульфат амонію; неправильно переносити до нас, як це часто роблять, німецьку назву цієї суміші „лейнафос“, бо в нас її виготовлятимуть на Бобринківському і Березниківському комбінатах, а не привозитимуть з Лейна; якщо назва „амоній-фосфосульфат“ здається довгою, можна знайти скорочення (наприклад, „амосульфос“ або просто казати „азофос номер такий то“). Далі можна поставити питання, що, коли вже вводити додаткові компоненти, то доцільніше вводити солі кальцію, як корисного антагоніста амонію, наприклад, влючачись до суміші: $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaSO}_4$. Кальцій є також у суміші NH_4NO_3 з фосфоритом, що вадатна для підзолистих ґрунтів і так само може бути позначена, як один з варіантів „азофосу“ (але не нітрофосу, як пишуть у рекламах).

Але того ж досягають, якщо парну комбінацію NP дістають не в результаті вироблення амофосу, а змішанням окремих концентратів, наприклад, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{CaHPO}_4$ або $\text{NH}_4 + \text{NO}_3 + \text{CaHPO}_4$. Користь присутності кальцію в таких „азофосах“ доведена дослідями в Америці (Нью-Джерсей), під час яких було виявлено

¹ Використання тої ж таки молекули сірчаної кислоти може цим ще не закінчитись, після того, як у ній водень замінюється кальцієм і утворюється гіпс (що залишається в залишку від мивання P_2O_5), останній можна вжити на одержання амоній-сульфату за рівнянням $\text{CaSO}_4 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3$ (див. докладно у звітах НІУ, праці Вольфковича з співробітниками).

на легких ґрунтах шкоду для сходів бавовника від амофосу, що усувалося введенням CaS_4 (звичайно, не стосується і ґрунтів недосить багатих на кальцій або рядкового внесення, коли постає місцева перевага іону NH_4 над іонами Ca).

У деяких випадках виробництво парних комбінацій NP (тип „азофос“) спричинятиметься не прагненням до максимальної концентрації продуктів, призначених для далекого транспорту, а завданням—найбільше здешевити добрива для місцевого застосування при одночасному прагненні використати хемічну енергію азотної кислоти тим, що замість безпосередньої нейтралізації її кальцієм або амонієм, провести спочатку розклад фосфориту азотною кислотою і лише після цього вести аміак. Думка про попереднє використання азотної кислоти для розкладу була висловлена автором ще 1908 р., але тоді не було дешевого аміаку, тепер же в НІУ розробляється такий варіант цього способу: якщо розкласти фосфорит азотною кислотою до утворення $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ або H_3PO_4 та $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, а тоді, не вдаючися до фільтрації, нейтралізувати суміш аміаком, то утвориться NH_4NO_3 та CaHPO_4 (приципітат). Якщо всю суміш випарити і висушити, то одержимо добриво, що містить NH_4NO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ та CaHPO_4 , а також і домішки, що були у фосфоритах, тому тут концентрат не утворюється, однаке далеко більший процент поживних речовин, ніж у суміші простих добрив, при значному здешевленні виробництва.

Окремий випадок одержання тої ж таки парної комбінації (NP) становить здобування амонізованого суперфосфату, при чому головним мотивом є здешевлення зв'язування аміаку (без затрат на сірчану кислоту), але продукт, звичайно, не може бути високопроцентним ні щодо азоту, ні щодо P_2O_5 .

Тому що аміак зв'язується за рахунок $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ (не рахуючи невеликих кількостей H_3PO_4 , що можуть міститися в суперфосфаті), в результаті одержують амоній-фосфат і двокальцієвий фосфат. При великій кількості введеного аміаку може утворитися і трикальцієвий фосфат. Звичайно вводять лише стільки аміаку, щоб не понизити лимоннорозчинність P_2O_5 , тому при амонізації простого суперфосфату доводять вміст азоту до 2-3%, при подвійному ж суперфосфаті — до 7 або 8%.

Інші парні комбінації (KP, NK) не мають того значення, як комбінації NP, принаймні для безпосереднього застосування. Так, комбінацію KP можна було б застосовувати для удобрення клеверу і меліоровуваних лук, але ці культури, поперше, не такі цінні, як технічні культури, і тому застосовувати під них дорогі концентрати менш доцільно; подруге ж, ці культури, не чутливі до хлоридів і можуть бути удобрювані сумішшю калійних солей з фосфатами, і, потрете, ці культури значною мірою поширені в районах, куди калійні солі можна доставляти водою (Кама, середня і верхня Волга та їх притоки). Отже, питання про виробництво такої парної комбінації не є першочерговим. Окремо стоїть і також не в першій черзі питання про калій-фосфат, як базу для утворення потрібної комбінації способом змішування з $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ або NH_4NO_3 .

Щодо комбінації NK, то вона немає загального значення для прямого застосування, бо випадки застосування азоту (і калію)

без внесення фосфату становлять виняток, а не правило; але така комбінація може бути ступенем до одержання потрібної комбінації (або на заводах, або способом одночасного внесення фосфатів при застосуванні на місцях).

Єдиним представником вільної від баласту парної комбінації цього типу є KNO_3 , про можливість виробництва його в Березниках чимало говорилося. Хибою цієї сполуки є різка перевага калію над азотом (46% проти 13 з дробом), що, звичайно, можна усунути додаванням карбаміду або амселітри. Якщо KNO_3 правитиме за матеріал для переходу до потрібної комбінації на самому заводі, то для цього досить додати амофос (або преципітат з додаванням $\text{CO}(\text{NH}_2)_2, \text{NH}_4\text{NO}_3$ тощо).

Як щодо комбінації NP , так і тут іноді мотиви технологічного порядку можуть спонукати агрономів миритися почасти не з найбільш бажаними комбінаціями, а лише з припустимими в певних умовах, якщо такі комбінації дають дешевший азот і калій, ніж інші. Такий випадок намічається в проекті виробляти хлористий калій-амоній (суміш KCl та NH_4Cl)¹ як побічний продукт содового виробництва. Як попереду було відзначено при виробництві соди за Сольвеєм, із NaCl з участю NH_4HCO_3 одержують як побічний продукт NH_4Cl , але, якщо замість NaCl взяти сильвініт, де, крім NaCl , є ще й KCl , то в розчині після виділення соди залишиться суміш NH_4Cl та KCl , що при простому випаровуванні являє собою дешеве джерело азоту і калію, бо значна частина загальних витрат припадає на содове виробництво. Треба сказати, що не так то легко знайти відповідне місце для цього добрива, бо в ньому понад 50% хлору, а відношення $\text{N}:\text{K}_2\text{O} = 1:2^2$; при внесенні 45 кг азоту вноситься на гектар близько 180 кг хлору.

Тому треба вибрати для застосування цього добрива культури, нечутливі до великої зайвини хлору; такі, наприклад, хліба. Для льону є небезпека, що на підзолистих ґрунтах, якщо не застосовувати вапнування, і без того несприятливе діяння NH_4Cl (рівняючи з сульфатом) буде посилене діяння KCl . Однак, можна думати, що застосування менших доз водночас з фосфоритною мукою може пом'якшити небажане діяння цього добрива на реакцію ґрунту і на розвиток рослин, особливо, якщо частину азоту дати у вигляді $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ або NH_4NO_3 . Якщо NH_4Cl можна успішно застосовувати на чорноземних ґрунтах (під буряк та інші культури) при суцільному внесенні, а також на лесових ґрунтах під бавовник, то здебільша такі ґрунти ще не потребують калійного добрива; тому краще на них застосовувати амій-хлорид, ніж суміш його з KCl . Під картоплю застосування

¹ Французька назва цього добрива „потазот“, що на жаль пройшла до нашої літератури, має рекламний характер, бо замовчує про його головний компонент хлор, крім того, французьке слово „potasse“ (калій) не відповідає нашій хемічній термінології, тому треба визнати перенесення цього терміну до нас за дуже невдале, і якщо назва хлористий калій-амоній є надто довгою, то треба робити свої скорочення, однак з зазначенням усіх трьох компонентів цієї суміші, тобто азоту, калію та хлору (наприклад, „азкалор“).

² Такий є французький фабрикат; але є змога звзвити це співвідношення.

такої суміші, як $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KCl}$, зовсім виключається, бо сам собою NH_4Cl уже спричиняється до пониження крохмалистості, а в комбінації з KCl цей вплив має посилюватися. Під кращі сорти тютюну зовсім не можна застосовувати добрив, в складі яких міститься понад 50% хлору. Вважаючи на це, бажано, щоб промисловість давала в цій формі таку помірну частку від усієї азотної продукції, щоб не важко було її розмістити на таких ґрунтах і під такі культури, які витримували б цей „високопроцентний концентрат“ (по хлору) без шкоди для якості врожаю (треба сподіватися, що виробництво соди постійно переходитиме до використання Na_2SO_4 замість NaCl , і таким чином кількість хлору в азотистих добривах зменшуватиметься за рахунок збільшення кількості SO_4), а це вже менше лихо.

Другий випадок комбінування азоту з калієм передбачається в переробці нефеліну на алюміній способом оброблення його азотною кислотою; при цьому в розчин переходять AlK , та Na у вигляді нітратів (в осаді SiO_2), при нейтралізації відокремленого розчину аміаком випадає глинозем (сировина для алюмінію)¹ в розчин залишаються NH_4NO_3 , KNO_3 та NaNO_3 і при випаровуванні без розподілу одержують суміш трьох селітр; така „уїбінська“ або „кольська“ селітра була б дуже цінним добривом (наприклад, для рядкового удобрення цукрового буряка).

Усі такі способи, де азотна кислота замінює сірчану, цікаві тим, що вони здешевлюють нітратний азот, бо витрати на окисацію аміаку до азотної кислоти компенсуються економією на сірчаній кислоті, зважаючи на те, що застосування нітратного азоту простіше і універсальніше, ніж азоту аміачного, а усунення зайвого аніону (SO_4) також є плюсом, такі варіанти технологічних процесів заслуговують на увагу.

Концентрати потрійного діяння (тип азофоска)

Якщо виробництво парних комбінацій логічно впливає з прагнення позбутися непотрібних аніонів і катіонів у солях, що правлять за засіб для удобрення, то при виробництві потрійних комбінацій відіграла роль інша думка — дати повне добриво універсального діяння, щоб споживач, не роздумуючи і не вдаючися до самостійного комбінування, уник таким способом помилок, що понижують ефект удобрення. Такий напрям набув особливого розвитку в Америці, де ще до того, як промисловість почала виробляти концентрати, поширилися суміші простих добрив з вмістом принаймні трьох головних елементів поживи рослин, якщо ж змішується прості добрива, то в них, звичайно, є також Ca , Mg та S і елементи другої черги, як бор і марганець; при цьому заводи виготовляють різні марки добрив: „для кукурузи“, „для бавовни“ і т. д., чому вірять простодушні фермери, забуваючи, що потреба на добриво залежить насамперед від роду ґрунту і в меншій мірі від роду рослини.

У нас також незрідка думають, що різниця в удобренні бавовника в Середній Азії і буряка на Україні залежить від рослин, а проте якби б ми пересунули

¹ Тут обминається деталі, зв'язані з звільненням глинозему від сполук заліза.

культуру буряка до Середньої Азії, а бавовник, скажімо, на Кубань з її багатим чорноземом, то від цього потреба ґрунтів на азот у Середній Азії не зменшилась би, на Кубані не стала б більшою, ніж тепер. Другий приклад: тютюн згідно з усіма західноєвропейськими дослідями дуже чутливий до калію і малочутливий до фосфору, на ґрунтах же Кубані він виявив себе надзвичайно влячним щодо фосфатів і не підвищує врожаю від калійного добрива. Основний фон дається в передусім ґрунтом, і тільки потім впливає особливість рослини, при чому цей вплив з якісного погляду не в усіх культурах однаково виявлений (в тютюну, буряка, картоплі більше, ніж у хлібів, бавовника, кормових трав тощо).

Наприклад, картопля на легких ґрунтах може потребувати найбільше калію, а на чорноземі — фосфору; мало того, на тому таки ґрунті картопля, що йде по гною, скоріше потребуватиме додавання фосфору й азоту, ніж калію, відмінно від картоплі, що не одержує гною; ступінь участі клеверу й люцерни в сівозміні кладе свій відбиток і т. д. Тому такий масовий перехід на складні добрива, як у США, не можна визнати за доцільний, треба, щоб зберіглася також і можливість маневрування на місцях; однак у районах, де застосування всіх трьох добрив є звичайним, можна значну частину добрив дати у вигляді потрійної комбінації, але не способом змішування простих добрив, а змішування двох парних концентратів, як амофос і калійна селітра, або одної парної і одної простої (як калій-фосфат і карбамід або амселітра), щоб сполучити вигідні якості парних комбінацій з наявністю всіх трьох елементів; це позбавляє від роботи змішувати на місцях, якщо однаково треба застосувати повне добриво (якщо ж цього немає, то, звичайно, даремно витратиметься, наприклад, калій там, де потрібні тільки азот і фосфор, з чого і користуються в Америці торговці, щоб збувати в загальній суміші і те, що потрібне покупцеві, і те, без чого він міг би обійтися).

Крім величезної (при наших умовах) економії на транспорті, застосування таких концентратів має особливу перевагу ще в тих випадках, коли при інтенсивній культурі доводиться застосовувати великі кількості азоту, фосфору та калію під рослини, чутливі до зайвини хлору, що може понижувати якість продукту. Такою є культура овочів, де, крім урожаю, мають значення ще й смакові особливості.

Коли ж овочі культивують під склом, то відсутність хлористих (і взагалі непотрібних) солей у вношуваних добривах набуває особливого значення, бо при цьому не можна розраховувати на вимивання непотрібних солей осінніми і зимовими опадами, про що мовилося попередю з приводу удобрення картоплі калійними солями при культурі в полі, коли таке вимивання відбувається, якщо добриво вноситься з осені (або під попередню рослину).

Такі повні добрива можуть мати різний склад як щодо співвідношення між азотом, фосфором і калієм, так і щодо форм сполук, в які входять ці елементи.

Коли б для введення трьох елементів обмежуватися двома солями і завданням ставити певне вигнання непотрібних

елементів з суміші, то головна роль належала б небагатьом комбінаціям, наприклад:

- 1) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ та KNO_3
- 2) KH_2PO_4 та $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
- 3) KH_2PO_4 та NH_4NO_3 ¹

Але тому, що в дійсності доводиться говорити про найбільшу концентрацію, можливу при найменших затратах виробництва, то певна участь баласту все ж таки допускається, і тому різноманітність можливих компонентів для одержання концентратів потрібного діяння сильно зростає. Відзначимо такі комбінації, почасти вже використані промисловістю Заходу, почасти такі що мають інтерес надалі:

- 4) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KCl}$ ²
- 5) $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaHPO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$ ³
- 6) $\text{NH}_4\text{NO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaHPO}_4 + \text{KCl}$
- 7) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{CaHPO}_4 + \text{KCl}$
- 8) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{KCl} +$ потрібний суперфосфат і т. д.

Треба відзначити, що при різноманітності продуктів, що їх випускає промисловість різних країн, питання про термінологію є нелегким, і слід було б ужити заходів проти запровадження в ужиток під виглядом наукових термінів ряду назв, взятих з преїскурантів фірм, що торгують добривами, і мета яких часто приховати справжній склад продукту (подібно до того, як ми бачили попереду у випадку „лейненської селітри“, що на три чверті являє собою „лейненський аміак“). Тут зручним загальним позначенням для концентратів потрібного діяння, незалежно від того, яку форму азоту вони містять, є термін „азофоска“, утворений скороченням слів: азот-фосфор-калій.

Крім загального позначення концентратів типу НРК ім'ям „азофоска“, що є відповідним незалежно від того, чи переважає в продукті аміачний чи нітратний азот, можуть бути застосовані спеціалізовані назви продуктів, що для них характерна якась одна форма азоту, а саме, коли б з'явився продукт з вмістом тільки нітратного азоту (чого покищо не було), то він заслуговував би на назву „нітрофоска“, якщо ж в азоті є тільки аміак (що буває), то відповідним терміном буде „амофоска“

Однак на Заході торговельні фірми іноді зловживають цією термінологією і, щоб принадити покупця, намагаються і в цьому вигляді продати аміачні солі під назвою нітратів. Такою є німецька „нітрофоска“, випущена азотним товариством (I. G.); в дійсності в ній міститься три чверті аміачного азоту і одна тільки чверть нітратного азоту, тому її слід було скоріше назвати амофоска або загальним ім'ям азофоска. Але крім назви, і суттю нітрофоска є виплідом комерційно зацікавлених трестів,

¹ Не зачеплюємо тут питання про гігроскопічність NH_4NO_3 , для знешкодження якої знаходять різні способи.

² Німецький тип „нітрофоска“.

³ Французький стандарт.

що й відбилося на її складі, який визначився зовсім не агрономічними міркуваннями, а погодженням інтересів трьох найбільших німецьких синдикатів, особливо ж синдиката калійного; відношення калію до фосфору в цьому продукті зовсім ненормальне, а саме: калію (K_2O) міститься 22-26%, P_2O_5 — 11-13%, тоді як на ділі, звичайно, фосфору потрібно більше, ніж калію. Це пояснюється тим, що в Німеччині в післявоєнний час утворився дефіцит фосфору, бо з валютних міркувань доводиться економити на імпортованій фосфоритній сировині, а кількість застосовуваного калію зростає внаслідок дешевини його та штучної пропаганди калійного синдиката. Коли азотний трест вирішив випустити комбіноване добриво і постало питання про співвідношення азоту, калію та фосфору, то, щоб не порушити інтересів калійного синдиката, було вирішено взяти відношення, що відповідає фактичному збутові трьох видів добрив окремо, а щоб заспокоїти довірливого споживача, було сказано, що таке співвідношення відповідає і співвідношенню поживних елементів у гної, але ж мета і застосування мінеральних добрив зовсім не відтворення основних хиб гною. В дійсності недостатність фосфору в ньому і була першою причиною введення мінеральних добрив — так постала суперфосфатна промисловість за часів Лібиха.

Не має відношення до справи також вказівка на те, що в деяких варіантах нітрофоски співвідношення N:P:K близьке до їх співвідношення в тій чи тій рослині, бо ми вносимо добриво зовсім не за складом рослини, а беручи до уваги ще і кругобіг речовин у господарстві (наприклад, калій повертається з гноєм повніше ніж фосфор), а також і склад того ґрунту, що має бути удобрений.

Невірним є також твердження, ніби для коренів рослини важливо в кожному зернятку знайти зразу азот, фосфор і калій; досліди з розподілом коренів показують, що можна одержати цілком нормальну рослину, живлячи одне пасмо коренів азотом, друге фосфором (вірне тільки те, що для карбаміду, наприклад, добре, коли в кожному зернятку він розбавлений сполуками калію та фосфору, отже небезпека шкоди від зайвину аміаку, який утворюється, менша, ніж від зернятка чистого карбаміду при нерівномірному розподілі його). Також невірно, ніби нітрофоска добра тим, що містить як нітратний азот, „швидко діючий“, так і аміачний, „що повільно надходить у рослину“. Фізіологічними дослідженнями доведено, що нормальна (асимілююча) рослина якраз швидше вбирає аміачний азот, ніж нітратний при одночасній присутності їх у розчині (тут сплутали факт зовсім іншого порядку — на проростки, бідні на вуглеводи, як цукровий буряк, аміак може шкідливо діяти саме внаслідок надто швидкого надходження його, рівняючи з можливістю його використання для синтезу, який ще слабо відбувається, поки не розгорнулася листкова поверхня молодих рослин).

Отже, німецька „азофоска“ (неправильно названа „нітрофоскою“) — продукт, що править за засіб для посиленого збуту калію незалежно від того, потрібен він чи не потрібен; в ній дається недосить фосфору через валютні труднощі, характерні для Німеччини, як країни, що не має доброї фосфатної сировини. Тому вона аж ніяк не може правити за вихідний зразок при майбутньому в нас утворенні промисловості складних добрив. Перш за все для промисловості важливо встановити, які парні

комбінації мають найбільше значення як для безпосереднього застосування, так і як первинний матеріал для виготовлення потрібних комбінацій, бо потрібні комбінації одержуються способом змішування парних комбінацій (або навіть змішуванням солей, що містять лише одну поживну речовину, наприклад, $\text{NH}_2\text{NO}_3 + \text{CaHPO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$), тому для промисловості найчастіше важливо встановити, які солі треба готувати, а далі вже простим змішуванням можна одержати різні типи добрив. При цьому виробництво окремих солей (амофосу, амселітри, KNO_3 та ін.) можна навіть організувати в різних містах, відповідно до того, де є джерела сировини і енергії; змішувати ж солі за різними типами можна в місцях застосування. Коли б, наприклад, у районі Алма-Ата довелось застосувати азот з Кузбаса, фосфор з Актюбінська і калій з Керкінських родовищ, то було б доцільно доставляти концентрати до Алма-Ата і там змішувати їх в тому чи іншому співвідношенні, відповідно до особливостей окремих ґрунтових відмін і потреби місцевих культур. В інших випадках, коли джерела сировини це дозволяють, можна змішувати солі на місці виробництва, поскільки є певний попит на певний тип суміші; так, наприклад, у Березниках, що стоять на калійних солях, мають азотний завод і поблизу поклади фосфоритів, можна не тільки виготовляти окремо амофос і калій фторид, а й змішувати їх у певному відношенні на замовлення окремих районів, що тягнуть до Березників.

З добривом типу азофоска ставилося чимало зовсім непотрібних дослідів, що тільки даремно обтяжують літературу; ми маємо на увазі такі досліді, де емпірично порівнюється діяння того чи того складного добрива (найчастіше фігурує уславлена „псевдонітрофоска“) з діянням простих добрив, при тому на ґрунтах з великою ємністю вбирання і насичених основами, без будь-якого розчленення питання. Тим часом ясно, що на таких ґрунтах даремно випробовувати засвоєння азоту, фосфору і калію розчинних солей в їх комбінації, якщо воно відоме для окремих солей, треба ж ставити зовсім інші питання, наприклад: для яких ґрунтів є мінусом відсутність кальцію в тих концентратах, де переважає аміачний азот? Або: чи не можна різні варіанти амофоска пристосувати до рядкового внесення введенням у них кальцію, або в вигляді CaHPO_4 або способом додавання CaSO_4 ?

Річ у тім, що, як уже попередю мовилося, на ґрунтах, бідних на кальцій, аміак може шкодити проросткам, особливо бідним на вуглеводи (як сходи буряка), своєю перевагою над іншими катіонами навіть тоді, коли фізіологічна кислотність усунена; тому і внесення концентратів, не зважаючи на те, що вони містять амофос, а не амоній-сульфат, може на ґрунтах, бідних на вапно (і особливо при рядковому внесенні), бути менш сприятливим для рослин, ніж внесення суміші простих добрив, бо, наприклад, суперфосфат містить гіпс, і кальцій гіпсу може відігравати роль антагоніста амонію, якщо ґрунт дуже бідний на кальцій. Таку шкоду від добрив, до складу яких входив

амофос, спостерігалось в Америці на легких ґрунтах при удобренні бавовника.

Щодо питання, яке іноді ставлять агрономам представники промисловості, скільки потрібно буде складних добрив того чи іншого типу (парних комбінацій або повного добрива типу азофоска), то відповідь на це питання найближчих років залежатиме від темпів розвитку самої хемічної промисловості, особливо від того, як швидко буде вижито відставання азотної продукції від виробництва калійних солей і фосфату.

Поки це відставання різко виражене і поки доведеться мало не всю азотну продукцію спрямовувати до Середньої Азії, вважаючи на виключне становище бавовника в ряді всіх інших технічних культур, ми матимемо справу з різким незбігом районів застосування азоту та калію, бо калій піде, насамперед, до району опідзолених ґрунтів, де азот клеверів, торф'яних болот і заболочених луків (в міру їх меліорації) правитиме за фон для застосування калію найчастіше разом з фосфором. На цьому рівні розвитку хемічної промисловості не доведеться говорити про значний розвиток добрив типу азофоска, бо для Середньої Азії потрібна буде переважно парна комбінація (NP) (також і для бурякового району, хоча і при іншому відношенні N:P). Для півночі ж калій і фосфор підуть частіше у вигляді дешевших простих добрив.

В міру ж розвитку азотної промисловості, в міру того, як буде можливість давати азот льонови і картоплі, а потім і хлібам підзолистої зони, значення потрібної комбінації зростатиме, та все таки й тоді вона відіграватиме для підзолистої зони хоча й видатну, але не виключну роль і в ряді випадків мусить залишатися можливість маневрувати в застосуванні добрив на місцях; адже навіть у межах тої самої ґрунтової зони і того ж таки комплексу культур потреба кожної з них на мінеральні добрива (включаючи відношення N:P:K) змінюється, залежно від того, скільки гною в даному господарстві, даному полі сівозміни вдалося внести під цю або під попередню їй культуру, яка роль клеверу в сівозміні і т. д.

Уже з того, що продукція фосфатів за підрахунками потреби на добрива, зробленими Наркомземом Союзу, має значно перевищити азотну і калійну продукцію (відповідно до досвіду усієї земної кулі), впливає, що й далі значну частину фосфатів застосовуватиметься без одночасного внесення азоту, як доповнення до гною або й без гною, на чистих парах чорноземних полів, далі, на клеверних посівах, також при культурі болот і меліорованих лук, а крім того фосфор входить у подвійні і потрібні комбінації.

Про азот можна думати, що його не часто застосовуватиметься окремо (хоча такі випадки трапляються, наприклад, у Східному Сибіру і подекуди в Середній Азії), а звичайно він входить у подвійні і потрібні комбінації („азофос“ та азофоска“, рідше NK). Калій переважно братиме участь у подвійних і

потрійних комбінаціях, але іноді він може діяти і при застосуванні окремо (низові болота).

З великим наближенням ці співвідношення можна показати у вигляді дальшої схеми (див. рис. 34), де довжина ліній відбиває відносні розміри хемічної продукції¹ в трьох напрямках (азот, фосфор, калій), а їх взаємне розміщення означає входження в різні комбінації (залежно від того, наскільки в проекції на горизонталь збігатимуться або не збігатимуться між собою окремі відрізки цих ліній).

Тоді в лівій частині схеми ми маємо спочатку відрізок, що відповідає застосуванню самого тільки фосфору, враховуючи всі форми фосфорних добрив, як концентровані (подвійний супер-

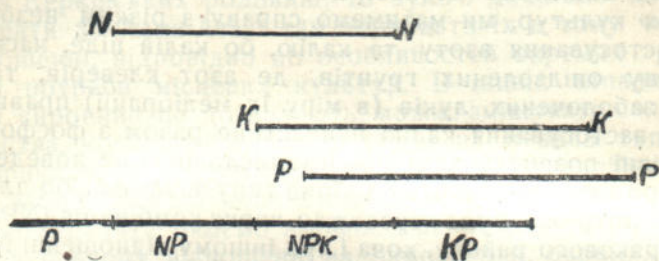


Рис. 34

фосфат і преципітат), так і низькопроцентні (простий суперфосфат, томасшлак, фосфоритна мука). В дальшому відрізку ми маємо проекцію двох ліній — азотної і фосфорної. Але випадки застосування комбінації NP будуть різні: поперше, сюди увійдуть лесовні ґрунти Середньої Азії, де переважатиме відношення N:P, близьке до одиниці, і де часто набудуть застосування концентрати (амселітра і амоній-сульфат з амофосом або преципітатом, подвійним суперфосфатом), подруге, сюди належатимуть мало опідзолені суглинки півночі, на яких при близькому до рівності відношенні азоту до фосфору часто застосовуватиметься не такі концентровані, дешевші форми добрива; третій випадок — це буряковий район, де буде потрібна та ж таки комбінація NP, але при іншому співвідношенні ($N < P$).

Дальша ділянка, на якій проектується відрізки всіх трьох ліній, відповідає спочатку меншій, а потім більшій участі типу азофоска, що має набути застосування насамперед при культурі льону і картоплі в опідзоленій зоні, при культурі конопель у зоні деградованих чорноземів, потім, в міру розвитку азотної промисловості, його застосовуватиметься і при культурі хлібів у нечорноземній смузі, а далі запроваджуватиметься і в ті частини чорноземної смуги, де виявиться чутливість до калію (і до азоту під ярові культури).

¹ Коли ці розміри буде погоджено з потребами хліборобства.

Далі, праворуч, відрізок КР відповідає застосуванню мінеральних добрив на клеверних полях і на луках, але скорше у вигляді простих добрив, ніж концентратів. Те саме стосується і останньої ділянки, де лінія калію виходить за межі лінії фосфору — це випадок застосування самого тільки калійного добрива на низових болотах.

Відносна довжина відрізків змінюватиметься в міру розвитку хемічної промисловості і під впливом зміни у співвідношенні культур технічного, харчового й кормового значення.

ПОВНІ ДОБРИВА ОРГАНІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ

1. ГНІЙ

Гній є, з одного боку, найважливішим джерелом азоту, фосфору та калію як за величезними абсолютними кількостями їх, що в ньому містяться, так і за дешевиною їх, а також і щодо рівномірності розподілу по всій території с. г. використання, а не в окремих точках, як поклади фосфориту і калійних солей. Він важливий і тому, що для бідних ґрунтів з незначним вбираючим комплексом органічна речовина гною править за засіб поліпшити фізичні властивості і (що особливо важливо) підвищити вбирну здатність і буферність ґрунту, чим разом із тим утворюється кращий фон і для застосування мінеральних добрив.

Але, з другого боку, гнойове добриво є й найважчим з добрив не тільки щодо розподілу в межах кожного господарства (через його низькопроцентність, а тому і громіздкість), а особливо з погляду раціоналізації способів готування і застосування гною, що при сучасних недосконалих формах зв'язане з величезними втратами найцінніших складових його частин.

Щоб дати деяке уявлення про значення гною, як багатого джерела поживних речовин, наведемо такі цифри. При нормальному стані скотарства в Союзі щороку одержується близько 500 млн. т гною¹ при середньому вмісті азоту в 0,5%, що відповідає 2,5 млн. т азоту. Вся азотна промисловість земної кулі дає близько 2 млн. т зв'язаного азоту, тобто менше, ніж міститься в гної, одержуваному в межах Союзу. Але якщо за західними даними при умовах звичайного зберігання на гнойовищі без особливих заходів догляду (але все ж без стікання гнойової рідини і без просихання гною) втрати азоту за 6—7 місяців легко доходять 30%, і потрібні особливі заходи, щоб понизити їх до 10—15%, то у нас, при звичайному стіканні гнойової рідини і часто подибуваному просиханні гною, вони напевне доходять 50%.

Припустімо далі, що ми пристойно зберегли гній і нагромадили в ньому достатню кількість добре засвоюваного аміачного

¹ Тут мається на увазі підрахунок за кількістю скоту, але тому, що в нас не скрізь гній збирають, а частина зібраного іде на паливо і саманні будівлі, крім того при поганому зберіганні бувають великі втрати, то кількість фактично застосовуваного гною значно менша.

азоту, але після вивезення на поле ми не сразу його заорали; тоді, залежно від погоди, температури і сили вітру за час від 1 до 5 днів може втратитися від 12 до 15% азоту, а у всесоюзному масштабі це значить буквально викинути на вітер 240—300 т азоту, що відповідає продукції 5—10 азотних заводів типу Березників.

Так само і кількість калію, що міститься в гноєві (2,4 млн. т K_2O), разів у десять більша сучасної продукції Солікамського рудника, при чому калій гною не тільки не має небажаної домішки $NaCl$, а й сам він сполучений не з хлором, а з вуглекислою (або органічними кислотами), тому якісно він цінніший.

Хоча кількість фосфорної кислоти в гноєві менша, ніж азоту й калію, та все ж вона становить близько 1 млн. т P_2O_5 (фосфор гною відзначається високою засвоюваністю). Звичайно, малорухоме джерело поживних речовин, як гній, не може замінити „технічного азоту“, фосфору і калію, що їх легко можна перекинути на перший-ліпший фронт, де загрожує прорив, але, чим краще ми збережемо азот гною там, де є гній, тим більше азоту „технічного“ можна спрямувати туди, де гною майже немає і де неможливо його багато мати через необхідність відводити високий процент площі під культури, які, погребуючи великої кількості добрив, самі не є гнойозбирачами, як бавовник, тютюн, коноплі, льон та ін. протилежно хлібам і кормовим травам.

Невірно думати, ніби з розвитком хемічної промисловості і широким розповсюдженням мінеральних добрив значення гною має відходити на задній план. Навпаки, з зростанням застосування мінеральних добрив зростатиме і кількість гною, бо більший урожай зерна означає і більший урожай соломи, урожаї клеверу, коренеплодів та лучного сіна зростуть, а тому і скоту й гною буде більше, а крім того, в склад гною входитиме і „технічний азот“, бо останній братиме участь в утворенні не тільки зерна, а й соломи, отже, і гною; також і калій силвініту та фосфор апатиту через клевер увійдуть у склад гною, а тому недбайливе ставлення до гною означатиме також і недбайливе ставлення до азоту Березників та Бобриків, фосфору Кукісвумчорра та калію Солікамська, що несуть накладні втрати по експлуатації і створенню дорогих комбінатів.

Гній являє собою повне добриво, бо до його складу входять ті самі (важливі з погляду удобрення) речовини, що вже брали участь в утворенні рослинної маси; складові частини гною (тверді і рідкі виділення тварин, поперше, і підстилка, подруге) являють собою рослинні продукти, що почасти змінилися під час проходження через організм тварини, або під час зберігання в гнойовій купі, але не втратили ні того азоту, ні тих зольних речовин, що в них раніше були.

Щоб ясніше уявити собі склад гною, треба простежити, що робиться з кормами в організмі тварин.

Проходячи через кишківник, корм ділиться на дві частини: стравну і нестравну: остання виділяється з організму у вигляді

твердих виділень, а перша іде в кров і в безазотистій своїй частині оксидується повнотою до вуглекислоти і води, а білкові речовини, хоча вони також дуже змінюються, проходячи через організм, але не спалюються до кінця, а дають залишок у вигляді сечовини, в якій міститься весь їх азот, і тільки менша частина вуглецю і водню. Для дорослої тварини можна вважати, що весь азот перетравленої частини виділяється нирками у вигляді сечі, що домішується до твердих виділень. Отже, склад сухої речовини рідких виділень відзначається меншим вмістом водню і вуглецю від складу засвоєної частини корму, а засвоєний азот виділяється таким способом з організму весь при звичайних умовах (якщо не брати до уваги приросту м'яса, шерсті, виходу молока), бо крізь легені виділяються тільки вуглекислота і вода, а не азот. Тверді екскременти процентно багатші від кормової речовини на клітковину, але бідніші на інші вуглеводи і білок. В сумі азот твердих і рідких виділень відповідає азотові спожитого корму, якщо виключити згадані відступи (рост молодих тварин, відгодівля дорослих, вихід молока, приріст шерсті).

Якщо визначити те, що твариною спожито і що виділено в сумі (в твердих і рідких екскрементах), то помічається зменшення сухої речовини і процентне збагачення на азот та зольні складові частини відходів, рівняючи з кормом. Так, в одному ряді дослідів Геннеберга і Стомана з рогатим скотом виявилось, що в середньому за день споживалося близько 10,5 кг сухих речовин, виходило з екскрементами 5,2 кг; друга половина сухих речовин витрачалася на процеси дихання.

Через те, що азот і зольні речовини цілком переходять в екскременти, то вміст їх процентно збільшився приблизно вдвоє.

У даному досліді в кормі було азоту 1,46%; в сухій речовині суміші екскрементів — азоту 2,90%.

Так само і для зольних речовин:

Зольні в кормі	6,95%
„ „ екскрементах	14,00%

Для більшості дослідів результат був близький до цього і такі цифри для травоядних тварин можна взяти за типові (якщо головним кормом є сіно).

Рідкі екскременти містять азот і мінеральні речовини у вигляді продуктів розкладу речовин, засвоєних організмом. Азот тут міститься у формі сечовини, гіпурової і сечової кислоти; аміак не виділяється здоровим організмом, а амоній-карбонат утворюється незабаром при ферментації сечовини. Рідкі екскременти мають 8—9% сухої речовини: в ній міститься близько 10% азоту (або 1% від сирої маси), 30—40% припадає на зольні речовини (або 3—4% від усїєї маси). Характерним для рідких екскрементів травоядних є надзвичайно малий вміст фосфорної кислоти і значна кількість калію; більша частина фосфору корму виділяється через кишківник. Тому рідкі виділення самі собою

будуть добривом переважно азотисто-калійним; лише суміш екскрементів є повним добривом.

Ось попередні дані Буссенго: в 1000 ч. рідких і 1000 ч. твердих екскрементів рогатого скоту міститься:

	Рідкі.	Тверд.
Азоту	9,7	4,2
Фосфорної кислоти	сліди	1,0
Калій-оксиду	13,2	0,5

Однак, ці дані колишніх часів тепер, як виявляється, не зовсім відповідають дійсності, якщо годування проводиться більш інтенсивно; тоді дається більше N і P з кормом, і середніми є такі дані (в процентах):

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Тверді екскременти	0,40	0,28	0,1
Рідкі " "	1,60	0,15	1,55

Абсолютна кількість різних речовин, виділюваних нирками із кишківника, різна у різних тварин, залежно від роду корму. В той час, як у м'ясоїдних тварин, завдяки більшій поживності і засвоюваності їх корму, більше азотистих речовин виділяється крізь нирки, у травоядних тварин — навпаки; так, 1 голова рогатого скоту дає за рік приблизно (в кілограмах):

	Азоту	Калію	Фосфорної кислоти
Рідких викидів 1200 кг, в них	17,7	9,6	2,0
Твердих " " 6000 " "	39,0	4,5	18,0

Щодо сухої речовини перевага на стороні твердих виділень буде ще більшою, бо в твердих виділеннях рогатого скоту міститься 16% сухої речовини, а в рідких — 6% (до коня — 25% і 10%).

За Вольфом, якщо взяти за 100 кількість органічних речовин азоту і золи в кормі, то на тверді й рідкі викиди припадає (в процентах):

	Корм	Тверді виділення	Рідкі
Органічні речовини	100	42,5	3,4
Азот	100	40,1	47,2
Зола	100	59,7	39,0

Треба відзначити, що співвідношення кількостей твердих і рідких виділень дуже змінюється залежно від корму; від корму таки залежить і їх склад: чим водянистіший корм, тим більша маса рідких виділень, чим стравніша суха речовина корму, тим менша кількість сухої речовини в твердих виділеннях і відносно більша в рідких; чим більше має корм білків, тим більше є азоту в суміші екскрементів твердих і рідких. Та все ж вважається загалом за характерне певне співвідношення у вмісті води і азоту для різних груп с. г. тварин. Так:

В рогатій худобі води в екскрементах	78%	азоту	0,4%
" коней " " "	78%	"	0,7%
" овець " " "	68%	"	0,9%

Друга складова частина гною — підстилка — відіграє подвійну роль: від неї вимагається забезпечення чистоти і м'якості лігва для скоту, поперше, і, що для нас тут більш важливе, вона повинна затримувати рідкі виділення і тим запобігти втратам речовин, важливих для удобрення; разом із тим для нас не байдужим є вміст у ній поживних речовин, бо потім вони цілком переходять у гній. На процес розкладу гною підстилка також впливає, зумовлюючи, наприклад, більшу пухкість його, також, більший доплив повітря або навпаки.

Матеріал для підстилки вживається надзвичайно різний; в переважному числі випадків вживають на підстилку соломи злакових; крім того, вживають солому інших рослин, деревне листя, торф, стружки, мох тощо.

Якщо керуватися в оцінці соломи злакових як підстилки кількістю води, що підстилка може затримувати, то з цього погляду солома має зайняти одне з перших місць. Так, наприклад, при дослідях вбирання води соломою та іншими матеріалами, вживаними на підстилку, виявилось, що:

Солома злакових на 100 ч. затримує	180-280 ч. води
„ гороху „ 100 „ „	280 „ „
Листки дуба „ 100 „ „	162 „ „
„ бука „ 100 „ „	400 „ „
Верес „ 100 „ „	100 „ „
Хвоя „ 100 „ „	150-250 „ „
Ялинна лапка „ 100 „ „	70 „ „
Опилки „ 100 „ „	420 „ „
Стружки „ 100 „ „	300 „ „
Торф (залежно від віку торф'яника) затримує . .	500-700 „ „
і навіть	1000 „ „
Мох	300 „ „

Стружки і опилки, як матеріал, що містить мало азоту (близько 0,2) гірші від соломи з погляду внесення в гній елементів поживи рослин; навпаки, торф набагато підвищує вміст азоту в гної

Подекуди при недостатності соломи вдаються, як наприклад у Швейцарії, до розведення осок, грубостеблових злаків (*Molinia*) та інших рослин на таких луках, які неможливо використати під культуру будь-яких цінніших рослин (через зайвину вологи). В крайньому випадку застосовують на підстилку ґрунт, багатий на перегній і пісок; але хиба цих матеріалів в тому, що доводиться перевозити великі маси їх, бо їх вологемність мала (ґрунт — до 50%, пісок — 25%).

Не зважаючи на те, що кількості води затримувані соломою бобових і злакових рослин, майже однакові, з погляду впливу на склад гною ці два види підстилки далеко неоднакові. Солома бобових містить до 2% азоту, що цілком переходить у гній і поліпшує його хемічний склад; але таку солому завдяки відносно високій поживній якості далеко частіше згодовується скоту, ніж уживається на підстилку (останнє буває при надмірній грубості матеріалу або псуванні його цвільовими грибами тощо).

Ось вміст азоту, фосфорної кислоти і калію в деяких видах підстилki (в процентах):

Добрива	Солома хлібів	Солома бобових	Листвяна підстилка	Торф
Азоту	0,3—0,9	1,2—2,0	0,8—1,4	1,0—2,0
Фосфорної кислоти	0,2—0,3	0,3—0,4	0,2—0,3	0,1—0,3
Калію	0,5—1,1	0,6—1,8	0,2—0,4	0,2

Кількість підстилки дуже змінюється залежно від зовнішніх умов: вона залежить від більшої або меншої водянистості корму і збільшується разом з збільшенням водянистості; вона залежить від пори року (бо температура впливає на перебіг випаровування і розкладання), і, нарешті, велику роль в даному разі відіграє і рід тварин, наприклад, вівці потребують менше підстилки, ніж коні і рогатий скот, рахуючи, звичайно, не тільки на голову, а й на одиницю сухої речовини в кормі (приблизно $1:1\frac{1}{5}$ для соломи). В абсолютних величинах вважають для коня за необхідне 3—4 кг, для рогатого скоту — 3—5 кг, для овець — 0,5—1 кг соломи на добу.

Торф уживають на підстилку в різних формах. Найбільше вбирає воду моховий торф, що складається з рослин, які ще мало розклалися (*Sphadnum*) і може замінити солому, від якої він кращий своєю здатністю вбирати рідини і гази (важливо для усунення втрат аміаку); але й торф більш перепрілий іде на підстилку в різних формах. Так іноді підлогу конюшні вистеляють цеглинами формованого торфу, вкриваючи їх зверху соломомою або роздрібнюють торф на торфових млинах (чи коренерізках, макухобарках). Кількості торфу змінюються залежно від його здатності затримувати рідини й гази. Але торф цікавий не тільки як вбирач, він сам містить багато азоту (в 3—5 разів більше, ніж солома). Вважаючи на важливість використання торфу в справі готування гною це питання розглядатиметься далі окремо.

Гній залежно від свого походження і умов зберігання має різний склад.

В середньому (за Вольфом) припадає на 1000 ч. гною:

	Води	Азоту	P ₂ O ₅	K ₂ O
В овець	646	8,3	2,3	6,7
У коней	713	5,8	2,8	5,3
„ свиней	724	4,5	1,9	6,0
„ рогатого скоту	775	3,4	1,6	4,0

Отже, вміст поживних для рослин речовин, обмежується частками процента; поряд з цими поживними речовинами в гної є значна маса органічної речовини і ще більша кількість води. Тому (а також для поліпшення фізичних властивостей ґрунту) гній доводиться вносити дуже великими кількостями, рівняючи з добривами, раніше розглянутими.

На практиці вживається частіше гній напівперепрілий; середні цифри складу такого гною, що ними можна користуватися

для приблизних розрахунків, щодо мішаного гною такі (в процентах):

Води	75
Азоту	0,5
P ₂ O ₅	0,2
K ₂ O	0,6

Склад гною залежить не тільки від виду тварин, а також і від корму їх: чим більше білків міститься в кормі тварин, тим більше азоту в гної. Так при годуванні рогатого скоту сіном (люцерною) і коренеплодами з додаванням житнього борошна азоту в гної було 0,65%, а при годуванні соломною з додаванням житнього борошна й капустяних листків азоту було в гної до 0,41%, фосфорної кислоти в першому випадку було 0,3%, а в другому — 0,15%, тобто вдвоє менше.

Кількість всього одержуваного в господарстві гною можна для попередніх міркувань розраховувати або за кількістю скоту, або за кількістю кормів. При грубому підрахунку вагу всього стада помножують на 25, одержане число дає приблизну вагу всього гною за рік, але залежно від того, скільки часу тварини проводять у стійлах і скільки поза ними, доводиться для різних умов брати різні коефіцієнти. Можна також за Лемерманом для часу перебування тварин у стійлах вважати, що на 1000 кг живої ваги виходить 72 кг гною за добу.

Вольф дає такий спосіб обчислення кількості гною за кількістю спожитого корму. Організм тварини при звичайному живленні трав'янистих спалює приблизно половину сухої речовини корму, а друга половина переходить у гній. Якщо нам відома кількість корму спожита, тваринами, то можемо вирахувати кількість сухої речовини в кормі; хай це буде a ; половина його перейде в гній $\frac{a}{2}$, туди таки перейде вся суха речовина підстилки b всього сухої речовини в гної $\frac{a}{2} + b$. В середньому гній містить 75% води, отже, якщо ми загальну кількість сухої речовини помножимо на 4, то визначимо кількість гною, що може вийти з даного корму: $(\frac{a}{2} + b) 4$.

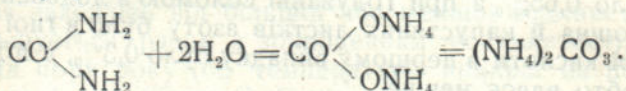
Спосіб Баталіна претендує на більшу точність при обчисленні загальної кількості свіжого гною, але така точність є зайвою, бо при перепріванні втрачається значна і важко визначувана кількісна частина гною; її доводиться оцінювати на око, а тому точні обчислення кількості свіжого гною не мають особливого значення. Баталін користується в даному випадку стравними окремими складових частин корму: зола корму цілком переходить в екскременти; з білкових безазотистих речовин і деревини в гною буде не стравна частина. З стравної частини білків у вигляді сечовини в гній потрапляє близько $\frac{1}{3}$ (припускаючи, що весь азот стравних білків виділився крізь вирки). Безазотисті сполуки — вуглеводи стравної частини — ідуть на дихання, а тому в гній не переходять. Тим то, якщо взяти золу, $\frac{1}{3}$ стравних білкових речовин, суму нестравних речовин, всю суху речовину підстилки і все це помножити на 4, то одержимо кількість гною.

Звичайно вважають, що в середньому кінь дає близько 7 т, рогатий скот — 10 т (відгодівані воли до 16 т), вівці — близько 0,5 т і свині — від 1 до 1,5 т гною на рік.

Приймають, що 1 куб. м важить (у кілограмах:)

Свіжий гній	300 — 400
Ущільнений гній	700
Напівперепрілий гній	800
Вологий, перепрілий гній	900

Зміни в складі гною. Першим процесом, що настає безпосередньо після виділення екскрементів, є аміачна ферментація сечовини, тобто перетворення її на амоній-карбонат, легко десоціюючу і летучу сіль.



Тому ця ферментація становить джерело великих втрат азоту в гної. Ці втрати давно помічено, але тільки пізніше визначили їх розміри, при чому вони виявилися далеко більшими проти передбачених.

З цього питання є цілий ряд праць; наведемо приклад з колишніх дослідів Мюнца і Жірара у Франції. Мюнц і Жірар у своїх дослідженнях користувалися конюшнями Паризького товариства омнібусів, де догляд як за тваринами, так і за одержуваним від них гноем відзначався за оцінкою авторів пильністю, і де можна було для дослідів користуватися великим числом одноманітно утримуваних тварин. Не зважаючи на догляд, втрати при зберіганні гною були великі. Так дослід з кіньми проводилося протягом місяця; при цьому тварин зважували для перевірки сталості їх ваги, зважували й аналізували їх корм і одержуваний від них гній. Результат був такий: не вистачало 28% азоту від тої кількості його, що була дана з кормом.

Такий самий дослід проведено з рогатим скотом, і через 45 днів баланс азоту був поданий такими відносними цифрами (в процентах):

Азот в кормах і підстилці	100
Відкладено тваринами в м'ясі	10,2
Виділено з молоком	10,0
Знайдено в гної	41,6
В гнойовій рідині	6,5
Втрата	31,7

Як крайній випадок наведемо дальший приклад з дослідів Мюнца з вівцями, де тварини одержували дуже багатий на азотисті речовини корм (люцерна), підстилку не давалося, рідкі виділення стікали по асфальтованій підлозі в канавку (отже, умови сприяли втратам аміаку); за 16 днів азот спожитого корму (100%) розподілився так (у процентах):

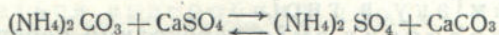
Відкладено в тілі тварин (м'ясо і шерсть)	19,7
Знайдено в гної	24,7
Втрачено	55,6

Треба відзначити, що ці досліди проводилося жаркої пори року, а тому аміачна ферментація відбувалася вельми енергійно, а через те, що в умовах досліду створювалася велика поверхня дотикання рідких виділень з повітрям, то втрати аміаку були незвичайно великі (однак, у нас бувають подекуди такі самі умови, як, наприклад, у господарствах Середньої Азії, де недостатність соломи змушує обходитися без підстилki, при чому азот рідких виділень здебільша втрачається).

Що ферментація сечовини, дійсно залежить значною мірою від температури і середовища, показали досліди тих же таки авторів; в них при ферментації сечовини:

При 2° С	втрачалася азоту	237	мг
" 11° С	"	469	"
" 20° С	"	704	"
" 30° С	"	920	"

Для боротьби з втратами аміаку пропонували вживати різні засоби; насамперед увага спинається на кислотах для зв'язування аміаку, і дійсно, був час, коли рекомендували вживати сірчану кислоту для вбирання аміаку в конюшнях. Але замість сірчаної кислоти вживають з великою зручністю її солі — гіпс і залізний купорос, частіше — перший. Основа цієї солі при обмінному розкладі з амоній — карбонатом зв'язується вуглекислою, даючи осад CaCO_3 , а сірчана кислота зв'язує аміак, утворюючи не летучу сірчано-аміачну сіль: так реакція відбувається в розчині; при висушуванні або підвищенні температури вона може піти й назад:



Застосовуючи ці речовини, не слід забувати, що в сечовині є й інші частини, що можуть використовувати гіпс, саме вуглекислі луги (K та Na); і так само утворюють Ca CO_3 відповідну сіль H_2SO_4 ; тому завжди доводиться додавати зайву кількість гіпсу для затримання аміаку, щоб присутність нелетучих лугів не паралізувала його діяння (крім того, частина гіпсу під час процесів відновлення перетворюється на CaS). Завдяки цьому за даними Мюнца на голову рогатого скоту потрібно на рік 600 — 700 кг залізного купоросу або гіпсу. Як гадає цей автор, така затрата виходить уже за межі рентабельності при умовах французького господарства. В Німеччині ж іноді вважають за можливе застосовувати по 2 кг гіпсу на добу на голову рогатого скоту.

Крім цих солей, рекомендують застосовувати калійні солі, що містять MgSO_4 або MgCl_2 і діють так само. Однак є спостереження, що каїніт може спричинитися до запалення шкіри на ногах і вим'ї тварин, а, потрапляючи в організм, каїніт може шкодити здоров'ю тварини; спостерігалось далі випадки смерті дрібних тварин (вівці, кури) від каїніту (кури мають схильність проковтувати якраз більші зерна каїніту, а 2 г вже можуть бути для них смертельними, якщо не дати їм після цього досхочу пити). Тому треба уникати застосування його в стійлах (про застосування при зберіганні на гнойовищі див. далі).

З речовин, що не запобігають ферментації рідких виділень, але затримують аміак, вводять водночас з соломою в підстилку торф у різноманітних формах (повстяний торф, торфяний порошок, формований або неформований, а тільки висушений торф), кладуть шаром на підлогу стійла, а потім кладуть підстилку, при чому міняють її або тільки додають соломи, не займаючи торф; рідше міняють і те і те, іноді настелюючи під тваринами солому, розміщують роздрібнений торф в прикритих ґратами заглибинах на шляху руху рідини по нахилу підлоги до канавки, чим досягається чистота лігва з одночасним збиранням зайвину стічної рідини торфом. При вживанні торфяної підстилki кіль-

кість аміаку в повітрі значно понижується або зводиться до нуля, що має значення як у розумінні усунення втрат азоту, так і з погляду зоогієни.

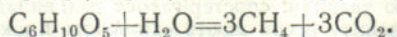
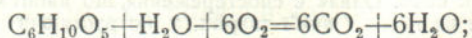
Аміачна ферментація сечовини настає досить швидко; вона може доходити значної енергії ще в стійлі раніше ніж рідина дійде до гнойовища; так в одному досліді спостерігалось, що рідина в стічній канаві перед стіканням в колодязь містила в літрі тільки 2 г органічного і 9 г аміачного азоту.

Тому якщо гній зберігають не під тваринами, а викидають при періодичному очищенні на гнойовище, то краще для зберігання азотистих речовин, крім щоденного очищення стійла від гною, робити канавки для стікання рідини досить похилими, щоб розклад сечовини відбувався переважно тоді, коли рідина потрапляє в масу гною, що розкладається, або в закритий колодязь з атмосферою, що насиченою вуглекислою.

Річ у тім, що амоній-карбонат сам собою не вивітрюється, а попереду дисоціює на $\text{NH}_3 \cdot \text{CO}_2$ та H_2O . Але якщо атмосфера насичена вуглекислою, то дисоціації немає, немає й вивітрювання; тим то підтримання рівномірної вологості в гнойовій купі, створюючи скрізь умови для розвитку мікроорганізмів і виділення ними вуглекислоти за рахунок розкладу органічних речовин, є водночас заходом боротьби з втратами аміаку в гної.

Від цих первинних змін переходимо тепер до умов розкладу і зміни гною при тривалішому зберіганні його під ногами тварин або на гнойовищі, де змінюється також органічна речовина твердих екскрементів і підстилки.

Почнемо з перетворення безазотистих речовин. Незрідка кажуть про різні способи зберігання гною і про те, що нібито при одних способах відбуваються процеси аеробного розкладу, при інших-анаеробного, при чому аеробний розпад характеризують розпадом клітковини до вуглекислоти і води, а анаеробний — до вуглекислоти і метану за рівнянням:



Через те, що в першому випадку разом з киснем проходить і азот повітря, то присутність азоту в суміші вказує на участь повітря в процесах розкладу. Коли ж азоту немає, а є тільки суміш вуглекислоти і метану, то значить процес відбувався без допливу повітря. В тих випадках, коли водночас в суміші беруть участь вуглекислота, метан і азот, ясно, що обидва типи розкладу змішалися.

Але часто схеми, що малюють аеробний, або анаеробний тип зберігання гною, не основані на фактичних даних аналізу газової суміші, що заповнює пори в гної, і дуже мало відповідають дійсності; тому почнемо з фактів. Візьмімо випадок, здавалось би відповідний зберіганню гною в умовах аеробних, а саме за типом часто подибуваним у Франції. Гній зберігається не в заглиблених, а в надземних гнойовищах на асфальтованій площадці у вигляді прямокутних куп, з правильно введеними

стінками, для чого соломі кладеться з країв, з дальшим загином всередину, з ущільненням краю ногами працюючого, взутими в дерев'яні черевики (sabots). З колодязя, що міститься поряд, гнойова рідина іде на поверхню купи для якомога рівномірнішого зволоження, зайві рідини стікає назад у колодязь. Здавалося б, що, спускаючись, рідина мусила б тягти за собою повітря і тим сприяти аерації купи. Однак виявляється, що аеробна ферментація обмежується самими поверхневими шарами, а вглиб проходить тільки у випадку просихання купи, чого не треба допускати з ряду причин (втрати аміаку через вивітрення, розвиток цвільових грибів тощо).

Але ось що знайшов французький агрохімік Дегерен при аналізі газів, здобутих з допомогою аспіратора з різних частин такої купи (в процентах):

	На поверхні купи	Всередині купи	В глибоких шарах
CO ₂	21,6	31	22,7
O ₂	0	0	0
N ₂	78,4	35,5	0
CH ₄	0	33,3	77,3

Отже, в глибині купи навіть при надземному зберіганні гною відбувається анаеробний процес, і гази, що містяться там, утворюються від розкладу вуглеводів підстилки та екскрементів. У зовнішніх шарах вуглекислота утворюється за рахунок повітряного кисню, який швидко зникає (тому вміст азоту тут відповідає атмосферному тільки біля самої поверхні, а вглиб зменшується), і в міру меншання кількості N (залишок від проходження повітря) зростає кількість метану, а в глибині купи не тільки кисню, а й азоту зовсім немає.

При висиханні повітря проходить глибше, при першому після цього дощі або поливанні зона анаеробної ферментації пересувається вгору. Розклад при допливі повітря відбувається далеко енергійніше, ніж в анаеробних умовах. Залежно від допливу повітря також і температура всередині купи може значно підвищуватись.

Поскілки гній править не тільки за засіб для удобрення, а іноді й для ogrівання (парники), умови розігрівання різних видів гною при розкладі небагудужі.

За спостереженням Дегерена температура всередині гнойової маси, що розкладається, найчастіше коливається близько 60° С, але в деяких випадках вона доходить 70° і навіть 75° у верхніх частинах купи; отже, при допливі повітря (в глибоких же шарах, куди повітря не проходить, температура звичайно не вища 30—35°) віддають перевагу субстратові, багатшому на азотисті речовини, чим пояснюють велику здатність деяких видів гною сильніше розігріватися; таким є, наприклад, кінський гній, багатший на азот, що йому віддають перевагу як джерелу тепла при набиванні парників (до того ж він не має такої зайвни вологи, як гній рогатого скоту). За деякими спостережен-

нями перебіг температури в гної різного походження характеризується такими цифрами:

Вид гною	Дні										
	0	4	7	12	16	20	24	28	32	36	
Гній кінський	5	50	75	55	25	24	22	20	18	17	
„ овечий	5	35	50	65	40	20	18	18	17	16	
„ рогатого скоту	5	15	25	35	42	40	30	20	10	10	

Високі температури зв'язані з розвитком групи бактерій, які мають загальну назву термофільних бактерій.

Як бачимо, кінський гній раніше розігрівається і дає більш високу температуру, що по скінченні періоду енергійного розпаду потім досить швидко спадає; якщо ж бажане рівномірніше і триваліше розігрівання, то можна домішувати гній іншого походження або листя, що розкладається.

При дослідах Шлезінга в штучних умовах анаеробна ферментація гною відбувалася ще й при 72,5°, тільки при 80° вона припинилася. Одною з умов метанової ферментації є також слаболужна реакція середовища, що в гної є результатом утворення амоній-карбонату. При штучному здійсненні метанової ферментації доводиться крім того підвищувати температуру, відповідно до умов розкладу гною. В одному досліді Шлезінга 124 г гною було покладено в колбу з газовідвідною трубою; температуру протягом всього досліду (2 місяці) підтримувано 52° С. Зібрані гази та гній після досліду було аналізовано; одержано CO₂ — 4,217 куб см, метану — 4,557 куб. см, отже, майже рівні об'єми, як і треба за раніше наведеним рівнянням.

Вуглецю в гної було 12,6 г, а в продуктах зібрано 4,7 г, тобто більше 1/3; при цьому вага виділених газів перевищує втрату ваги взятої сухої речовини, в наслідок того, що в реакції бере участь вода. Крім розпаду на вуглекислоту, і метан іде на утворення інших продуктів; так Дегерен констатував присутність летучих кислот (валеріанової, укусної); водночас посувається вперед і процес гуміфікації.

Значну кількість метану, що виділяється в гнойовій купі, можна показати, здобуваючи газ із внутрішніх частин гнойової купи і застосовуючи його в лабораторії (після очищення від CO₂) так само, як і світільний газ (1 куб. м гною може за час розкладу дати 16 кг метану за теоретичним підрахунком, фактично його одержували від 10 до 100 куб. м).

Прийнято думати, що головним матеріалом для метанової ферментації є клітковина, але для цього можуть бути й інші речовини (крохмаль, пентозани, жирні кислоти, навіть білки).

В ряді випадків відзначено, що пентозани (або загальне — ге-міцелюлози) розкладаються швидше за клітковину; наприклад, в одному досліді через 4¹/₂ місяця зменшення органічної речовини взагалі і пентозанів зокрема становило (в процентах):

	При 35° С		При 15° С	
	аеробн.	анаеробн.	аеробн.	анаеробн.
Загальне зменшення органіч. речовин.	11,8	3,6	39,4	34,0
Зменшення пентозанів	18,6	9,4	62,8	59,6

Через те, що розпад пентозанів випереджав розпад клітковини (а тим більше лігніну), це відбилося в наведених цифрах, які, до речі, правлять за приклад для ілюстрації впливу температури і допливу повітря.

В дослідах НІУ зменшення клітковини змінювалося між 5 і 42%, а зменшення пентозанів між 47 і 66%, залежно від способу зберігання гною.

Іноді, крім вуглекислоти і метану, спостерігається виділення і інших газів при анаеробному процесі, саме водню, водень-сульфіду та азоту. За дослідями Дегерена недостатність луку зумовлює виділення водню замість метану. Водень-сульфід може походити або від відновлення сульфатів (особливо при введенні гіпсу) або від розпаду білкових речовин.

Щодо азотистих речовин, то тільки з початку процес іде в тому самому напрямку, як і в стійлі, тобто сечовина перетворюється на амоній-карбонат, хоча ця ферментація може доходити максимуму навіть раніше, ніж усі рідкі екскременти потраплять у гнойовище, якщо їм доведеться протікати не дуже короткою канавкою. Але потім починають переважати інші процеси, що в наслідок своєї складності не легко піддаються розчлененню. Навіть для сумарного кількісного обліку з такими громіздкими матеріалами, як гній, оперувати не легко; важко навіть брати середні проби (якщо гній старанно перемішувати, щоб одержати середню пробу, то втрачається вода і аміак, відбувається посилена аерація і т. д.); далі, результати лабораторних дослідів не завжди можна переносити безпосередньо на процес розкладу гною на гнойовищі через різницю в умовах нагрівання і охолодження маси, вентиляції тощо.

Однак, перетворення азотистих речовин при зберіганні гною вивчалось в різних умовах і обстановці, і це вивчення показало, що вторинні зміни і втрати можуть бути вельми значними, при чому, крім процесу розпаду і спрощення складу азотистих речовин, відбуваються вторинні процеси синтезу, тому кількість аміаку далі може зменшуватися не тільки через те, що аміак вивітрюється, а й в наслідок переходу в органічні азотисті сполуки. Це констатовано як при дослідах відтворення процесів розкладу гною в лабораторних умовах, так і прямим аналізом гною в різних ступенях розкладу.

Правда, колишні досліди ставилося за типом аеробного зберігання, тому і втрати аміаку через вивітрення і перехід його в білкові сполуки (і грибку клітковину, що містять азот) могли доходити далеко більших розмірів, ніж при сучасній настанові на якомога меншу аерацію гною; однак, ці дані цікаві як такі, що характеризують хоч і неправильні, але загальнопоширені способи „зберігання“ гною.

Так, в одному досліді брали суміш екскрементів коня і дрібно посіченої соломи; цю суміш клали в ковпак з тубусом, поверненим униз так, щоб зайвина рідини могла стікати в закриту посудину, поставлену під ковпаком: зверху ковпак був закритий скляною покришкою для зменшення випарування, суміш поли-

вали час від часу тою самою рідиною, що стікала вниз. Дослід тривав 6 місяців; сухої речовини за цей час втрачено 50%; з 100 ч азоту аміаку залишилося тільки 15; 40,7 ч. аміачного азоту вивітрились, а 44,7 ч. перейшли в органічну речовину¹.

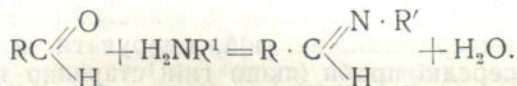
У другому випадку дослід с розкладом в штучних умовах (при підвищеній температурі і лужній реакції) тривав 3 місяці. Азоту в формі NH₃ перед дослідом було 2,64 г, залишилося 0,40 г; в азот розчинних органічних сполук перейшло 0,96 г, решта вивітрилася.

Що ж спричинює зворотний перехід аміаку в органічні сполуки?

Тут відіграють роль як причини біологічного характеру, так і чисто хемічні процеси.

Так, якщо екскременти містять масу мікроорганізмів, а солома дає їм безазотисту поживу у вигляді клітковини і пентозанів, то, розмножуючись, ці мікроорганізми будують білок свого тіла за рахунок вуглеводів соломи та азоту аміаку (а в грибів азот входить ще й до складу клітинних стінок).

Далі, встановлено, що чисто хемічним способом аміак і амінокислоти можуть зв'язуватися з вуглеводами, реагуючи за типом:



При цьому утворюються темнокольорові сполуки, подібні до гумусу; вони беруть участь в цій суміші органічних речовин, які забарвлюють гнойову рідину у властивий їй темнобурій колір. Крім того можна припустити перехід аміачних сполук в амідні форми.

Так, очевидно, пояснюються колишні спостереження, зроблені ще в Петровській академії в 80-х роках Тарховим, що коли приготувати аміачну сполуку гумінової кислоти і потім висушити її, то не вдається виявити увесь аміак при нагріванні такої сполуки з MgO — частина аміаку вже перейшла в органічні сполуки.

Отже, аміак, що утворюється в перших стадіях розкладу і при розпаді сечовини, в дальших стадіях може переходити частково в азот органічних сполук, почасти розчинних, почасти нерозчинних, які звичайно вважається за білкові речовини (відзначимо, що при звичайному сумарному визначенні білкового азот не відокремлюється від азоту гумінових речовин).

Чимало праць присвячено було питанню про те, чи відбуваються в гної втрати азоту іншим способом, крім вивітрювання аміаку (і втраг у воді гнойової рідини, якщо вона не стікає на сторону або не просочується крізь дно колодязя). Один час цікавилися питанням, чи не відбувається в гної денітрифікація (див. сказане в загальній частині). Але щоб могла відбуватися денітрифікація, попереду мусили б утворитися нітрати, однак спірним є питання, наскільки в гної може відбуватися нітрифікація, не кажучи про необхідність

¹ Поскільки в колишніх дослідах не визначалося увібраного аміаку, то кількість „азоту в органічних сполуках“ часто прибільшувалося.

зараження нітрифікуючими бактеріями з сторони, бо в екскрементах їх немає; але самого зараження (наприклад, від дотикання з землею) ще не досить, треба ще, щоб були умови, сприятливі для діяльності нітрифікаторів. Тут же доводиться зважати на той факт, що в гнойовій рідині ці бактерії не можуть розвиватися (Niklewski). Хоча тверді складові частини гною не мають речовин, що прямо заважають розмноженню нітрифікаторів, але їх різко виявлена потреба на кисень суперечить припущенню про можливість нітрифікації в середині гнойової купи. Дійсно, аналізи показують, що нітратів у гноі мало¹ або й зовсім немає.

Лише в зовнішніх частинах купи, особливо в місцях дотикання з землею або торф'яною покривною їх може бути помітна кількість. В масі ж гною тільки тоді може бути багато нітратів, якщо гній змішується з землею або торфом, але погляди на причини відсутності (або малого вмісту) нітратів в осіб, що вивчали це явище, в окремих випадках не збігаються; одні кажуть, що вони і не утворюються, а другі, що вони розпадаються в наслідок діяльності денітрифікуючих бактерій, або інших причин (наприклад, на думку деяких авторів, втрати азоту під час гниття органічної речовини гною в формі вільного азоту можливі через те, що при дотиканні нітрів з аміносполуками в присутності CO_2 відбувається розклад їх з виділенням вільного азоту, незалежно від діяльності бактерій).

Але якщо в гноі немає умов для нітрифікації, то тоді неможлива і денітрифікація, бо для неї немає матеріалу. Інша річ, якщо ввести нітрати штучно; досліди Еренберга показують наскільки енергійно відбувається розклад в такому випадку. Брали екскременти різних тварин, і піддавали анаеробному розкладові в колбі з газовидною трубкою без домішки нітрів і з ними. Без нітратів відбувалася метанова ферментація, а додаток селітри зменшував її, спричинюючи до виділення вільного азоту та вуглекислоти. Так в одному досліді після додавання KNO_3 було в газах, виділених з колби:

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

Отже, метанова ферментація тимчасово припинялася під впливом того кисню, що його бактерії брали з селітри, а після того, як розкладалася селітра, і споживався її кисень, знову починалася метанова ферментація. Цей дослід наочно показує, як невигідно було б вводити в гній матеріали, що містять нітрати.

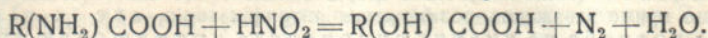
Крім такого виду втрат, в умовах анаеробних спостерігається іноді втрати азоту при прямо протилежних умовах. Дегерен казав на підставі своїх спостережень, що втрати вільного азоту можливі також при зайвинному допливі повітря способом оксидатії азотистої органічної речовини. Він спостерігав при протягуванні повітря протягом трьох тижнів через колбу, в якій був нормальний гній і яку покладено було на водяний оґрівник, при 50°C втрати азоту в $10-15\%$ поверх того азоту, що був виділений в вигляді аміаку і вловлений сірчаню кислотою.

Такі спостереження щодо виділення вільного азоту при аеробному розкладі зроблено також і іншими авторами. Еренберг на підставі своїх дослідів доходить висновку, що «біологічна оксидатія аміаку до вільного азоту» може бути стільки ж (якщо не більше) імовірним джерелом втрат азоту, як і денітрифікації.

¹ Ось дані про розподіл азоту в деяких зразках гною аналізованих Меркером:

	Всього N	N нерозчин. органіч. сполук	N амідний	N аміаку	N нітратів
1-й аналіз	0,548	0,364	0,017	0,157	0,004
2-й "	5,730	0,454	0,037	0,225	0,018

Однак можна думати, що в цих випадках втрати спричинюються все таки зруйнуванням нітритів, не зважаючи на цілком аеробні умови завдяки здатності нітритної кислоти розкладати амінокислоти з виділенням вільного азоту згідно з схемою:



Експериментальні підтвердження цього дали праці Ніклевського (1928 р.), що порівнював вміст загального азоту та амінокислот у зразках гною при зараженні нітритними бактеріями (в умовах сильного розрідження рідких виділень) і без такого зараження; ось приклади з цієї праці:

Кількість амінного азоту в пробі	При зараженні		Без зараження	
		1) 0,18%	19,6%	2) 0,05%

} від усього азоту

Водночас зменшувалася кількість аміаку, що переходив у нітритну кислоту, а потім ця кислота разом з аміною групою гумінових кислот руйнувалася з виділенням вільного азоту. Тому через 11 місяців загальна кількість у зразку, зараженому нітритними бактеріями, зменшилася з 2,773 г до 2,168, у зразку ж незараженому вона майже не змінилася (2,693 г азоту замість 2,773 г у вихідній пробі).

Звичайно, такі умови зайвньої аерації, коли частини аміаку вивітрюється, а друга оксидується і спричинює втрати азоту описаним способом, можуть бути тільки при зовсім неправильному поводженні з гноєм.

Від розгляду окремих процесів перейдімо до питання про зміну гуртового складу гною при зберіганні. Під впливом нижчих організмів завжди відбувається значна втрата сухої речовини гною в наслідок виділення CO_2 , CH_4 та H_2O (тут маємо на увазі не випарування вільної води, а утворення води при оксидації вуглеводів за схемою: $C_6H_{10}O_5 + H_2O = 6CO_2 + 6H_2O$). Втрати азоту, як правило, менші, ніж втрати сухої речовини, але при дуже поганому зберіганні може бути й протилежне явище, як це відомо ще з давнього досліду Фелькера, що поставив 3 однакові порції свіжого гною в різні умови розкладу, а саме: 1) в купі під дахом, 2) в купі, але на відкритому повітрі, 3) те саме на відкритому повітрі, але у вигляді шару невеликої товщини. Результат був такий (з розрахунку на 1000 кг вихідної ваги):

	1		2		3	
	Вага	Кільк. N	Вага	Кільк. N	Вага	Кільк. N
На початку досліду	1000	6,43	1000	6,43	1000	6,43
Через 6 місяців	405	5,91	714	6,39	865	4,66
" 9 " 	398	5,77	703	4,55	612	2,47
" 12 " 	379	5,02	700	4,19	575	2,27
Процент води в кінці досліду	41,6	—	74,3	—	65,6	—
Втрати азоту	—	14	—	30	—	64
Втрата сухої речовини	34,6	—	46,8	—	41,5	—

Через те, що на початку гній містив 66,2% води, то кінцеві цифри показують втрату води від випарування при зберіганні під дахом; при зберіганні ж на повітрі дощова вода або компенсувала втрати від випарування, або навіть збільшувала вміст води в гною, але головну шкоду дощова вода спричинювала вимиванням розчинних складових частин гною, що особливо позначалося в третьому випадку, при чому втрати азоту перевищили втрати сухої речовини.

Але якщо не спинятися на таких крайніх випадках, то, як правило, при зберіганні гній відносно збагачується на азот і зольні речовини, як бачимо це, наприклад, з дальших даних (Holdefleiss) (у процентах):

	Гній свіжий	Гній, що лежав 7 міс.
Сухої речовини	0,396	0,444
P ₂ O ₅	19,1	19,2
K ₂ O	0,148	0,210
CaO	0,511	0,725
	0,424	0,640

Збагачення на азот і зольні речовини є наслідок втрати вуглеводів при розкладі; цей процес немов би продовжує той ряд змін, що його зазнали речовини кормів, проходячи через організм травоядних. Однак підвищення процентного вмісту азоту і зольних речовин має тільки відносне значення, і перепрілий гній залишається все таки низькопроцентним і громіздким добривом; головна ж суть перепрівання полягає в усуненні з гною вуглеводів, що легко розкладаються (клітковина, пентозани та інші представники групи геміцелюлоз), які можуть негативно діяти на азотне живлення культурної рослини, якщо неперепрілий гній внести в ґрунт незадовго до посіву.

Різні способи зберігання гною

Ознайомившись з головними змінами, що відбуваються в гної, який розкладається, погляньмо тепер, наскільки застосовувані в господарствах способи зберігання його дозволяють регулювати перебіг цих процесів і з'ясуємо, чи можна зменшувати ті втрати поживних речовин, що так легко можуть набувати вельми значних розмірів.

Можна розрізнити 4 головні випадки зберігання гною: 1) зберігання під скотом („гній глибоких стійлів“ у Німеччині), 2) звичайне, нерегульоване зберігання гною на гнойовищі, 3) готування „холодного гною“ негайним ущільнюванням, 4) готування „гарячого гною“ тимчасовим рихлим укладанням і дальшим ущільнюванням.

Зберігання під скотом може давати дуже добрий гній, але тут є заперечення з погляду зоогієни, тому такий спосіб зовсім непридатний до молочного скоту і коней, але його допускають в Німеччині (навіть у великих господарствах) для овець, кіз і недійного рогатого скоту) молодняк, робочі

і почасти відгодовувані воли, вважаючи на велике здешевлення догляду за худобою і гноєм при добрій якості останнього. Такий гній в Німеччині зветься „гноєм глибоких стійлів“ (Tiefstaldunger), бо у відповідному відділі стійла підлогу кладуть на 1—1,5 м глибше, ніж у сусідніх відділах. На цементовану підлогу кладуть шар соломи (а ще краще коли під нього кладуть шар торфу), підстилки дають більше, ніж звичайно, солому часто ріжуть на частини в 15—20 см завдовжки для кращого всисання рідини і рівномірнішого змішання з екскрементами. При цьому вся рідина залишається в гної і якщо тварини (як це звичайно буває) вільно рухаються по стійлах, то вони рівномірно звожуюють всю масу і рівномірно її ущільнюють, утворюючи умови для анаеробного розкладу і насичення всієї маси вуглекислотою, що набагато зменшує втрати азоту, як бачимо з дальших даних Меркера (Німеччина):

	I. Гній глибокого стійла	Звичайний гній з гнойовища	
		II. Під дахом	III. Без даху
Азот кормів і підстилки	469 кг	469 кг	469 кг
Вага гною після перепрівання	524 ц	483 ц	527 ц
В ньому води	378 „	338 „	441 „
Сухой речовини	146 „	145 „	116 „
Азоту	407 кг	292 „	295 кг
Втрата азоту	62 „	177 „	174 „
Те саме в процентах	13,2	37,4	38,9

Отже, втрати азоту при зберіганні під скотом були майже втрое менші, ніж при щоденному викиданні гною на гнойовище¹.

Отже, не тільки по азоту, а й по калію і фосфору гній на непокритому гнойовищі займав останнє місце.

З гною, що зберігався під скотом, рідина зовсім не стікала, з відкритого ж гнойовища її стікало багато; крите гнойовище також дало певну кількість рідини (тут незастосовувалося ущільнення, див. далі про вплив рихлого і щільного укладання).

Крім кращого зберігання азоту взагалі, ще й частка розчинних сполук при зберіганні під скотом була вища:

	Всього азоту	Розчинного	На 100 ч. розчинного
Під скотом	0,777	0,271	34,9%
На гнойовищі (без даху)	0,554	0,122	22,1%

¹ Для фосфору та калію цифри такі:

	I	II	III
P ₂ O ₅	0,442	0,458	0,385
K ₂ O	0,82	0,89	0,68

Крім високої якості гною, при зберіганні під скотом відпадають: робота на щоденне викидання гною, витрати на будівництво гнойовища і колодязя для рідини та трудність її вивозити, а також будівництво дорогого даху над гнойовищем, через що його звичайно немає (тим то, як правило, важливіше відзнакою гною під скотом від звичайного є те, що дощова вода не бере участі в утворенні його). В стійлі взимку тепліше (від теплоти гною), але потрібні досконаліші пристрої для вентиляції, вважаючи на виділення газів з гною, що розкладається.

Те, що рідина при цьому способі затримується в гної, має ще один позитивний момент, а саме: рідина усуває можливість розвитку нітрітних бактерій, чим усувається значне джерело можливих втрат азоту (від розкладу амінокислот при взаємодії з нітритами в присутності CO_2). Поряд інших умов це сприяє тому, що при правильному розкладі вуглеводів втрати азоту при такому способі є найменшими, і в середньому вміст азоту, за час розкладу зростає від 0,40 до 0,70% (Ніклевський).

Для молочного скоту такий спосіб зберігання гною виключається, бо в молоко потрапляє маса мікроорганізмів, молоко може набути неприємного запаху, важко боротися з мухами і, крім того, тварини, що захворюють, легше передають одна одній зараження в наслідок вільного рухання і взаємного дотикання. Також і в конюшнях цей спосіб незручний, тим більше, що кінські екскременти виділяють більше аміаку і з псуванням повітря боротися важче, ніж у скотних дворах (але при торф'яній підстилці ці хиби значною мірою пом'якшуються).

Зберігання гною на гнойовищі дає вельми різноманітні результати; залежно від умов розкладу і способів догляду, гній якістю може або наближатися до „гною глибоких стійлів“, якщо зуміти додержуватися умов зберігання його під скотом, або ж може бути дуже малоцінним матеріалом.

Якщо, наприклад, гнойова купа приткнута до стінки стайні і промивається не тільки безпосередньо дощем, а на неї потрапляє ще й вода, що капає з даху, і якщо рідина вільно стікає на сторону, даючи аміачний запах і забруднюючи двір, то, звичайно, гній значною мірою знеціниться через втрату найбільш важливих складових частин, але й в протилежному випадку, якщо гній лежить на середині двору нетовстим шаром і при гарній погоді просихає на всю товщину, то втрати аміаку можуть бути дуже великі, а коли зайвина його відійде, то стає можливою робота нітрітних бактерій, що призводить до втрат вільного азоту.

Обох цих крайностей при правильному зберіганні гною треба уникнути.

Звичайно вимоги до будови гнойовища формулюють так: воно повинно мати непроникне дно, щоб рідина не йшла намарно, просочуючись у ґрунт; потрібен стік для рідини, щоб нижні частини гною не були в рідині; гній повинен бути захищений від дощу, вітру та сонця, бо чергування змочування і висихання

сприяє проходженню повітря в середину купи, через що постають зайві втрати сухої речовини і азоту.

В дійсності ці побажання реалізується дуже неоднаково, навіть в деяких господарствах Західної Європи будова даху над гнойовищем часто є надто важкою накладною витратою, тому прагнуть замінити дах тимчасовим захистом гною від дощів дерев'яними щитами або толем, а готову купу закривають соломною, торфом, землею тощо¹.

Значно більше робиться для створення непроникного дна (бетон, асфальт, цеглова кладка, а в крайньому разі — вимошування дна гнойовища бруківником на глині та ін.) і для будови колодязя на рідину. Але навіть при бездоганно збудованому гнойовищі зберігання гною може бути поганим, якщо його викидають з стійла абияк і далі не доглядають. Тоді утворюється нерівна (отже, надто збільшена) поверхня, солома і екскременти залишаються неперемішаними, можуть чергуватися вологі й сухі ділянки, розклад відбувається нерівномірно, проходження повітря спричинюється до втрат.

Зовсім інакше виходить, якщо дбають про те, щоб відразу ж по вивантаженні рівномірно розподілити і ущільнити гній, тоді суха солома вдавлюється в багаті на воду екскременти, порожнини зникають, доплив повітря якомога обмежується, утворюється атмосфера, насичена вуглекислотою, і втрати азоту зменшуються. Гній ущільнюють важким котком (кільчастий коток кращий за гладенький), а з країв купи ще більше ущільнюють робітники ногами (для чого на Заході часто користуються дерев'яними черевиками). Вважають, що на голову великого скоту потрібно 3 кв. м площі гнойовища, якщо зложений він не вище 1,5 м і якщо гній не залишається на гнойовищі більше як 3 місяці.

Один із способів кращого витиснення повітря з гнойової маси полягає в тому, щоб не розподіляти шодня гній по великій поверхні, а на меншій площі, укладаючи гній, при ущільненні доводити купу до повної висоти (при механізації — понад 2 м), потім до неї прилягає дальша ділянка і т. д. до заповнень всього гнойовища, тоді до ущільнення при вкладанні приєднується ще тиск гнойової маси. До цього ще іноді додають земляну покривку і промазку глиною зовнішньої стінки готової купи (Німеччина). Якщо в гної багато рідини, яку бажано утримати від стікання, то вводять у гній торф або як підстилаючий шар, або у вигляді прошарків, що чергуються з гноєм.

Застосовують також торф для прикриття купи зверху, щоб вбиралася аміак, який виділяється, та щоб захистити купу від висихання.

¹ Однак будова даху над гнойовищем корисна тільки в тому разі, коли дбають не тільки про ущільнення, а й про зволоження гною в суху погоду, без цього ж втрати від просихання гною можуть бути такими великими, що зберігання під дахом може дати в наслідок пересихання гною гірші результати, ніж зберігання на відкритому повітрі.

Як захід до швидшого встановлення анаеробної ферментації і утворення атмосфери, насиченої вуглекислотою, було запропоновано Дегереном при закладанні нової купи класти на дно гнойовища деяку кількість гною від попереднього розкладу, який довільністю мікроорганізмів та вуглекислою, що виділяється, прискорює утворення сприятливих умов для розкладу і нової порції гною. За спостереженнями Шнейдевінда (в Німеччині) цей метод дійовіший у поглиблених гнойовищах, ніж при надземному зберіганні. В одному досліді, коли, крім шару попереднього гною знизу, був покладений другий прошарок посередині, Шнейдевінд спостерігав значне зменшення втрат азоту (17% замість 30% у контрольній купі).

Другу пропозицію регулювання біологічних процесів у гнойовій купі зробив Бартель (Швеція). Саме він спостерігав сприятливий вплив молочної кислоти на зв'язування аміаку гною і тому радить в господарствах, зв'язаних з сироварними заводами, застосовувати сироватку до гною, щоб призвести до молочнокислої ферментації. В одному з дослідів через 3 місяці зберігання спостерігалось такі різниці в складі гною (в процентах):

	Зв'язаний аміак	Вільний аміак
З додаванням сироватки	0,143	0,008
Без додавання	0,064	0,101

Крім того, щоб запобігти втратам азоту, пропонувалося чисто хемічні заходи боротьби, як введення в гній суперфосфату, карналіту, бісульфату, кальцій-хлориду почасти, щоб перевести амоній-карбонат в амоній-хлорид з утворенням CaCO_3 або MgCO_3 способом обмінного розкладу з CaSO_4 (в суперфосфаті) та MgCl_2 (в карналіті), почасти ж для прямого зв'язування аміаку кислотними солями, як $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ та NaHSO_4 . Але й перша-ліпша сіль, в тім числі і натрій-хлорид, може зменшувати втрати аміаку. В наслідок такого підвищення концентрації розчину зменшує розвиток мікроорганізмів, однак в такому разі припиняється і перепрівання такого „солоного“ гною, тому тепер цей спосіб відкинuto, бо він призводить до припинення процесів розкладу.

Але з того, що раніше неправильно застосовували консервуючі засоби, не значить, що їх зовсім не можна застосовувати. Так, треба випробувати внесення в гній суперфосфату (або бісульфату, розчину фосфорної кислоти тощо) після перепрівання, щоб уникнути втрат аміаку при розподілі гною в полі, коли на великих площах не можна вмити його заорати, і в суху, вітряну погоду з розкиданого гною втрачаються величезні кількості аміаку. Далі, питання про час внесення в гній помірних доз суперфосфату, що не припиняють розкладу, взагалі заслугоує на вивчення заново. В таких особливих випадках, коли вдаються до сушіння гною (див. далі), введення суперфосфату може бути засобом зберігання гною від втрат аміаку при сушінні.

Готування „гарячого“ гною за Кранцем. Відмінно від попереднього способу, при якому відразу виконується завдання — тримати гній щільним і вологим, при чому не вимагається значного підвищення температури, Кранц запропонував спосіб тимчасового рихлого вкладання, щоб дуже розігріти гній і лише потім його ущільнити. Для того свіжий гній кладуть, не ущільнюючи, шаром в один м (або 90 см) і залишають лежати, поки він не розігріється до 60° , на це потрібно від 2 до 4 день; тоді гній зразу ж ущільнюють і накладають на него новий шар свіжого гною, що теж проходить через стадії розігрівання і дальшого ущільнення. Таким

способом доводять висоту до 3—4 м (іноді й більше), прикриваючи готову купу землею (особливо, якщо вкладають не під дахом). До застосування гною мусить пройти, якщо можна, 4—5 місяців. Переваги цього способу його прихильники вбачають ось у чому: в стадії аеробного розкладу при підвищеній температурі розвиваються тільки термофільні бактерії, решта бактерій гине (або число їх різко зменшується); далі ж, в стадії ущільнення, коли настають анаеробні умови розкладу, гинуть і термофільні бактерії, як різко виражені аероби; таким способом гній буде збіднений на мікроорганізми і тому більше застрахований від дальших втрат азоту (про те звичайно вважається важливим, що гній вносить у ґрунт дуже багато мікроорганізмів і тим підвищує розклад органічних речовин самого ґрунту). Запевняють, що цей гній характеризується великою однорідністю завдяки досконалішому розкладові соломи, а вважаючи на те, що цей розклад відбувається, звичайно, не в 2—3 дні першого (аеробного) розпаду, а пізніше, то звідси робить висновок, що через бідність на мікроорганізми пізніші перетворення більше залежать від чисто хемічних процесів, ніж від біологічних. Однак, як ми далі побачимо, багато таких тверджень висловлено апріорно, інші ж, хоча й підтверджуються фактами, але пояснюються зовсім іншими обставинами, ніж це хотіли бачити пропагандисти цього способу. Прихильники цього способу виступили з даними дослідів, що говорять нібито за перевагу гною, виготовленого способом розігрівання, над всіма іншими способами, і назвали навіть такий гній „благородним гном“ (Edelmist). Але таке самовихваляння основане було насамперед на логічних помилках, не кажучи про багато дефектів в експериментальній частині.

Так звичайно порівнювали „гарячий“ гній, приготований за Кранцем, не з гном, зразу ж ущільненим, а з звичайним гном, що його просто викидають на гнойовище і там він залишається без догляду, не зазнавши ні значного розігрівання, ні ущільнення; помічаючи кращий ефект від „благородного гною“, робили висновок, що причина лежить саме в розігріванні в період перших днів, перед ущільненням, не беручи до уваги другого, більш природного припущення, що краще діяння такого гною зумовлене саме тим ущільненням, що провадиться через 3 дні (отже, не зважаючи на короткочасне розігрівання, а не завдяки йому), тоді як при звичайному зберіганні гній лежить рихло протягом довгого часу, і звісно, проходження повітря має при цьому спричинитися до значно більших втрат азоту та сухої речовини, ніж при способі Кранца. Далі, якщо гній за Кранцем готується під дахом, а порівнюваний з ним гній на непокритому гнойовищі, вільно сприймаючи дощову воду, то це також становить доданок в тій перевазі, що її має цей звичайний гній, але з розігріванням це нічого спільного не має. Далі, коли наводять аналізи, за якими „гарячий гній“ містить не тільки більше азоту, але також більше калію і фосфору, ніж звичайний гній, то ясно, що в даному разі були або

втрати рідини в звичайному гної, або були якісь огріхи, коли брали середні проби, бо розігрівання само собою, звичайно, не може збільшувати вмісту калію в гної. Твердження, що розігрівання гною вбиває денітрифікаторів, ніякого відношення немає до питання про можливість денітрифікації під впливом неперепрілого гною в ґрунті, бо ґрунт сам собою багатий на денітрифікатори, а гній дає для них поживу у вигляді нерозкладених вуглеводів у соломі та калі (для самого ж гною важливіше було б говорити про усунення нітрифікаторів, бо нітрифікація може бути джерелом втрат у наслідок навіть чисто хемічних реакцій, через те, що взаємодіяння натрітної кислоти з амінокислотами призводить до виділення вільного азоту).

Щодо дослідів з гном за Кранцем, на які покликаються прихильники цього методу, то їх критично розглянули німецькі агрохеміки, особливо Леммерман та Еренберг, при чому останній дійшов висновку (1930), що споміж цих дослідів не було жодного, який задовольняв би вимоги строгої постановки, тобто давав точний облік балансу азоту і зольних речовин способом правильного брання середніх проб і численних аналізів з додержанням усіх однакових умов, крім одної, що підлягає вивчання — це присутність або відсутність періоду розігрівання.

Нагромаджувати дані для порівняння способу Кранца з звичайним зберіганням не корисно, бо це значить порівнювати один з видів догляду за гном з зберіганням без всякого догляду і залишати неясним, який з елементів загального комплексу відіграє головну роль; потрібні ж досліди для порівняння двох способів, однаково старанних з погляду усунення втрат цінних речовин у рідині і введення непотрібних (дощова вода,) однакових за ступенем ущільненням протягом основного (тривалого) періоду зберігання, але різних щодо способу вкладання і догляду протягом перших трьох днів.

В СРСР найбільш ґрунтовні досліди для порівняння способу Кранца з іншими способами зберігання були проведені в НІУ¹ в 1929, 1930 і 1931 рр. При цьому точно вияснилося, що „гарячий гній“ має перевагу перед звичайним, безладним способом викидання гною на гнойовище, але не перед правильно приготованим гном, відразу щільно складеним; так у дослідах 1930 р. спостерігалось (у процентах):

	Солом'яна підстилка		Торф'яна підстилка	
	Втрата сухої речовини	Втрата азоту	Загальна втрата	Втрата азоту
Звичайний гній (рихла укладка)	39,7	24,3	39,1	22,7
„Гарячий гній“ (за Кранцем) . . .	34,1	22,3	37,0	14,3
Щільна укладка (без попереднього розігрівання)	11,4	13,5	7,8	1,2

¹ Мамченков і Ромашкевич. Під керівництвом Перігурана „Рациональные способы хранения навоза“, „Труды НИУ“, вид. 97, 1933 р.

Крім найменших втрат, гній щільної укладки був найбагатшим на аміачний азот, вміст якого становить, очевидно міру доступності азоту гною в перший рік після внесення його; так якщо вихідну кількість азоту взяти за 100, то після 4-місячного зберігання на загальний азот і окремі форми припадало (в процентах).

	Загальній	Азот білків і гумінів	Азот аміаку	Решта форм	N аміаку в % від наявн. азоту
При солом'яній підстилці					
Рихла укладка	71,0	51,2	18,6	0,2	26,2
Гній за Кранцем	75,6	56,6	17,5	1,4	23,1
Щільна укладка	85,7	53,4	28,3	4,0	33,0
При торф'яній підстилці					
Рихла укладка	75,6	50,7	22,5	2,4	30,0
Гній за Кранцем	83,8	49,7	30,0	4,1	34,5
Щільна укладка	98,7	56,0	38,5	4,2	39,0

Якщо взяти середнє з 5 дослідів, проведених НІУ за 3 роки, то втрати азоту і сухої речовини для трьох видів гною становитимуть:

	Втрати сухої речовини	Втрати азоту	Відносні величини для втрат азоту
I. Звичайний гній	32,6	31,4	4,1
II. Гній за Кранцем	24,6	21,6	2,8
III. Гній щільної укладки	9,2	7,7	1,0

Отже втрати азоту при щільному вкладанні були в 4 рази менші, ніж при рихлому, і майже в 3 рази менші, ніж при вкладанні способом Кранца. Цікава різниця в кількості рідини, що стікає з гною при різних способах укладання і зберігання; так у дослідях НІУ одержано такі цифри:

Види гною	Кількість гнойової рідини в % від ваги гною	
	Солом'яна підстилка	Торф'яна підстилка
Звичайний гній (рихла укладка)	10,5	4,3
„Гарячий гній“	5,1	3,4
Гній щільної укладки	1,9	0,6

Виходить, що щільно вкладений гній дуже добре затримує рідину, маючи перевагу щодо цього не тільки над звичайним,

а й над „гарячим гноем“ і наближаючись до гною глибоких стійлів; особливо ж понижується кількість рідини при торф'яній підстилці, і очевидно, трохи збільшивши кількість торфу, можна зовсім уникнути стікання рідини, отже, і всіх труднощів вивозення і розподілу її по полю.

Очевидно, „гарячий“ гній віддає рідину головню протягом першого періоду (рихлої укладки) в наслідок того, що в одних місцях є зайвина рідини, а в других солома не повнотою нею насичена, при щільному ж укладанні суха солома вдавлюється у вологу масу, і її вологемність цілком використовується.

Твердження прихильників способу Кранца, ніби більша кількість рідини в „гарячому гноі“ залежить від енергійнішого розкладу і ніби зайвина води утворюється при оксидації вуглеводів, не тільки є необгрунтованим, а ще й обоюдогострим аргументом, бо звичайно при великих втратах сухої речовини і втрати азоту більші.

Далі, казали, що „гарячий“ гній має ту велику перевагу, що в ньому повніше гине насіння бур'янів; одначе в дослідах Фрувітра різниця щодо цього виявилася не такою вже значною; так з 300 насінин, закладених у гній, при вивезенні його було знайдено нерозкладених:

	У випадках		
	Raphanus rapha	Galium aporine	Vicia nillosa
„Гарячий“ гній	241	300	165
„Холодний гній“	260	300	162
З них схожих	а) 0	0	0
	б) 0	0	2,3

На закінчення иведемо ще з дослідів 1929 р. таблицю, де подається розподіл азоту по групах сполук, вона має певний інтерес також і незалежно від способу Кранца.

В процентах сухої речовини	Азот загальний	Азот білковий	Азот вільний вуглекисл. NH ₃	Азот зв'язаний NH ₃	Азот нітратів	Сума мінерального азоту
Гній.						
Солом'яний рихлий . .	2,35	1,752	0,346	0,152	0,0016	0,499
„ „гарячий“	2,52	1,587	0,415	0,434	0,0018	0,850
„ „щільний“	2,62	1,698	0,520	0,308	0,0016	0,829
Торф'яний рихлий . . .	2,80	2,296	0,152	0,164	0,0090	0,325
„ „гарячий“	2,97	1,824	0,829	0,208	0,0018	1,038
„ „щільний“	2,53	1,222	0,809	0,436	0,0022	1,247

Ті самі величини в процентах від усього азоту гною становлять:

Навоз	Азот загальний	Азот білковий	Азот вільн. і вуглек. NH_3	Азот зв'язаний NH_3	Азот нітратів	Сума мінерального азоту	Азот решти форм (за різницею)
Солом'яний рихлий .	100	74,5	14,7	6,4	0,07	21,2	4,3
„ „гарячий“	100	63,0	16,4	17,2	0,07	33,7	3,3
„ щільний .	100	60,3	19,6	11,6	0,06	31,3	8,4
Торф'яний рихлий .	100	82,0	5,4	6,0	0,32	11,7	6,3
„ „гарячий“	100	61,2	27,8	7,0	0,08	34,9	4,0
„ щільний .	100	48,3	32,0	17,2	0,09	49,9	1,4

Про втрати фосфору при зберіганні гною. При обліку перетворень фосфору в гної Єгоровим були помічені деякі втрати його, що звичайно пояснюють утворення летучих сполук фосфору під впливом відновних процесів (таким є, наприклад, воденьфосфід PH_3 , однак не встановлено, щоб саме у вигляді цієї сполуки вилітав фосфор при зберіганні гною).

При вищеописаних дослідях НІУ також спостерігалось деякі втрати фосфору, але тільки при звичайному рихлому вкладанні і при готуванні „гарячого“ гною за Кранцем; у випадку ж щільного вкладання гною втрати фосфору не спостерігалось.

Спеціальні способи зберігання гною та його компонентів

Окреме зберігання рідких виділень

Вважаючи на те, що великі кількості азоту втрачаються в перших стадіях розкладу гною в наслідок аміачної ферментації сечовини, тоді як азотисті речовини твердих виділень і соломи змінюються повільніше, і для їх консервування не потрібно таких швидких заходів, як для зберігання азоту рідких виділень, у Німеччині Сокслетом було запропоновано спосіб окремого збирання й зберігання твердих і рідких виділень з тим, щоб тверді екскременти і солому піддавати розкладові для гуміфікації, змочуючи їх водою в міру потреби, а рідину збирати окремо і зберігати в закритих резервуарах, де не втрачається аміак, споживання ж аміаку мікроорганізмами виключається завдяки відсутності безазотистих речовин.

Таким способом водночас можна досягти і зменшення втрат азоту і підвищення коефіцієнта діяння азота, бо, зберігаючи і вносячи рідину окремо, ми вносимо власне амоній-карбонат, тобто щось краще, ніж амоній-сульфат (якщо ми тільки зуміємо внести його в ґрунт без втрат при розподіл). Якщо ж залишати рідину в гної, не тільки важче боротися з втратами аміаку, а й та частина аміаку, що її нам вдається зберегти від вивітрювання, може входити в склад органічної речовини, і отже, замість добре засвоюваного аміачного азоту можуть утворюватися важче засвоювані форми азотистих сполук.

Спосіб Сокслета дає чудові результати на дослідних станціях при пильному виконанні основних завдань; але для цього рідину не треба застосовувати поверхнево; відразу ж після розподілу треба її заорати; її не повинно навіть застосовувати на полі, що зберегло стерню,—це дає більшу поверхню випарування, і особливо під час вітру в теплу погоду, втрати аміаку можуть бути величезними. Треба, щоб рідина безпосередньо просочувалася в землю при виході з розподільника; так само не слід застосовувати рідину малими порціями кілька разів,—при застосуванні відразу великих кількостей втрати аміаку будуть менші.

В Німеччині цей спосіб було випробовано і в господарському масштабі, при чому вироблено як способи якомога швидшого відокремлення рідких екскрементів від твердих із соломи, так і способи відведення їх без дотикання з повітрям у закритий резервуар (плаваючі покритишки, масляний затвір та ін.). За зробленим розрахунком витрати на ці пристрої припадають 10% на азот сечі, якщо порахувати останній за вартістю азоту в амоній-сульфаті, що звичайно, не точно, бо тут до аміаку приєднується велика кількість води, яка дуже здорожчує вивозку (рідина містить 97,5% води).

Головна трудність — у внесенні в ґрунт без втрат розчину такої летучої речовини, як амоній-карбонат; звідси прагнення зв'язати його з сірчаною кислотою (бісульфатом) або формельдегідом¹; але тоді постає питання, чи можна позбутися цієї перевозки і розподілу рідини, бо на це потрібен окремий інвентар. Деяке наближення до розв'язання цього завдання може можна шукати в застосуванні торфу для вбирання рідини, при тому, якщо додержувати думки Сокслета, не Sphagnum'a, багатого на вуглеводи, а розкладеного торфу, багатого на гуміни, і в комбінаціях, коли торф не змішується з соломою, а тільки вбирає в себе рідину, що стікає з лігва тварин (див. далі про застосування торфу). Ще тривкіше, ніж торф, зв'язує аміак рідини буре вугілля, взяте кількістю від 50 до 60%.

Найрадикальнішим способом позбутися маси рідини і добути аміак у вигляді солі була б перегонка та вловлювання аміаку кислотою; як захід здешевлення цього способу Леммермана і Вісмана вивчали виділення аміаку з рідини при протягуванні повітря через неї; але виявилось, що при звичайній температурі цей процес відбувається досить повільно: щоб усунути $\frac{9}{10}$ аміаку, треба продувати протягом 44 годин (може варто випробувати ще один варіант — вбирання аміаку рідини сірчаною кислотою, поставленою в плоских посудинах над рідиною при ізоляції всієї системи від навколишнього повітря).

Застосування суміші екскрементів без підстилкі

В екстенсивних господарствах з розвиненим вівчарством буває спосіб внесення добрива, що зветься толокою. Спосіб полягає в тому, що тварин (звичайно овець) зганяють на ніч на місце, що має бути удобрено; екскременти тварин, що залишаються після ночівлі, заорюють. При такому способі не треба перевозити гній, вживати підстилку, влаштовувати спеціальні пристрої для зберігання гною, застосовуючи цього способу,

¹ При застосуванні формаліну не тільки зменшується бактеріальна діяльність, а й хемічно зв'язується аміак (з утворенням гексаметилентетраміну).

уникають втрат. Для екстенсивних господарств з великим вівчарством такий спосіб заслуговує на увагу. Вважають за сильне удобрення, якщо вівці перебувають 12 годин на одному місці при густоті одної голови на 1 кв. м. За нормальне ж удобрення вважають уже 6 годин такого перебування. Хоча щодо ваги навіть у першому випадку одержують лише половину кількості екскрементів проти нормального гнойового удобрення, але ефект його значний, бо тут діє головню азот рідкої частини екскрементів, що без втрати потрапляє в ґрунт і не супроводиться масою соломи.

Зразу після удобрення толокою поле переорюють; іноді рекомендують і перед ночівлею зорати удобрюване місце, але при цьому вівці більше брудняться.

Висушування гною. З першого погляду здається зовсім парадоксальним, як можна пропонувати сушити гній, коли при цьому напевне втрачається амоній-карбонат (залишається тільки увібраний аміак). Але різноманітність пропозицій щодо готування гною пояснюється тою різноманітністю ґрунтових і господарських умов, що особливо велика в такій широкій країні, як наша, і якщо Бельгія або Данія можуть для себе встановити якийсь загальний стандарт найкращого готування гною, то в нас про такий єдиний тип не доводиться говорити, бо ми маємо всі переходи від підзолистої зони, де азот гною надзвичайно цінний, до південних чорноземів, де або цінний тільки фосфор гною, або гній взагалі ще не застосовується і йде тільки на паливо (у вигляді кізняка). Відповідно із сказаним, сама думка про сушіння народилася в умовах чорноземної смуги — таку пропозицію зробив проф. Єгоров у Харкові. Крім того, що при доброму обробітку пару азот на чорноземі подекуди ще не потрібен (принаймні, для озимини), тут виступають ще такі міркування: при тому поганому зберіганні гною, що у нас є подекуди, втрати азоту за довгий період його зберігання такі великі, що втрати при сушінні будуть менші, а далі сухий гній зберігатиметься вже без втрат. Крім втрат при зберіганні, у нас звичайно гній втрачає багато азоту, будучи розкиданим по полю, бо його не зразу заорюють. В суху погоду при вітрі (особливо для відкритих полів у чорноземній смузі) гній висихає; тоді особливо постає питанням, чи не краще це мимовільне сушіння розкладеного гною, від чого до втрат азоту при зберіганні додаються ще втрати при висушуванні перед заорюванням, замінити сушінням до розкладу, тоді ми не тільки зменшимо загальні втрати азоту, а ще й у чотири рази зменшимо масу, яку має бути вивезено в поле (бо гній містить в середньому 75% води).

Однак, тоді постає питання, як же бути з тим моментом, що висушування припинить розклад, і в ґрунт потраплять неперепріла солома та тверді екскременти. Тут, очевидно, знов таки відіграють роль місцеві умови, так, наприклад, на Безенчуцькій та Харківській станціях спостерігалось, що висушений гній діяв не гірше за звичайний; але парові поля чорноземної смуги зовсім не являють собою відповідного фону для

випробовування діяння гною як джерела азоту, бо, в наслідок великого нагромадження нітратів, на них і селітра часто не діє, і цілком можливо, що при певних дозах гною, при завчасному внесенні в пару, при величезній аерації чорнозему, порівнюючи з нечорноземом, при підвищенні біологічної діяльності і понижень потребі ґрунту на внесення азоту з сторони (але при достатній потребі на фосфор), вплив нерозкладеної органічної речовини не буде таким значним, щоб помітно вплинути на врожай зерна наступного року (якщо гній вноситься під озимину). Для нечорноземних ґрунтів справа може стояти інакше, і навіть для чорнозему, при внесенні гною в сівозмінах, що не мають чистих парів, питання це потребує окремого дослідження.

Щодо механічних перешкод до заорювання нерозкладеної соломи, то вони відпадають, якщо на підстилку вживають не цілу, а різану солому; бажані досліди над сушінням гною з застосуванням речовин, які переводять амоній-карбонат в нелетучі сполуки, а цього можна досягти не тільки застосуванням кислот і кислих солей (фосфорна кислота, бісульфат, суперфосфат), а й органічних речовин, як лігніт (буре вугілля) та види торфу, багаті на перегнійні кислоти. Тоді питання про сушіння гною можна також інакше поставити, а саме: чи не можна сушити гній після розкладу органічної речовини в звичайно потрібній мірі, а втрачання аміаку запобігти дальшим зв'язанням його тими чи іншими домішками.

Крім того, що в чотири рази полегшується робота над вивезенням гною, сушіння дало б можливість користуватися роздрібненим гноем, що полегшило б механізацію його внесення у великих господарствах.

Готування штучного гною з соломи

Під цим мають на увазі компостування соломи з додаванням азотистих (іноді і інших) сполук, щоб одержати кінець-кінцем без участі тварин добриво, близьке складом до гною. При цьому під впливом мікроорганізмів солома втрачає легкозасвоювані вуглеводи, що зумовлюють пониження врожаю при внесенні в ґрунт неперепрілої соломи, а мета внесення азотистої поживи це, поперше, посилити роботу мікроорганізмів, а по-друге, збільшити вміст азоту в масі, що розкладається, щоб наблизити її складом до гною.

Вважаючи на те, що пентозани являють собою одну з частин соломи, що легко розкладаються і водночас легко піддаються визначенню, деякі автори пропонують складати уявлення про ступінь розкладу соломи за вмістом пентозанів. Так, в одному з дослідів спостерігалось такі зміни у вмісті пентозанів проти вихідної величини (25,8%):

Через 4 тижні	20,3%	Через 12 тижнів	12,8%
„ „	13,5%	„ 10 „	10,5%

Вважаючи, що коли вміст пентозанів зменшується до 12%, то солома втрачає свої шкідливі властивості. За другий критерій може почасті правити загальна цифра вмісту азоту в органічній речовині. Вважають, що коли цей

вміст менший від 2%, то органічна речовина спричиняється до переходу в ґрунті мінерального азоту в органічній під впливом бактеріальних процесів, через що умови життя культурної рослини можуть погіршити. Через те, що житня солома містить у сухій речовині тільки 0,45% азоту, то вона так діє, якщо її внесено незадовго до посіву (крім дуже багатих на азот чорноземів). Змінити співвідношення азоту до органічної речовини в соломі можна або тривалим перегниванням або додаванням азотистих сполук безпосередньо до соломи при внесенні її в ґрунт. Але перепрівання без додавання азотистих сполук відбувається надто повільно, і саме додання значних кількостей азотистих сполук (без перепрівання) становить надто велику накладну витрату, а тому й вдаються до комбінації цих двох заходів, досягаючи, поперше, скорочення часу перепрівання, а подруге, економії на азоті, якого можна додати менше, якщо частина вуглеводів буде усунена перепріванням.

За дослідями, переведеними в Німеччині, азотисті сполуки треба додавати з розрахунку 0,7% азоту щодо ваги сухої соломи. Краще за все брати карбамід або ціанамід, бо при введенні селітри спостерігається втрата азоту від денітрифікації, а солі амонію несприятливо впливають на діяльність мікроорганізмів своєю залишковою кислотністю; звичайно з ними радять вносити вапно, але цікавіше вводить фосфорит з розрахунку на сірчану кислоту амоній-сульфату, щоб посилити розклад фосфориту (без амоній-сульфату фосфорит дуже мало змінюється; так, в одному досліді в наслідок компостування з соломою в засвоювану форму перейшло тільки 7% від усього P_2O_5 фосфориту). Вводити фосфати і калійні солі заради успішного розвитку мікроорганізмів, очевидно, не треба, бо в соломі для цього є достатня кількість калію і фосфору, при тому в добре засвоюваній формі. Найкращою формою введення дешевого азоту і водночас великої кількості мікроорганізмів була б домішка до соломи вмісту вигребних ям або змочування її чистою водою, а стічними (каналізаційними) водами. Найбільшу трудність становить рівномірне промочування всієї маси соломи. Щоб полегшити змочування і всі дальші операції, солому ріжуть на частини в 10—15 см, а ще краще застосовувати солому з порушеною структурою, рвану або м'яту¹.

Крім того, купу закладають не зразу, а пошарно; вклавши перший шар (30 см), його змочують водою і після того, як вона вбереться спорскують розчином карбаміду, а тоді поливають всю масу ще водою, але так, щоб уся сума доданої води не перевищила вологості соломи, після чого дають соломі деякий час полежати, щоб поступінно набрякнути (іноді — за Кранцем — до досягнення температури близько 60°); після того накладають другий шар і т. д., доводячи висоту купи до 2 м.²

¹ Непорізана солома або солома нарізана надто великими частинами (наприклад на 20 см) проявляє потім явища стікання рідини і утворення сухих місць в масі компосту, в наслідок чого утворюються гнізда нерозкладеної, але цілої соломи

² Звичайно ширина купи—2,5 м знизу і 2 м вгорі, довжина залежить від кількості соломи, що має бути перероблена, і зручності розміщення куп, залежно від умов місця. Така висота купи буває в момент закладки, в процесі розкладування маса осідає, і через 12 тижнів висота зменшується разів удвоє.

Не тільки в процесі вкладання купи, а й потім не треба допускати витікання рідини, бо при цьому втрачається не тільки азот введеного карбаміду або амоній-сульфату, а навіть, якщо цих додавань і не було, то рідина, що витікає з купи соломи, яка розкладається, виносить з собою фосфорну кислоту, що входить у склад самої соломи. Взагалі тут треба застосувати всі ті заходи, що попередю були відзначені з приводу будови гнойовищ для зберігання гною.

Щодо діяння „штучного гною“, то воно великою мірою залежить від вмісту азоту в ньому, який повинен бути не нижче 2⁰/₁₀₀, рахуючи на суху речовину (що відповідає середньому складові гною). При одному досліді щодо впливу штучного гною різного складу на нітрифікацію через 4 тижні виявилася така різниця в нагромадженні нітратів у ґрунті (якщо вміст нітратів у ньому, без внесення добрива, взяти за 100):

Процент N у сухій речовині штучного гною	1,48	1,60	1,80	2,07	2,32
Зменшення або збільшення нітратів (у процентах)	-52,9	-16,0	+36,9	+111,1	+158,2

Розмір діяння штучного гною, крім його власних властивостей, залежить також і від роду ґрунту (бо залежно від багатства ґрунту на азот до вношуваної органічної речовини ставиться різні вимоги в розумінні відношення в ньому азоту до вуглицю), а також роду рослини (наприклад, культури пізнього збирання, як картопля, допускають ширше відношення N:C в гної, ніж культури, що раніше досягають).

Однак, на ґрунтах нечорноземних і для картоплі може виявитися негайне діяння зайвини вуглеводів у добриві. Візьмімо приклад з дослідів Леммермана з картоплею, де вносилося 6 т (з розрахунку на суху речовину) соломи та штучного гною різного ступеня розкладу.

	Без добрива	При внесенні в поле додаткової кількості азоту			
		20 кг/га	40 кг/га	60 кг/га	
Урожай картоплі без органічного добрива	140 ц	177 ц	220 ц	242 ц	
Приріст про- ти неудобр. {	солома нерозклад.	-58	-41	-11	-4
	штучн. гній (місяць компостування) .	-23	+22	+36	+69
Те саме через 6 міс. компостування	+6,7	+33	+64	+77	

Тут діяння соломи було різко негативним, а штучний гній тільки через 6 місяців розкладання виявив перехід від негативного діяння до позитивного; додання азоту спричинилося до зміни знаку і для одномісячного компосту.

У нас з штучним гноем є досліди НІУ на двох видах ґрунтів—суглинистому (I) та пісковому (II) з двома рослинами—картоплею та вівсом. Наведемо дані врожайв картоплі (в процентах від неудообрених ділянок), щоб зробити цифри для двох ґрунтів більш порівнюваними між собою.

	Без соломи	Солома суха (10 т)	Солома компостов. без додатк. (10т)	Солома компостов. з карбамідом і фосфорит.
I	100	97	127	129
II	100	103	168	225

Те саме на фоні азоту і фосфору, внесених у поле

I	127	132	158	—
II	143	180	274	—

З досліду з картоплею бачимо, що: 1) в даному випадку просте компостування соломи вже перетворило її на позитивно діюче добриво; 2) солома, компостована з додаванням карбаміду і фосфориту, дала на пісковому ґрунті вчасно більший ефект, ніж карбамід і фосфорит; 3) неперепріла солома ставала фактором позитивного діяння на фоні карбаміду і фосфориту, особливо на пісковому ґрунті а без такого фону діяння її було нульовим¹; 4) неперепріла солома з доданням у полі карбаміду і фосфориту дала більший ефект, ніж солома, компостована з карбамідом і фосфоритом. Чи залежало це від втрати частини азоту карбаміду при зберіганні компосту, його вивозки й заорювання, чи від переходу частини азоту в органічні сполуки, що повільно розкладаються, не можна сказати.

¹ В інших же випадках додання азотистих добрив до неперепрілої соломи може викликати перехід від негативного діяння до позитивного, як видно з дальшого прикладу (взято з тої ж таки серії дослідів в Flieg у Німеччині звідки було попередю наведено дані про вплив штучного гною на нітрифікацію):

Збільшення або зменшення нітратів у ґрунті

	Солома	Те саме з доданням $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ до вмісту азоту				
0	з 0,45% N	1,26	1,60	1,84	2,07	2,32
100	— 91,2%	— 82,6%	— 82,6	— 48,4%	+ 19,2%	+ 57,6%

Ми знову спостерігаємо поворотний пункт до позитивного діяння близько 20% N, як це було і у випадку підвищення вмісту азоту в масі, що має бути розкладена.

Вважаючи на те, що картопля, як було відзначено попереду, краще використовує гній, ніж хліба, і для неї солом'яний гній менш шкідливий, то наведемо ще дані для вівса (які, однак, не зовсім порівнювані, бо з вівсом було проведено вегетаційні дослід, а з картоплею—польові (в процентах):

	Без соломи	Солом'яна січка	Солома, компостов. без додатків	Солома компостов. з карбамідом і фосфоритом.
I	100	50	65	188
II	100	36	57	210
Те саме на фоні азоту і фосфору				
I	186	125	208	—
II	211	108	208	—

Тут помічаємо такі відміни від дослідів з картоплею: 1) солома як свіжа, так і перепріла, діяла негативно, при чому не тільки без мінеральних добрив, а й на їх фоні; 2) для перетворення соломи на фактор позитивного діяння тут потрібне було сполучення двох способів протидіяння шкідливому впливу вуглеводів, а саме одночасне застосування як часткового перепрівання, так і додання мінерального азоту, а в польовому досліді з картоплею кожний з цих способів окремо давав уже позитивний ефект; 3) попереднє компостування самої соломи з дальшим доданням добрив і тут дало найкращий результат для суглинку, для піщого ж ґрунту результати були однакові з одержаними від компостування соломи разом з добривами.

Не раз висловлювалося здогад, що метод готування штучного гною буде цікавий для великих зернорадгоспів, де одержують великі зайвини соломи, що не застосовується через відсутність (або малий розвиток) тваринництва в ряді таких господарств, у наслідок чого іноді спостерігається спалювання зайвинної соломи. Однак як загальний захід цей спосіб не може бути використаний, бо найбільші зернорадгоспи розташовані в степових районах, де гній не застосовується або тому, що він не діє, або тому, що діяння його недосить велике, щоб компенсувати працю над готуванням і головню над вивозкою гною.

Тому питання про готування штучного гною може мати переважно інтерес там, де ґрунти вже більш виснажені і тому там гній дає значний ефект, але чомусь тваринництво недосить розвинене, щоб солома могла бути перероблена на гній під ногами тварин.

А в степових місцевостях, де гній не застосовується, соломі треба, звичайно, не спалювати, а, скажімо, застосовувати на виготовлення паперу, такого потрібного Союзу¹.

Застосування неперепрілої соломи як добрива

Спроби такого використання соломи не раз робилося або під впливом міркувань про збитковість скотарства, або в наслідок неможливості використати соломі на підстилку для скоту і для одержання гною з інших причин. Припустимості цього заходу можуть сприяти деякі особливості ґрунту, наприклад, на особливо багатих чорноземних ґрунтах при нагромадженні в парі зайвини нітратів деяке (тимчасове) зменшення нітратів може не мати значення, а зільні речовини соломи (її фосфор) можуть бути корисними. Іноді позитивні результати ясніше позначаються на подальших рослинах, ніж на озимині, що йде після пару. В нечорноземній смузі частіше спостерігається перехід від негативного діяння соломи в перший рік до позитивного наступних років. На глинистих ґрунтах іноді корисний вплив дає механічне розрихлення ґрунту, що спричиняє, очевидно, посилення нітрифікації завдяки більшому прониканню повітря в ґрунт, і це може компенсувати негативне діяння вуглеводів соломи навіть у перший рік; наступних же років гуміфікована солома дає ще позитивніший ефект, ніж дала на перший хліб внесення свіжої соломи. Так, на Менделеевському дослідному (Уральської області) полі спостерігалось такі прирости внесення від врожаю солом'яної січки (18 т) на послідовні культури (трирічне сердне)

Прирости врожаю в ц/га

Озиме жито	1,9
Овес	4,9
Клевер першого року	6,3
„ другого „	7,5
„ третього „	7,4

Цифри показують, що овес, а особливо клевер, дали далеко більші прирости ніж жито. Треба сказати, що на бобових, які мають своє джерело азоту не залежне від кількості нітратів у ґрунті, взагалі не виявляється негативний вплив соломи, так як на злакових, навіть при внесенні соломи на весні, незадовго до посіву.

¹ Житня солома дає целюлозу, що може брати участь на 75–80% у створенні маси для виготовлення доброго писемного паперу, брестольського картону тощо. Пшенична солома придатна на виробництво паперу для друкування газет, при чому на місцях можна готувати „напівфабрикат“, тобто целюлозну масу способом обробки соломи лугом, а потім целюлозу, доставлену на паперові фабрики, можна переробляти в суміші з іншими видами целюлози на папір різних типів. В інтересах транспорту такої громіздкої сировини, як солома, треба будувати заводи на берегах великих річок, що протікають у степових районах (Дон, Волга, Урал, Іртиш, Обь, особливо річка Чу, де можливе виробництво високосортного паперу з рисової соломи).

Іноді дослід дозволяє встановити, що ефект соломи складається з позитивних і негативних впливів, що іноді можуть один одного врівноважувати; так, на Шатіловській станції спостерігалось ясне позитивне діяння золи, соломи і майже нульове ($-10/0$) діяння самої соломи. Ясно, що у випадку внесення соломи корисний вплив її зольних складових частин паралізувався шкідливим впливом нерозкладених вуглеводів, але якщо була така комбінація в першому році, то наступних років має перемогти позитивне діяння.

У зведенні Балашова „Навозное удобрение“ (1929) знаходимо таке порівняння результатів застосування соломи на різних дослідних станціях:

	Діяння	Після дія		Діяння	Після дія
Драбівська	—	+	Полтавська	+	+
Плотянська	—	+	Менделеевське		
Одеська	—	+	досл. поле	+	+
Шатіловська	—	+	Чішмінська станція	+	+
			Київська	+	+

Звідси бачимо, що мінливе по знаку діяння соломи на перший хліб наступних років стає звичайно позитивним. Може було б цікаво провести досліді внесення соломи не в пару перед житом, а після збору жита восени, склавши набір ярих культур з зернових—гороху, вики, сочовиці, кінських бобів, квасолі (залежно від кліматичних і ґрунтових умов); тоді, очевидно, і в перший рік, і наступних років спостерігалось б тільки позитивне діяння соломи.

Вивозка гною і заорювання

Вивозячи гній, треба в кожний віз брати гній на всю висоту купи, а не знімати шарами з більшої площі, щоб не створився нерівномірний якісно розподіл гною в полі (вважаючи на менше перепрівання верхніх шарів, пізніше викинутих на гнойовище). Для вантаження звичайно користуються вилами; на Заході, якщо гній добре перепрілий, користуються іноді особливим знаряддям для вертикальних зрізів—це щось подібне або до дуже великого ножа з поперечним держакком, що дає змогу тиснути на ніж обома руками, або до лопати серцевидної форми з ріжучими краями (про механізм вантаження та інші операції див. далі).

Для більшої рівномірності розподілу гною поле, що має бути удобрено, попереду лешат, тобто розмічають неглибокими борознами, (лехами) на квадрати того розміру, щоб кожний віз або піввоза на квадрат (або точку перетину лех) відповідали тій кількості гною на гектар, що нею мають удобрити дане поле. Вивезений гній треба якомога швидше розкинути і заорати, а не залишати його в тих невеликих купках, що створюються при вивезенні. В дощову погоду такі купи вимиваються, розчинні азотисті речовини проникають з дощем у ґрунт, і місце під

купою стає переудобреним; при розкиданні решта поля одержить головню солому, що не виявить позитивного діяння або навіть виявить тільки негативне діяння; наслідком цього є типова картина строкатого поля, де темною зеленню і буйним ростом виділяються місця колишніх куп, решта поля вкрита рослинами, погано розвиненими і блідою забарвленням.

Так само в суху погоду дрібні купи втрачають цінні азотисті складові частини, бо вони просихають і пронизуються повітрям, що виносить аміак.

Якщо ж чомусь гній треба вивезти тоді, коли заорати його неможливо (наприклад, поле зайняте рослинами), то рекомендується складати гній з краю поля великими купами; їх підстилають і прикривають землею, щоб уникнути втрат рідини і летучих продуктів і гній в них продовжує розкладатися так само, як і на гнойовищі, доти стане можливо розподілити його по полю (що в даному разі однак зв'язане з повторним вантаженням і возінням хоча й на малі віддалі).

Гадали, що сказане попередю про дрібні купи не стосується такою мірою зимового вивезення гною, зручного для господарства з погляду рівномірного розподілу роботи коней в господарстві та використання санного шляху; вказувалося, що в сурові зими малі купи легко промерзають і легко зберігаються, не змінившись, до весни отже, втрат не буває, а при таненні снігу купи залишаються лежати немов би на льодових підставках. Однак, часто доводиться розкидати їх не зразу, а в міру відтанення, що загаюється і для ґрунту під купами; якщо ж спізнитися з розкиданням і заорюванням вивезеного взимку гною, то бувають втрати або (під час дощу) зайвинне удобрення місць, де лежали купи (але на Полтавському дослідному полі не було помітної різниці між зимовим і раннім весняним вивезенням гною) (див. „Итоги работ за 20 лет“ XII, 312).

Незрідка рекомендувалося раніше, вивозячи гній на парове поле, розкидати гній по полю відразу ж і залишати його розкиданим, при чому запевняли, що під покривом гною ґрунт набуває особливо сприятливих властивостей („стиглість ґрунту“) і що при цьому азот не втрачається, бо ґрунт вбирає аміак. Однак ясно, що вбирання не може бути повним, якщо гній не змішаний з землею, а тільки розкиданий по поверхні: значна частина аміаку виносить повітряною течією і в ґрунт не потрапляє. Скорше можна думати, що сприятливий вплив цього способу може позначатися в умовах сухого клімату, не зважаючи на втрати азоту, бо всякий мертвий покрив (солома, листя, гній), зберігає вологу ґрунтів, а якщо волога в мінімумі, то цей вплив переважає над шкодою від втрат азоту. Крім того, на чорноземних ґрунтах у чистому пару ґрунт нагромаджує так багато нітратів, що внесення азоту взагалі зайве, найбільше потрібний фосфор, а особливо важить зберегти вологу. Від цих специфічних умов, звичайно, неправильно робили перехід до загального висновку про корисність такого способу, як залишати гній розкиданим по полю на скількибудь довгий час.

Дегерен наводить кілька дослідів порівняння діяння гною безпосередньо заораного і залишеного на поверхні, і щоразу заорювання було кращим способом; ось приклади:

	Гній зразу заорано	Гній залишився на поверхні
Кукуруза на зелений корм	{ 78.000 кг 87.000 "	71.600 кг 58.000 "
Картопля	{ 202 гкл 275 "	188 гкл 257 "

Для наших умов маємо дослід Жукова (Івановська станція) з озиминою, гній почасти заорювався зразу, почасти або залишався розкиданим, або в дрібних купах протягом місяця і тільки після цього його заорювали; ось результати:

	Всі ділянки зорано при вивезенні	Оранку проводилося через місяць при заорюванні гною
Гній залишено в купах . .	20 ц зерна	13 ц зерна
" розкидано по поверхні	26,5 ц "	20 ц "
" зразу заорано	30,5 ц	—

І тут безпосереднє заорювання дало кращі результати, ніж залишення гною розкиданим на довгий час; поскільки дослід проведено в умовах досить посушливого клімату, в діяння гною, розкиданого по поверхні, міг входити позитивний вплив мертвого покрову, тому гній, залишений в дрібних купах, дав ще менший урожай, ніж розкиданий.

На Тульському дослідному полі двотижневе лежання розкиданого гною дало 13% пониження врожаю проти негайного заорювання.

Причина пониженого діяння незаораного гною, звичайно, залежить насамперед від втрат азоту у вигляді аміаку. Дегерен відзначає, що це ясно без всяких аналізів, бо „кожний мисливець знає, що коли, ідучи лісом, він чує запах аміаку, то це значить, що десь поблизу є розорана поляна, де лежить розкиданий гній“. Але аналізи дають можливість установити також і розміри цих втрат.

Найбільш ґрунтовні досліді (з достатньою повторністю) з приводу цього проведено було на дослідній станції в Аскові (Данія); на невеликих зразках гною, що їх виставляли в поле на деках, спостерігалось такі зміни в розмірах втрат, залежно від температури та сили вітру:

За 1 добу	За 2 доби	За 3 доби
11—16%	17—22%	22—27%

Потім у польових дослідях, проведених у 15 пунктах, робили облік урожаю при заорюванні гною через різні строки; відносна висота врожаю становила (в процентах):

Заорювання зразу (протягом 20 хвилин)	100	Через 4 дні	85
Через 6 годин	90	При заорюванні зразу поло- винної дози	86
Через 24 години	86	Без гною	71

Отже, залишення гною незаораним протягом доби спричинялося до втрати половини діяння гною. Якщо це відбувається за 24 години в помірному кліматі Данії, то, наприклад, у середній Азії той самий результат, очевидно, буде за далеко коротший строк.

Щодо глибини заорювання гною, то вона коливається частіш від 10 до 20 см при чому на зв'язних ґрунтах заорюють мілкіше, а на піскових глибше. Глибше заорювання допускають також ґрунти високої пористості, як чорноземи і лесовидні суглинки; так, на Полтавській дослідній станції заорювання гною в межах від 12 до 20 см ще не давало помітного впливу і, лише починаючи з заорювання на глибину 26—27 см, виявлялося загаяння розкладу гною. На зв'язних ґрунтах таке загаяння позначиться далеко раніше, і саме умови розкладу гною, а не якісь інші міркування повинні визначити глибину його заорювання. Було б невірною, наприклад, заорювати гній на глибину відповідну до глибини поширення коренів тих рослин, що великою мірою використовують підґрунтя; тоді гній потрапляв би в умови, несприятливі для розкладу, тоді як при не такому глибокому заорюванні енергійний розклад дає більше рухомих сполук (нітратів), що можуть пересуватися разом з вологою, і корені рослини, вловлюючи нітрати, будуть краще ними забезпечені, ніж при такому глибокому заорюванні, що є несприятливим для нітрифікації.

Крім властивостей ґрунту, на глибину заорювання впливає також і клімат — при більшій кількості опадів заорювати треба мілше, ніж у сухому кліматі. Іноді властивості гною змушують пускати плуг глибше, ніж було б бажано, як це буває у випадку соломистого гною (при застосуванні в підстілку солом'яної січки ця незручність відпадає).

Про оцінку діяння гною як добрива

Питання про значення гною як добрива дуже складне. Насамперед, безсумніву, гній є довільним джерелом азоту і зольних речовин, але треба вяснити питання про їх засвоєність, що, звичайно, не є для всіх випадків сталою. Далі, органічна речовина гною, поряд вмісту азоту в ньому, виявляє і інший вид впливу на хемічні і фізичні властивості ґрунту, бо значно підвищує буферність ґрунту (чим полегшується також і застосування значних доз мінеральних добрив, потрібне при інтенсивних культурах) та ємність вбирання, що дозволяє ґрунту збільшувати запас увібраного кальцію, який дуже впливає на ґрунтову структуру. При правильному внесенні гною і збагаченні на органічну речовину може підвищуватися вологоємність ґрунту.

Далі, з гноєм вноситься багато мікроорганізмів і багато матеріалу для посилення біологічної діяльності ґрунту, при чому, звичайно, поряд корисних впливів (наприклад, безумовно сприятливе діяння органічної речовини на розмноження бульбочкових бактерій у ґрунті) можуть траплятися частково і небажані впливи, наприклад, на процес нагромадження нітратів у ґрунті при звичайному внесенні неперепрілого, багатого на соломую гною. Отже, поряд головного, прямого діяння гною, як джерела азоту, фосфору, калію (і кальцію), є ряд побічних впливів на рослини через ґрунт.

Зупинімося насамперед на оцінці діяння головних поживних речовин — азоту, фосфору і калію, вношуваних з гноєм.

Щодо азоту давно відомо, що в гної звичайно тільки менша частина його використовується рослиною в перший рік, але гній виявляє значну „післядію“ завдяки наявності другої, кількістю більшої частини азоту, яка лише наступних років переходить у засвоюваний стан.

У Німеччині Вагнер провадив у кінці XIX ст. багато дослідів і до засвоюваності азоту гною, рівняючи з селітрою, як формою найбільшого і стійкого діяння; він дійшов висновку, що у середньому засвоюваність азоту гною становить 25% від засвоюваності азоту селітри, якщо розглядати діяння тільки першого року. Навіть якщо не входити в деталі окремих дослідів, то такий висновок намічається вже з тих співвідношень, в яких вноситься на Заході гній і селітру для досягнення приблизно однакового діяння по азоту: вважається за гарну норму для гною внесення 35 т на гектар, що в середньому відповідає 175 кг азоту, з селітрою ж вносять найчастіше 45—60 кг азоту на гектар, але зате „післядія“ при гної триваліша, ніж при селітрі, тім то гній вносять один раз за кілька років, а селітру треба вносити частіше. Однак подальші роботи показали, що на кожному кроці бувають значні відхилення від середнього коефіцієнта, даного Вагнером. Так, другий німецький агрохімік Меркер, почавши в 90-х роках досліджувати цілий ряд зразків гною, взятих з різних господарств, виявив такі відхилення від величини коефіцієнта Вагнера.

	Число зразків						
	7	10	5	8	7	3	5
Коефіцієнт використання азоту	60%	45%	36%	25%	14%	3%	—13,8%

Отже, зразки різного походження вельми різно діяли, при чому іноді діяння це було навіть негативним.

Меркер намагався був установити зв'язок коефіцієнтів використання з складом і походженням гною, що йому почасти й вдалося зробити.

Коли ж ту серію аналізованих зразків розподілити за видами тварин, то виявляється, що кількісно багатший на азот

овечий гній навіть і якісно стоїть вище, ніж інші види гною (в процентах):

Коефіцієнт використання азоту

Овечий гній	48
Кінський „	29
Коров'ячий „	26

Якщо ж, не розрізняючи походження, розмістити зразки в порядку за вмістом азоту, то чим більше зразок має N, тим більший коефіцієнт його використання.

Коефіцієнт використання

В середньому, якщо процент N = 1	+ 61 ⁰ / ₀
„ „ „ N = 0,6	+ 47 ⁰ / ₀
„ „ „ N = 0,2 і менше	- 17 ⁰ / ₀

Але такий збіг помічається лише на середніх числах, в окремих випадках послідовність не зовсім правильна.

Тоді Меркер і інші автори почали визначати діяння азоту окремих складових частин гною — калу, підстилки, рідкої частини. Одержані результати виявили різку протилежність у значенні окремих інгредієнтів. Так, при внесенні рівних кількостей азоту в різних формах одержували такі зміни в урожаї.

Приріст урожаю

При удобренні сечою	+ 55,0
„ „ кінським калом	- 8,9
„ „ екскрементами рогатого скоту	- 3,7
„ „ „ овець	+ 9,9
„ „ селітрою	+ 59,0

Азот рідкої частини гною діянням був досить близький до діяння азоту селітри, азот же в формі калу не тільки погано пристосовується; а ще заважає використанню азоту ґрунту і спричиняється до пониження врожаю. Цей дослід не становить щось виняткове, його повторювали дуже багато дослідників, і в наших культурах не раз така сама дія виявлялася в різкій формі, якщо добриво вносилося під ярину на весні.

Вважаючи на те, що Меркеріві і Вагнерові було встановлено докір, що вони брали надто великі кількості соломи, чого ніколи не буває в практиці, то в одному з наших дослідів було випробувано вплив різних кількостей соломи, починаючи з 0,25⁰/₀ і до 1⁰/₀ від ваги ґрунту (що відповідає приблизно 7,5 — 30 т/га); ось одержані результати:

Урожай ячменю

Без соломи	16,2
0,25 ⁰ / ₀	10,0
0,5 ⁰ / ₀	6,6
1 ⁰ / ₀ від ваги ґрунту	3,0

Подібні результати одержали ми і в інших дослідах з іншими рослинами (крім бобових).

Отже, вже 0,25% соломи спричинилися до значного зменшення врожаю, а така кількість може міститися в неперепрілому гною, вношуваному звичайними на практиці дозами. Певна річ, різкість наведених цифр надзвичайно підвищена тим, що солому внесено під ярину перед посівом, чого на практиці звичайно не буває. Далі вказують, що наведені цифри стосуються дослідів у штучній обстановці (в посудинах), де довільне поливання може створювати умови недостатньої вентиляції, в полі ж при кращій вентиляції денітрифікація не доходить таких розмірів; та все ж і там внесення неперепрілих органічних матеріалів позначається зменшенням урожаю. Так, Шнейдевінд спостерігав негативне діяння соломи і калу в польовому досліді; при цьому солома, внесена під ярину на весні, понижувала протягом двох років урожаї гірчиці і тільки на третій рік виявила позитивне діяння, а суміш соломи і калу зменшила урожай першого року, а з другого року вже спостерігалось корисне діяння.

Треба однак відзначити, що при не надто великих кількостях і завчасному внесенні (в пару, особливо з осені, за рік до посіву озимини) діяння навіть неперепрілих матеріалів встигає або зовсім зникнути або виявляється далеко не так різко, як у вищезгаданих дослідах Вагнера і Меркера.

Але хоч би на ґрунтах з енергійною бактеріальною діяльністю (як чорнозем) шкідливе діяння соломи і калу на озимині не виявлялося, то все ж таки в інших випадках воно може бути, і важливо було встановити причини, що ними пояснюється не тільки погане використання азоту в твердих екскрементах і соломі, а й можливість понижуючого впливу їх на урожай. Спочатку було висловлено припущення, що з соломою і калом вноситься велику кількість денітрифікуючих бактерій, які руйнують нітрати, що утворюються за рахунок азоту гнойової рідини або азоту ґрунту. Але виявилось, поперше, що стерилізація соломи і калу не змінює картини (бо ґрунт і сам має достатню кількість денітрифікаторів), а неперепріла солома і кал містять вуглеводи (клітковину, пентозани), що дають матеріал для розвитку бактерій, споживаючих нітрати (і аміак), після ж перепрівання вуглеводи переходять у гумінові речовини і не дають уже такої доступної поживи для цього виду мікроорганізмів.

В одному досліді взяли свіжий гній різних видів тварин, і визначили його діяння на нітрати ґрунту. Потім гній поклали на 50 день у термостат при сприятливих умовах розкладу, після чого знову виміряли це діяння. Зміну бачимо з дальших цифр одного досліді (в процентах).

Руйнування нітратів під впливом:

	Свіжого	Що був у термостаті
Кінського гною	100	27,7
Гною рогатого скоту .	97,7	14,4
Овечого гною	70,4	17,0

Подруге, потім вияснилося, що головну роль у зменшенні кількості нітратів у ґрунті під впливом значних кількостей неперепрілої соломи і калу відіграють не процеси денітрифікації у безпосереднім розумінні слова (тобто руйнування нітратів з виділенням газуватого азоту, що безповоротно виходить з ґрунту), а фіксація нітратного (і аміачного) азоту різними мікроорганізмами, як бактеріями і грибами, що утворюють білкові речовини за рахунок вуглеводів, соломи і азоту нітратів. Отже, це є головним чином тимчасове зменшення нітратів; коли зайвина вуглеводів зникне, почнеться зворотний перехід білкового азоту відмираючих організмів в аміак і нітрати.

Отже, відхили від середнього коефіцієнта, виявлені Меркером, пояснюються тим, що в різних зразках гною є різне співвідношення між розчинними азотистими сполуками рідких виділень, поперше, і білковим азотом калу та соломи — подруге; так само неоднаковим є вміст вуглеводів, що залежить від ступеня розкладу гною. Тим то, якщо два зразки гною різко відрізняються вмістом загального азоту, то це не значить, що пропорціональним підвищенням дози низькопроцентного гною можна поправити діло; якщо, наприклад, в одному зразку є 0,3% N, а в другому 0,6%, то подвійна доза гною першого типу не замінить однократної дози другого, бо однакова абсолютно кількість гною в першому випадку йтиме поряд з удвоє більшою кількістю безазотистих речовин, які понижуватимуть діяння азоту тим, що дадуть поживу величезній кількості мікроорганізмів і переведуть, принаймні на час, певну кількість розчинних азотистих сполук у нерозчинні форми.

Таким чином низькосортний гній, що має невелику кількість азоту, може одержати ще й нижчу якісну оцінку за ступенем засвоюваності цього азоту для першої рослини, що йде по гною.

В той час, як у попередніх дослідах переважало прагнення дістати характеристику діяння азоту гною взагалі, у нещодавніх дослідах НІУ було простежено діяння гною як азотистого добрива в зв'язку з вмістом в ньому аміачного азоту, при чому виявилось, що при дослідах з весняним внесенням гною під ярину вони використали тільки аміачний азот, і, можливо, що коефіцієнт засвоюваності, встановлення якого в сумарній формі шукали західні автори, головню залежить від вмісту гною найпростіших азотистих сполук і насамперед аміаку, якщо взяти до уваги не тільки розчинний у воді, а й увібраний¹ аміак.

¹ Наявність увібраного аміаку, що не переходить у водну витяжку, а витискується катіонами нейтральних солей (або воднем HCl 0,05 норм), якої раніше не брали до уваги, показує, що колишнє уявлення про розчинність „гуміновокислого аміаку“ взагалі приводило до неправильних висновків; очевидно, залежно від кількості зв'язаного ацидоїдами аміаку та від складу інших катіонів, що водночас входять (кальцій тощо), відношення цих складних сполук до води різне; в усякому разі важливо було встановити, що не на саму тільки розчинну частину азотистих сполук, а й на увібраний аміак гною треба зважати при обліку засвоюваних форм азоту в гної.

Так, у дослідях НІУ 1930 р. маємо такі співвідношення для вівса, якщо весь азот гною взяти за 100 (в процентах).

		Звичайне зберігання	За Кранцем	Щільна укладка
I. Торф'яна підстилка	Засвоєно азоту . . .	29,0	28,3	35,3
	Було в гної аміачного N	29,9	35,7	39,1
II. Солом'яна підстилка	Засвоєно азоту . . .	21,3	16,1	18,7
	Вміст азоту NH ₃ . . .	26,2	23,0	32,9

Звідси бачимо, що зразки гною з великим вмістом аміачного азоту дали також і краще діяння, при чому кількість засвоєного азоту не перевищувала вмісту аміачного азоту, а іноді наближалася до нього, найчастіш засвоювалося 70—80% від аміачного азоту.

При вегетаційних дослідях з гноем, відки весь аміак було усунено, виявилося або відсутність всякого ефекту від гноєвого азоту на вівсі (на супіску) або негативне діяння (на суглинку); очевидно, в цьому випадку бактерії, що використали органічну речовину гною, повинні були потрібні для свого розвитку азот брати з розчинних сполук ґрунту, і це зменшувало кількість азоту, доступного рослинам, рівняючи з неудобреними ділянками.

Але при картоплі, що має довший вегетаційний період, ніж овес, траплялися вже випадки використання азоту гною (внесеного на весні) в розмірах, дещо більших від наявності аміачного азоту, тим то можна сподіватися, що при внесенні в пару під озимину участь у живленні рослин, крім аміачного азоту також і азоту органічних сполук (в міру їх мінералізації) може бути ще більшою.

В усякому разі безпосередньо засвоюваною формою азотистих сполук у гної є аміак, не тільки розчинений в рідині, а й увібраний органічною речовиною; азот же, що входить у склад самих органічних сполук, лише повільно й поступінно мінералізується (про кінцеві розміри цього процесу мовитиметься далі).

Якщо в гної є нітрати, то вони, звичайно, також добре засвоюються, але нормально нітрати не нагромаджуються (крім випадків дотикання з земляною покривною або стадії дуже тривалого розкладу), і, як сказано попереду, це нагромадження не бажане, бо це джерело втрат азоту від денітрифікації, для чого звичайно в гної є найсприятливіші умови.

Щодо засвоюваності фосфору та калію в гної, то тут часто бувають вищі цифри засвоюваності, ніж для мінеральних добрив, наприклад, для фосфорної кислоти — до 50—60% від усієї кількості її в гної; для калію бувають ще вищі цифри, але головна різниця в тому, що азот гною засвоюється значно гірше від азоту селітри, а фосфор і калій не тільки не гірше, а часто краще, ніж у відповідних мінеральних добривах, що містять калій і фосфор у розчинних солях.

Для Німеччини в дослідах Шнейдевінда є цікаве зіставлення порівняльних розмірів засвоєння поживних речовин з гною і розчинних мінеральних добрив двома послідовними культурами: картопля та ячмінь, буряк та ячмінь, відки ми наведемо лише кінцеві цифри (в процентах)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Засвоєно картоплею та ячменем			
Гній	36,2	32,7	78,2
Мінеральні добрива	76,9	14,6	52,7
Засвоєно буряком та ячменем			
Гній	40,9	41,9	47,5
Мінеральні добрива	93,5	23,2	48,7

Звідси бачимо, що калій і фосфор гною засвоюються краще, ніж К та Р мінеральних добрив (або ж К не гірше, а азот далеко гірше).

Наведені коефіцієнти стосуються однак умов, сприятливих для використання гною, саме помірних доз (18 т) і гною дуже високої якості; при великих дозах (36 т) і менш сприятливих умовах одержують, наприклад, такі проценти використання для гною:

N	P ₂ O ₅	K ₂ O
22,2	28,7	47,6

Залежність використання P₂O₅ від дози гною у вегетаційних дослідах (НІУ) подається так:

Дано P ₂ O ₅ на посудину	KH ₂ PO ₄	Гній I (солом'яна підстилка)		
		Звичайний	За Кранцем	Щільний
0,250	44,8 ⁰ / ₀	34,4 ⁰ / ₀	55,6 ⁰ / ₀	43,6 ⁰ / ₀
0,500	31,2 ⁰ / ₀	26,0 ⁰ / ₀	34,2 ⁰ / ₀	25,6 ⁰ / ₀

Для калію гною в піскових культурах спостерігалось засвоєність від 67⁰/₀ до 88⁰/₀ від внесеного калію, рівняючи з 75⁰/₀ засвоєними з калій-хлориду, тобто засвоєність калію в гної була дуже високою.

Якщо ми візьмемо до уваги не тільки середній склад гною, де калію втричі більше ніж фосфору (0,5⁰/₀N, 0,2⁰/₀ P₂O₅ і 0,6⁰/₀ K₂O), а й середню засвоєність окремих поживних речовин, що для калію є найкращою (25⁰/₀ для N, 30—40⁰/₀ для P₂O₅ і 60—70⁰/₀ для K₂O), то дійдемо висновку, що калію гній дає рослинам найбільше.

Крім доброї засвоєваності калію в гної, треба відзначити, що в цьому випадку в калію немає непотрібних катіонів і

аніонів (Na, Cl, SO₄), які звичайно містяться в калійних солях і негативно діють на деякі рослини; так, у Німеччині дійшли висновку, що для картоплі кращою формою калійного добрива є гній, але, якщо треба дати рослині таку саму кількість засвоюваного азоту і фосфору, як і калію, до гною доводиться додавати деякі кількості названих речовин у вигляді мінеральних добрив. Якщо вносити гній відповідно до потреби на фосфор або азот, то ми дамо зайвину калію, — якщо ж почали б вносити його за калієм, то в більшості випадків одержали б недосить азоту і фосфору. Це відповідає факту, не раз відзначуваному попереду, що потреба на посилення гнойового удобрення мінеральними добривами постає звичайно раніше по лінії фосфору й азоту, ніж по лінії калію (крім, звичайно, ґрунтів, з природи бідних на калій).

Попереду ми торкалися питання про використання поживних речовин гною за короткі періоди, один або два роки; але діяння гною розтягується, звичайно, і на більше років, що на різних ґрунтах може бути різним. Не розглядаючи покищо ці відмінні в темпах використання гною, зупинімся насамперед на другому загальному питанні, а саме: наскільки використовуються рослинами поживні речовини гною за весь той час, поки він діє, тобто, якщо взяти достатнє число років і скласти як діяння, так і суму приростів від післядії гною, то яким же буде кінцеве використання поживних речовин гною саме по собі (в процентах від внесених кількостей) і рівняючи з розчинними формами мінеральних добрив?

Досліджень, що дають відповідь на це питання, покищо не багато; зокрема, щодо питання про кінцеве використання азоту гною є систематичні досліді, проведені майже протягом 30 років у Данії, в зоні підзолистих ґрунтів, при тому на двох відмінах, на суглинку і на легкому піщовому ґрунті.

Відмінно від історично відомих дослідів з добривами в Ротамстеді, що провадилося при беззмінній культурі з 1843 р., данські досліді провадилося в чотиріпільній сівозміні норфолькського типу (просапна, яра, клевер, озима) при двох варіантах цієї сівозміни¹ на кожному ґрунті (отже, в результаті власне чотири досліді), не рахуючи чотирикратної повторності ділянок у межах кожного досліді.

Досліді провадилося при можливому вирівнянні кількостей поживних речовин (N, P та K), вношуваних на час сівозміни з гноем (40 т за чотири роки) і в тих мінеральних добривах², що з ними треба було порівняти використання поживних речовин гною (селітра, суперфосфат і калійна сіль); гній вносилося протягом сівозміни двічі, мінеральні добрива — під кожен рослин.

¹ В одному випадку просапний клин було зайнято буряком, в другому — картоплею

² Дозу мінеральних добрив погоджувалося не з середнім складом гною, взятим із довідника, а із складом дійсно застосовуваного гною, а саме: за рік на гектар давалося 40 кг N, 29 кг P₂O₅ і 37 кг K₂O.

Треба підкреслити, що данські досліди мали на увазі дослідні завдання (оцінку діяння складових частин гною), а зовсім не практичну пропозицію замінити гній мінеральним добривом, як це з непорозуміння іноді думають (саме в Данії високий рівень урожаю досягається насамперед внесенням великих кількостей гною).

Звичайно, наперед можна було сказати, що в перший рік досліду розчинні форми поживних речовин у мінеральних добривах повинні дати більший ефект, ніж однакова кількість поживних речовин у гної, бо частина їх (принаймні це стосується азоту) міститься спочатку в незасвоєваному для рослин стані; однак подальших років і пізніше, при повторенні сівозміни, до діяння знову вношуваного гною має приєднатися післядія від попередніх внесень, тим то в результаті діяння гною повинне було вирівнятися з діянням мінеральних добрив, якщо тільки увесь азот гною поступивно (хоча б, наприклад, за 10 років) переходив у засвоєвані форми.

Якби кінець-кінцем азот гною (і інші речовини) переходили з часом завдяки процесам мінералізації цілком у засвоєваний стан, то при тривалому досліді ефект від гною повинен був би бути принаймні рівним ефекту від мінеральних добрив або навіть вищим від нього в наслідок наявності органічної речовини; однак, цього не спостерігалось, як бачимо з дальших цифр (обмежимося для короткості даними тільки для суглинистого ґрунту і для чотирипілля з буряком).

Періоди	1894—1901	1902—1909	1910—1917	1918—1922
Урожай вівса (у пентнерах з гектара)				
Без добрива	17,4	14,0	11,4	9,9
Гній	23,0	22,1	22,0	18,9
Мінеральні добрива	26,2	24,7	23,9	22,0
Урожай клеверного сіна (у центнерах з гектара)				
Без добрива	48,0	38,7	26,9	40,2
Гній	58,5	54,8	41,1	66,4
Мінеральні добрива	61,1	64,3	45,8	73,0
Урожай жита (зерно) (у центнерах з гектара)				
Без добрива	13,6	11,2	11,0	10,1
Гній	19,6	19,2	18,9	14,9
Мінеральні добрива	22,7	22,3	24,9	20,4
Урожай буряка (корені) (у центнерах з гектара)				
Без добрива	266	93	123	81
Гній	436	429	411	344
Мінеральні добрива	489	478	554	524

Отже, при вирівнянні кількостей N, P та K гній діяв гірше, ніж мінеральні добрива, не зважаючи на довгу тривалість досліду і можливості підсумовувати діяння нових порцій гною з післядією довгого ряду раніше внесених порцій. Треба було выяснити причини цього явища, що й було зроблено в Аскові.

Поскілки ми бачили, що більш низька засвоєваність властива саме азотіві гною, а фосфор і калій можуть бути використані не гірше (а незрідка навіть краще), ніж у мінеральних добривах, природно сподіватися, що і в даному випадку фактором, який обмежує діяння гною, було гірше використання азоту, рівняючи з селітрою. Дійсно, аналізи урожаїв показали, що, не зважаючи на довгу тривалість дослідів, і тут все таки спостерігається для гною менше сумарне використання азоту, ніж для селітри, саме: в усій сумі урожаю за 28 років не вистачало азоту (в процентах від внесеного за цей час з добривами):

	Мінеральне добриво	Гній
При підрахунку для всіх рослин	15	38
Те саме, за винятком клеверу.	18	51

Використання азоту мінеральних добрив становило, отже, за першим підрахунком 85%, а азоту гною — 62% (але за правильніший треба вважати другий спосіб підрахунку, що дає 82% 49%).

Аналіз ґрунту при цьому виявив, що збагачення ґрунту на азот (в органічних речовинах) було більше у випадку гною, ніж у випадку мінеральних добрив¹; отже, головна причина неповного використання азоту гною є в тому, що в ньому почасти містяться (або за його рахунок утворюються в ґрунті) азотисті сполуки, які не здатні до мінералізації і збільшують мертвий запас азоту в ґрунті.

Крім того, у випадку гною є ще джерело втрат азоту, якого немає в мінеральних добривах, — це втрата аміаку від вивітрювання, якщо гній після розкидання не зразу заорюється, а крім того втрат від вимивання в умовах данської зими (м'якої і вологої) могли бути більші для гною, ніж для мінеральних добрив, бо останні повніше використовувалися рослинами за вегетаційний період і на зиму залишалося менше матеріалу для вимивання, гній же, менше використаний за літо, восени продовжував давати нітрати, що за зиму вимивалися. Тим то потрібно повторити цей тип дослідів у наших умовах для різних ґрунтових і кліматичних зон.

Якщо ж оцінювати результати цих дослідів не за балансом азоту, а за природом урожаю, то виявляється, що при звичайних для польової культури нормах внесення поживні речовини

¹ Але при мінеральних добривах ґрунт став багатший на органічну речовину, ніж без добрива взагалі: градація була така: 2,0—2,2—2,4 (на тисячу частин ґрунту).

в. гної при тривалому досліді діють так само як половина тої ж кількості поживних речовин у мінеральних добривах¹.

Такі співвідношення зберігають деяку сталість, звичайно, тільки у межах певних доз добрива при даних умовах досліду: в даному випадку нормою була кількість добрив, вношуваних з 40 т гною у чотирипільні сівозміни, і тоді в умовах цих дослідів виявилось, що гній можна замінити половиною кількості мінеральних добрив; при цьому треба взяти на увагу, що половина проти вказаної норми кількості мінеральних добрив давала, як завжди, не 50% приросту, а більше, в умовах даного досліду від 66 до 70% ефекту від повної кількості його. При 12-річних дослідях на двох дослідних станціях у Данії спостерігалось такі прирости врожаїв².

	Кількість поживних речовин і добрив					
	Мінеральні добрива			Гній		
	1/2	- 1	1 1/2	1/2	1	1 1/2
Прирости врожаю	{ 12,7	19,2	22,4	6,6	11,5	15,2
	{ 10,0	13,9	15,4	6,4	10,3	12,7

Тобто половина кількості мінеральних добрив замінила повну кількість гною, а одиниця добрива діяння перевищувала полуторну кількість гною, наближаючись до діяння подвійної кількості (як бачимо далі).

На підставі цих дослідів автор звіту (Іверсен) пропонує такий спосіб оцінки поживних речовин у гної для данських умов: взявши 50% від цін за азот, фосфор і калій в стандартних мінеральних добривах, відняти з одержаного різницю у вартості доставки на поле, поперше, гною і, подруге, мінеральних добрив. Одначе, крім інших умовностей в таких підрахунках, треба ще відзначити, що, наприклад, калій гною в цих дослідях діяв наполовину, не зважаючи на свою високу засвоюваність, тому недоцільно скидати з рахунку калію 50% за те, що азот гною за 12 років дав лише половину ефекту; те саме стосується і фосфору. Отже, пропозиція Іверсена має стосуватися тільки азоту.

Треба відзначити, що спостережувана еквівалентність діяння (включаючи післядію за ряд років) для поживних речовин гною діянню половини норми мінеральних добрив не зберігатиметься при значному підвищенні доз добрива поверх звичайної норми; так, на підставі суми дослідів на двох данських дослідних станціях з кількома сівозмінами в кожному випадку було

¹ Поскілки обмежующим фактором для використання фосфору і калію гною є неповне використання азоту, якби поставити дослід з виключенням впливу азоту (способом внесення селітри на всіх ділянках), то ясно, що, наприклад, для калію в результаті одержали б далеко вищі цифри.

² Центнери на гектар за рік для середньої продукції всієї сівозміни в перерахунку на зернові еквіваленти за прийнятим в Данії способом (див. попередю). Одиниця добрива—10 т гною на гектар.

виведено такі загальні (точні лише для місцевих умов) правильності (рис. 35).

Ми бачимо, що в міру зростання доз різниця між діянням гною і мінеральних добрив вирівнюється.

Але цим ще не все сказано: при ще вищих дозах гній діятиме краще мінеральних добрив, якщо їх вносити зразу (до посіву), бо вони, завдяки цілковитій розчинності, можуть давати вже шкідливу для молодих рослин концентрацію розчину; тому, якщо в графічному зображенні продовжити дан-

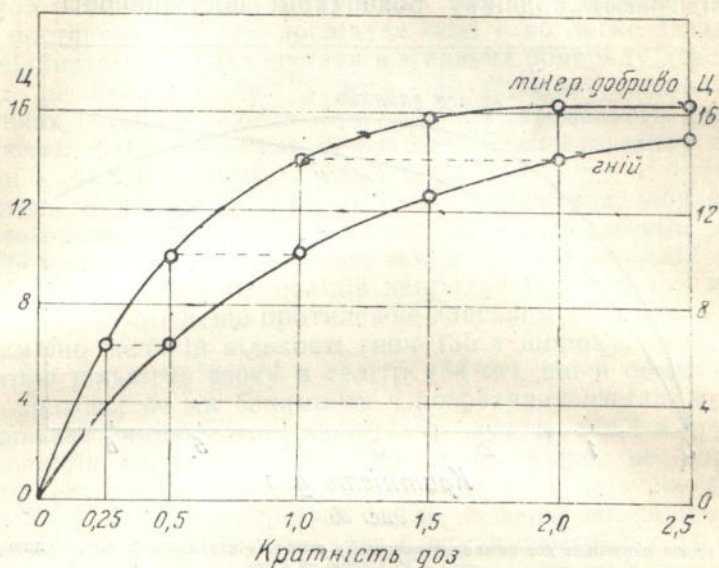


Рис. 35.

Порівняння діяння гною та мінеральних добрив при умові вирівнювання кількості поживних речовин (данські досліди)

ську схему на ще більші кількості, то мусить бути такий результат (див. схему, рис. 36); а у випадку гною первісна концентрація буде меншою, в другу ж половину вегетаційного періоду, завдяки процесам мінералізації, гній дасть деяку додаткову кількість розчинних сполук (принаймні, це стосується азотистих речовин). Максимальних же врожаїв досягається комбінацією гною і мінеральних добрив, що дозволяє доволно дати рослинам засвоювану поживу в перших стадіях розвитку і водночас дати у вигляді гною резерв поживних речовин, що поступінно діятимуть; так, наприклад, Шнейдевінд одержав у дослідях з цукровим буряком такі результати:

Без добрива	200 ц	300 ц	200 ц + мінер. добр.
335 ц	438 ц	461 ц	482 ц

Сказаним пояснюється, чому так цінять саме цю комбінацію з гноем при такій інтенсивній культурі,

як городня і, зокрема, культура овочів під склом, де потрібний зовсім інший рівень постачання рослинам поживних речовин. Крім умов концентрації при високих дозах поживних речовин і енергійному споживанні вибагливими культурами окремих компонентів ґрунтового розчину, можливі великі здви́ги реакцій в ту чи ту сторону (виявлення фізіологічної кислотності і лужності) та порушення фізіологічної урівноваженості розчину (а закономірності в цій галузі тільки останнього часу почали розробляти); і в даному випадку гумінові речовини ґною відіграють подвійну роль (крім поступінності у відше-

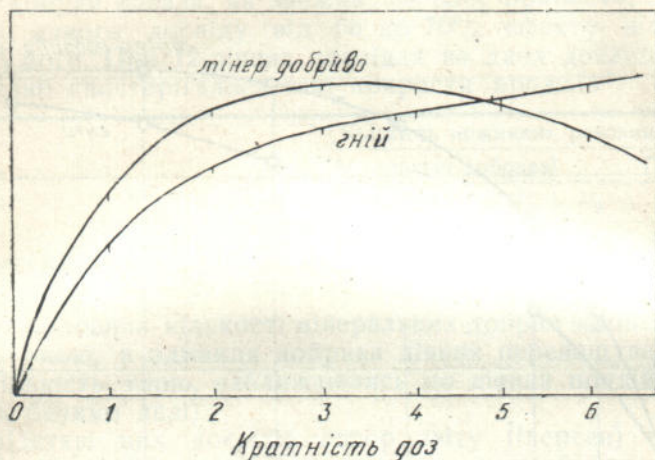


Рис. 36.

Схема діяння однакових доз поживних речовин у ґній та мінеральних добрив (однократна доза — 10 т ґною на 1 га)

пленні засвоюваних сполук): 1) маючи високу буферність завдяки наявності як основних груп (NH_2), так і кислотних (COOH), вони стримують здви́ги реакції поживного розчину, тенденція до яких утворюється взаємодіянням коренів рослин з солями, вношуваними з добривами; 2) маючи високу вбирну здатність, вони сприяють водночас пониженню концентрації поживного розчину і таким способом страхують вибагливі культури від ряду несприятливих впливів, забезпечуючи можливість постачання їм далеко більших кількостей поживних речовин, ніж ті, якими задовольняються рослини польової культури.

У польових умовах при менших дозах поживних речовин, ці сприятливі впливи органічних речовин ґною важче піддаються облікові; треба сподіватися, що в умовах гарячого клімату, з сильним випаруванням, при ґрунтах багатих на солі (або при внесенні значних кількостей солей з добривами), вплив органічних речовин має позначитися сильніше, ніж в областях достатнього зволоження, де шкода від підвищення концентрації ґрунтового розчину проявляється рідше, зате частіше є можливість здви́гу реакції в ту чи ту сторону при внесенні

мінеральних добрив однобічного складу (щось подібне до пропонованої промисловістю суміші $\text{NH}_2\text{Cl} + \text{KCl}$), якщо ґрунт має мало розвинений вбираючий комплекс і малу буферність, і в цих випадках внесення з гноєм органічної речовини як засобу підвищити ємність вбирання й буферність таких ґрунтів може мати велике значення ¹.

Якщо ж не мати на увазі дуже бідних підзолів і піскових ґрунтів, то у відомих досі дослідях (якщо говорити про багаторічні досліді в польових умовах) важко знайти дані, де вплив органічної речовини гною на урожай мав би цифровий вираз; взагалі постановка такого досліду в полі є не легке завдання, такого відбиття не можна шукати в згаданих попередю данських дослідях, це впливає вже з того, що всупереч сподіванкам, на ділянках з гноєм навіть при більшій тривалості досліду обмежуючим фактором була менша засвоюваність азоту гною, рівняючи з азотом селітри.

Незрідка в літературі трапляється твердження, ніби вплив органічної речовини в гної виявлено не раз згаданими дослідями з беззмінною культурою ячменю на Ротамстедській станції в Англії, але дані цих дослідів непридатні для такого порівняння, бо там було дещо протилежне данським дослідям, а саме: при надмірно великій кількості гною (35 т щороку) було дано недостатню кількість азоту в селітрі (54 кг), що й обмежувало висоти врожаю; це ми бачимо як з розрахунку взагалі можливого врожаю ячменю при даній дозі азоту, так і з другого ряду дослідів внесення $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ під пшеницю, де рослини реагували різко позитивно на підвищення дози азоту не тільки до подвійної, а й до потрійної норми. В даній же серії дослідів (з ячменем) не було інших доз азоту в селітрі, як 54 кг/га, а з гноєм давалося щороку 175 кг азоту, тим то з даних дослідів (з ячменем) не можна робити ніяких висновків про розміри впливу органічної речовини гною ².

Повне вирівняння поживних речовин у гної і мінеральних добривах ми знаходимо тільки в данських дослідях, однак, як було попередю відзначено, вони виявили водночас дещо нове, що не дає змоги зробити висновки про роль органічної речовини. А саме, якщо раніше можна було думати, що спосіб вирівняння кількостей поживних речовин (N, P, K) в гної та розчинних добривах дозволить визначити з різниці вплив органічної речовини на врожаї, та данські досліді показали, що таким способом неможливо дістати відповідь тому, що діяння азоту гною навіть через довгі проміжки не доходить

¹ Так у дослідях НІУ на фоні органічної речовини льон витримував далеко кращі удобрення птазотом, ніж без такого фону (ці дані було одержано в зоні підзолистих ґрунтів).

² Більш близькі кількості азоту (161 кг в аміачній солі і 175 кг в гної) давалося в другій серії ротамстедських дослідів, проведених з озимю пшеницею; ці досліді чомусь не цитується так часто, як досліді з ячменем, може тому, що їх результати суперечать поширеним уявленням (врожаї по мінеральному добриву протягом 40 років були вищі від урожаїв на гної); ми зупинимся на цих цифрах далі.

рівня діяння азоту селітри, що не було відомо до данських дослідів.

Підкреслюємо це тому, що в літературі трапляються невірні твердження, ніби данські досліди не дали нічого нового, бо давно було відомо, що азот гною діє далеко гірше, ніж азот селітри, і ще Вагнер вважав, що засвоюваність азоту гною становить тільки 25% від засвоюваності азоту селітри. Але при цьому змішують два зовсім різні питання, а саме: 1) питання про засвоюваність азоту гною в першій чи другий рік, або що найбільше в межах одної сівозміни; 2) питання про кінцеве використання азоту гною в дуже тривалому досліді (майже 30 років). Для другого питання данські досліди вперше дали точний матеріал, тоді як досліди в Ротамстеді зовсім не придатні для обліку використання азоту гною через надмірні дози гною, що доходили 35 т/га щорічно, використання азоту не могло бути нормальним, бо врожаї виносили близько 60 кг азоту, з гном же давалося 175 кг азоту на рік. Отже, якщо при поверхневому розгляді даних ротамстедських дослідів з ячменем вони створюють ілюзію незмінної переваги гною над усіма іншими видами добрив, то щодо використання азоту, навпаки, вони ставлять гній у невигідне становище, бо, наприклад, для 50-річного періоду (1861 — 1914) спостерігається тільки 35-процентне використання азоту замість 50 — 60%, одержаних у данських дослідів для гною за 30 років, тоді як для азоту селітри Ротамстед вказує не менш добре використання, ніж у данських дослідів (тобто понад 80% від внесеного за весь час азоту). Ясно, що нормальним для гною є данський коефіцієнт, а не ті дані, що були одержані в Ротамстеді (це не заважає визнати цінність ротамстедських даних з інших поглядів, крім порівняння угноєних ділянок з рештою).

Рівняючи з ротамстедськими, навіть більш короткострокові досліди, організовані Вагнером у ряді господарств, ставлять гній у вигідніше становище, бо в них уникнуто ненормальності щорічного внесення таких доз гною, які звичайно вносяться раз за весь час сівозміни; крім того, ці досліди проведено в сівозміні, однак вони відрізняються від данських не тільки меншою тривалістю, а відсутністю повної вирівняності в кількості поживних речовин і навіть відсутністю сталості в кількості гною, вношеного за окремі ротації тої таки сівозміни. Проте ці дані мають більший інтерес для оцінки поживних речовин гною, ніж ротамстедські; ось приклад для одного господарства. (Ernsthofen):

Культури	В р о ж а й					
	За 1-шу ротацію		2-гу ротацію		3-тю ротацію	
	Гній	Мін. добр.	Гній	Мін. добр.	Гній	Мін. добр.
Кормовий буярак . .	409	584	552	839	448	659
Озима пшениця . . .	19,8	25,1	34,6	52,0	24,0	40,5
Ячмінь	16,1	27,7	24,3	36,5	17,6	27,7
Жито	—	—	23,8	37,0	20,4	29,4

При цьому за другу і третю ротації в гної (800 ц) було дано більше азоту та інших поживних речовин, ніж у мінеральних добривах (100 кг/га за рік проти 57); в першу ж ротацію дещо менше (50 кг). В результаті з гном за 12 років було дано в півтора раза більше азоту, ніж з селітрою², але врожаї навіть у третій ротації були по мінеральних добривах разів у півтора вищі, ніж по гною (а саме, в третій ротації діяння гною мало б наблизитися до діяння мінеральних добрив, якби післядія від гною, внесеного за першу й другу ротацію, була значною). В результаті загальна продукція за 12 років складала по гною 421 ц/га, а по мінеральному добриву 764 ц/га (для підсумовування взято суху речовину буярака і картоплі).

¹ В першу ротацію тут був клевер.

² Доза селітри була сталою за весь час досліді (57 кг азоту щороку), гною ж було дано за перше чотириріччя 400 ц, а за друге і третє по 800 ц.

Такі досліди Вагнером були проведені в 20 господарствах; результати для решти господарств були близькі до наведених для Ernsthofen. При меншій точності і тривалості ці досліди загалом все таки подібні результатами до данських дослідів в тому розумінні, що вони доводять для третьої ротації відсутність повного використання азоту раніше внесеного гною (а данські досліди довели це для сімох ротацій), а також підтверджується і данська теза, що діяння мінеральних добрив дорівнює діянню подвійної кількості поживних речовин гною (в Ernsthofen і було навіть більшим).

Отже, ні ротамстедські, ні данські досліди не тільки не дають цифрового виразу для обліку впливу органічної речовини на врожай рослин, з них навіть важко вивести і якісний висновок щодо характеру цього впливу, бо фактором, що визначає різницю між урожаєм по гною і мінеральних добривах, був у цих дослідах азот гною, що в ротамстедських дослідах дав перевищення (в наслідок в $3\frac{1}{2}$ рази більшої кількості азоту в гної), а в данських дослідах він таки спричинився до пониженого ефекту гною, бо при вирівнянні кількості засвоєного азоту гною навіть за 30 років була неповною.

Але далі виявилася ще одна трудність на шляху обліку ролі органічної речовини гною способом порівняння її діяння з діянням мінеральних добрив, а саме: мінеральні добрива самі є фактором збагачення ґрунту на органічну речовину, так, наприклад (за даними Бера), в одному досліді — після 15 років культури без добрив ґрунт містив 48 т органічних речовин на гектар, при культурі ж з мінеральними добривами — 68 т. При цьому не слід думати (як це часто буває), що тільки багаторічні трави сприяють нагромадженню органічної речовини в ґрунті; так, озиме жито залишає в ґрунті близько 5 т кореневих залишків¹.

Тим то, якщо врожай хлібів при мінеральних добривах може вдвоє перевищити врожай без добрива, то ясно, що й кількість кореневих залишків буде в цих двох випадках вельми різною, а тому мінеральне добриво може спричинити збагачення ґрунту на органічні речовини при першій-ліпшій рослині, і хоча клевер залишає в ґрунті в 1,5—2 рази більше залишків, ніж жито, зате в данському досліді площа під клевером була втриє менша, ніж площа під житом та іншими культурами разом; тому останні могли залишити в сумі більше органічної речовини, ніж клевер.

Отже, коли стверджують, що в данських дослідах вплив органічної речовини гною тому не позначився позитивно, що на порівнюваних ділянках з мінеральними добривами (як і на гнойових) у сівозміну входив клевер, то твердження це є зовсім довірливим. Звичайно, данський дослід треба повторити в різних варіантах, що роблять, між іншим на Довгопрудному дослідному полі НІУ, при тому в двох сівозмінах: одна — з травами, друга — без них. За перше триріччя результати цілком збігаються з данськими, незалежно від того, чи входять у сівозміну трави, чи ні. Звичайно, трирічний строк недостатній, але проти 40-річного строку ледве чи можна виставити подібне твердження, а такий 40-річний період

¹ За визначеннями, проведеними в Німеччині 80-х років, коли врожай становили близько $\frac{2}{3}$ від сучасної висоти.