

Академик  
О. Н. Соколовський

КУРС  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО  
ГРУНТОЗНАВСТВА

Державне видавництво 1963

О. Н. СОКОЛОВСКИЙ

*Дійсний член Академії наук УРСР  
і Всесоюзної академії сільськогосподарських наук  
імені Леніна, заслужений діяч науки*



# КУРС СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ГРУНТОЗНАВСТВА

*Дозволено Головним управлінням  
вищих і середніх спеціальних учбових закладів  
Міністерства культури УРСР  
як посібник для сільськогосподарських ВУЗ'ів УРСР*

56816/  
191835



ДЕРЖАВНЕ ВИДАВНИЦТВО  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ЛІТЕРАТУРИ  
УКРАЇНСЬКОЇ РСР  
Київ — 1954



## ПЕРЕДМОВА

Четверта п'ятирічка — перша після війни — відзначена відновленням і дальшим розвитком народного господарства і, зокрема, сільського господарства. Вже в 1952 році посівна площа перевершила довоєнний рівень на 5,3 мільйона гектарів. Того ж року валовий врожай зернових дійшов до 8 мільярдів пудів.

Соціалістичне землеробство стало інтенсивнішим, високо насиченим машинами, які прискорюють сільськогосподарські операції, забезпечують їх своєчасність і звільняють землеробів від важких трудомістких робіт.

Наша Батьківщина вкрилась прекрасними дорогами, збільшився обмін товарів між містом і селом. Крок за кроком зникають межі між сільськогосподарською і промисловою працею, так само, як і між розумовою і фізичною. Могутній розвиток радянської науки і техніки, що в низці галузів випередили закордонну, робить наш народ все більш незалежним від власті стихії, а нашу державу — рік у рік могутнішою.

В Радянському Союзі швидко йде вперед розвиток передових соціалістичних націй, які створюють під проводом Комуністичної партії велику соціалістичну промисловість, найкрупніше у світі сільське господарство і високу, соціалістичну змістом, національну за своєю формою культуру.

Все більш і більш зростає добробут радянського народу.

Ці успіхи є основою для виконання в п'ятій п'ятирічці нових найважливіших завдань, поставлених перед сільським господарством директивами XIX з'їзду, а також постановами вересневого (1953) і лютого-березневого (1954) Пленумів ЦК КПРС.

Підводячи підсумки зміцнення соціалістичного сільського господарства Радянського Союзу, Пленуми ЦК КПРС, проте, зазначили, що для задоволення зростаючих потреб радянського народу щодо продуктів харчування та сировини для легкої і харчової промисловості сільське господарство повинно дати більше, ніж воно дає, і має для цього всі можливості.

Надійну основу дальшого розвитку сільського господарства становить важка індустрія, зміцнення колгоспів і кадри, що вирости в усіх галузях господарства. Індустріально-технічною базою колгоспного сільського господарства є машинно-тракторні станції. Вони є вирішальною силою, опорними пунктами соціалістичної держави в керівництві колгоспами.

До сільського господарства направляються численні кадри кваліфікованих спеціалістів, що опанували досягнення передової радянської науки і техніки. При цьому чималу вагу має оволодіння досягненнями не тільки технічних, але й агробіологічних основ сільського господарства і, зокрема, землеробства.

Соціалістична система сільського господарства в нашій країні охоплює зараз понад 4700 радгоспів та 94000 колгоспів, що обслуговуються 8950 машинно-тракторними станціями.

В сільськогосподарському користуванні знаходиться коло 250.000.000 гектарів придатних земель (за Прасоловим). В найближчі роки до них приєднаються за рішенням лютнево-березневого Пленуму нові мільйони гектарів цілин та перелогів, які досі використовувались лише як випаси для тварин.

Величезні простори земель — це державні земельні фонди під лісовим господарством, що, крім деревини, дає іншу, не менш цінну продукцію — дику фауну, ягоди й гриби та до того ще має велике значення у справі охорони схилів і вододілів від розмиву та річок від замулювання.

Колосальні простори заболочених земель та боліт північної частини Радянського Союзу чекають меліорації, яка дасть змогу використати заховані в їхніх ґрунтах запаси родючості. Широкі простори сухих степів та пустинь стануть джерелом не лише збільшеної проти сучасної тваринницької продукції, але й великих урожаїв бавовнику й інших цінних теплолюбивих культур.

За рішенням Пленумів ЦК КПРС та XIX з'їзду Партії повинно бути забезпечено високопродуктивне використання усіх зрошуваних та осушених земель.

Ці велетенські завдання радянського народу становлять зміст державних планів, накреслених і запроваджуваних у життя під проводом Комуністичної партії.

Вони розробляються і реалізуються на основі використання усіх досягнень сучасної науки і, поперед усього, передової радянської науки.

У сільському господарстві, так само як і в промисловості, опанування сил природи залежить від того, наскільки людина пізнає закони її і використовує їх у боротьбі за збільшення продукції сільського господарства — землеробства й тваринництва, від яких залежить і продуктивність людської праці, і добробут радянських людей.

На першому місці стоїть опанування величезних багатств — ґрунтів нашої неосяжної батьківщини.

Ґрунт — основний засіб сільського господарства, а разом з тим і його об'єкт, на який людина впливає за допомогою обробітку, удобрення та меліоративних заходів, підіймаючи його ефективну родючість.

Завдання «Курсу сільськогосподарського ґрунтознавства» — розкрити основні природні властивості ґрунту, що мають значення для його родючості, і показати, як їх використовувати і поліпшувати в інтересах збільшення врожайності сільськогосподарських рослин, як впливати на ґрунт, щоб зменшити витрати на його обробіток, як забезпечити якомога більшу ефективність від добрив, від зрошення за умов зменшення витрат на енергетику, на паливе і т. ін. і досягнення високого к.к.д. \* людської праці.

Ґрунти, кліматичні умови й рельєф дуже неоднакові не лише в цілому СРСР, по республіках та краях, але часом і по окремих районах, радгоспах і колгоспах. Тому неоднакові повинні бути і шляхи боротьби за їхню родючість, за врожай, за високу продуктивність праці. Тому необхідно знати особливості ґрунтів у просторі на території як країни в цілому, так і окремих господарств.

Мало того, ґрунти, як і вся природа, змінюються і з часом — їхня родючість неоднакова на різних стадіях розвитку сільського господарства і навіть протягом одного вегетаційного періоду.

Знання ґрунту, як основного засобу сільського господарства, найкраще здобувається за умови, коли його вивчити разом і як природне тіло, яке розвивається за властивими йому законами. Тільки тоді можна домогтись найдоцільнішого і найефективнішого використання ґрунтів в сільському, лісовому і в усьому народному господарстві.

Відповідно до цього і створився протягом десятиліть цей курс.

*Дійсний член АН УРСР і ВАСГНІЛ  
О. Н. СОКОЛОВСЬКИЙ*

*професор Харківського Ордена Трудового  
Червоного Прапора сільськогосподарського  
інституту ім. В. В. Докучаєва.*

\* Коефіцієнт корисної дії.



## ЗАВДАННЯ НАУКИ ПРО ҐРУНТ І ЇЇ РОЛЬ У СОЦІАЛІСТИЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

### РОЗВИТОК НАУКИ ПРО ҐРУНТ І ЇЇ ЗАВДАННЯ

Головним завданням у галузі сільського господарства і надалі лишається підвищення урожайності всіх сільськогосподарських культур. Не можна збільшити урожайність колгоспних і радгоспних полів без старанного, детального вивчення сільського господарства у всій його багатогранності й розвитку, у його різноманітності й мінливості на необмежених просторах нашої великої Батьківщини.

В чому ж основна особливість сільського господарства, яка відрізняє його від інших видів виробництва?

У сільському господарстві використовується і нагромаджується енергія сонячного проміння, що падає на землю, перетворюючись в урожай, у цінні для людини продукти. Використання її для створення органічних речовин і є найхарактернішою особливістю сільського господарства. Із двох основних «цехів» його (рослинництва-землеробство і тваринництво) відбувається це тільки в рослинництві.

Які ж природні фактори сільського господарства?

Це насамперед рослини, які ми вирощуємо; ґрунт, на якому вони ростуть і який ми обробляємо, удобрюємо, меліоруємо; клімат (і погода), який впливає на рослини не тільки прямо, внаслідок використання тієї чи іншої кількості тепла й вологи, але й посередньо — через середовище, тобто через ґрунт. Усі ці фактори завжди зв'язані якнайтісніше між собою і відіграють основну роль в одержанні урожаю. Певна річ, як і в інших складних явищах, у кожному конкретному випадку слід впливати на певну провідну ланку цього комплексу для того, щоб одержати найбільший результат з найменшою затратою енергії, тобто, щоб забезпечити найвищу продуктивність праці.

Серед усіх цих факторів урожайності роль ґрунту, як основного засобу сільськогосподарського виробництва, особливо велика. Людина міняє властивості ґрунту з допомогою обробітку, викори-

стовуючи машини і знаряддя, удобрення, меліорацію, — більше того, в особливо інтенсивних галузях сільського господарства, як, наприклад, у городництві, створює штучний ґрунт.

Основна властивість ґрунту, що відрізняє його від мертвої геологічної породи, — його родючість. Ґрунт — частина біосфери, тобто тієї оболонки землі, яка насичена живими організмами, що використовують енергію сонячного проміння і створюють складні органічні сполуки із вуглекислоти, повітря, води і мінеральних солей ґрунту.

Проте родючість одного і того ж ґрунту не однакова в різні періоди розвитку людського суспільства. Родючість ґрунту міняється разом із зміною рівня розвитку науки й техніки, з новими успіхами природознавства і агрономічної науки, бо завдяки цьому удосконалюються способи використання елементів ґрунту.

Пізнання ґрунту розвивалося в минулому паралельно з розвитком вивчення сільськогосподарських рослин, у тісному зв'язку з розвитком капіталізму в сільському господарстві.

Історію науки фізіології рослин ведуть з часу відкриття фотосинтезу, передбаченого генієм Ломоносова ще в першій половині XVIII віку, і обґрунтування двох основних процесів у житті рослини: «живлення рослини з повітря» і «живлення її з ґрунту» («кореневого живлення»).

Пізнання ґрунту і нагромадження того величезного матеріалу, який становить зміст ґрунтознавства, відбувалося різними шляхами, але всі вони виходили з одного джерела, йшли від одного й того ж вихідного пункту — від вимог життя, від потреб сільського господарства. При цьому залежно від змін надзвичайно складного комплексу соціально-економічних умов, від соціальних замовлень, від характеру інтересу до ґрунту мінялася і сама форма вивчення ґрунту країни, мінявся і напрям роботи.

Наука про ґрунт, як і інші науки, не тільки прикладні, але й так звані теоретичні, у своєму змісті, у своїх методах і напрямках, у своїх завданнях, досягненнях і помилках, в інтенсивності роботи, кількості і якості залучених до дослідження кадрів завжди прямо залежали від соціально-економічних умов, від рівня розвитку продуктивних сил, від інтересів і потреб панівного класу, від самої інтенсивності сільського господарства, від складності аграрних відносин і т. д.

Організаційні форми роботи і зміст вимог, які ставилися до ґрунтознавства, докорінно мінялися в залежності від загальних умов розвитку сільського господарства в тій чи іншій країні: то вивчався ґрунт під прапором геології, то відомості про нього давалися в агрикультурхемії (агрохімії) або ж у загальному землеробстві. Мінявся і сам зміст. У країнах старої культури з досить уже використаними ґрунтами неса увага спрямовувалася на забезпеченість ґрунту тими чи іншими поживними елементами (звичайно трьома — Р, К, N), у країнах, де «вершки» природної родючості ще не були зняті (США), основний інтерес являли механічні властивості ґрунту, його фізичні особливості. У країнах із складним геологічним покривом, головним чином, у гірських, де особливо роль у ґрунтоутворенні відіграють швидкі зміни материнських порід на невеликих відстанях, найбільшу увагу звертали на геологічний бік справи, і наука про

ґрунт ставала, сказати б, одним із розділів геології; виникла навіть назва для відповідної науки — агрогеологія.

В інших випадках — учення про ґрунт увійшло як складова частина в курси рослинництва, загального землеробства, технології ґрунту. В одному з англійських вузів цілісного курсу ґрунтознавства навіть зовсім не було: матеріал розподілявся між «агрономічною хімією» і «агрономічною фізикою». Часто буває, що поряд з самостійними курсами ґрунтознавства, вчення про ґрунт входить як основна частина в курс агрохімії.

У Росії курс ґрунтознавства, як самостійна дисципліна, уперше був прочитаний 1894 року у Новоолександрійському сільськогосподарському інституті (Н. М. Сибірцевим) і 1899 року у Московському сільськогосподарському інституті (тепер ТСГА) (В. Р. Вільямсом). Зміст курсів відбивав як умови місця й часу, так і особисті смаки й нахили лекторів. Значна частина моментів про родючість ґрунту, про ґрунтовий хімізм залишалася в курсі агрохімії й була тільки підпорядкованим розділом, зв'язаним з висвітленням учення про удобрення.

### Основні напрями у вивчанні ґрунту

Говорячи про основні напрями у вивчанні ґрунту, треба відзначити два з них. Перший — агрохімічний напрям, другий — морфолого-географічний (генетичний). Перший веде свій початок від появи теорії мінерального живлення рослин, яка викликала розквіт у застосуванні мінеральних добрив і буйний розвиток промисловості, що їх виробляла. Основним змістом роботи над ґрунтом протягом майже століття стало вивчення питань про те, як найефективніше забезпечити ґрунт поживними речовинами. В основі цього підходу лежали спрощені механістичні уявлення про взаємодіяння рослин з ґрунтом, метафізичний підхід до самого ґрунту, як до чогось інертного, незмінного, та й сама рослина, що сприймає поживні речовини, виступала тут як пасивний апарат. До ґрунтів підходили лише з боку їх елементарного хімічного складу, вмісту азоту й розчинності сполук, які містять Р і К.

Незважаючи на значні теоретичні досягнення в окремих галузях вивчення ґрунту й рослин, цей напрям не дав точних відповідей на питання про визначення родючості ґрунтів і потреб їх в удобреннях внаслідок цілковитого спрощенства й неправильної методології. Причини — механістичний підхід до ґрунтової родючості, нехтування не тільки тих соціально-економічних факторів сільського господарства, про які говорив Маркс, але й самого ґрунту, який увесь час міняється під впливом прийомів культури і погоди, мало того — нехтування і самої сільськогосподарської рослини. Справді, немає і не може бути загальної мірки родючості для всіх рослин, і дослідями, скажімо, з вівсом ніяк не можна в'яснити, як почуватимуть себе на даному ґрунті конюшина, буряки тощо.

Для цього напряду характерне нехтування ґрунту як природного утворення, що виникає і непинно розвивається під впливом природних умов і самого суспільства. Тут єдиний критерій — дані валових аналізів, витяжок і інших хімічних і фізико-хімічних визначень.

Незважаючи на величезну цінність здобутого агрохімією матеріалу, він не був використаний внаслідок зазначених вище причин.

Другий напрям, що виник у нашій країні, зв'язаний з ім'ям В. В. Докучаєва. Це — створене і розроблене ним генетичне ґрунтознавство. Генетичне ґрунтознавство основну увагу свою звернуло на ґрунт, як на природне тіло; воно вивчало будову ґрунтового профілю (розрізу) і виясняло закономірності розвитку й поширення ґрунтів у природі.

Докучаєв уперше чітко поставив питання про те, що різноманітність ґрунтів у природі не випадкова, що ґрунти, як і все у природі, виникають, розвиваються і міняються під впливом певних причин, що разом зі зміною окремих факторів ґрунтоутворення міняються і ґрунти. Проте Докучаєв не зважив на роль людини в утворенні і зміні ґрунтів, бо в його час цей вплив у Росії мало виявлявся і, до того, лише місцями (затоплення луків, змивання ґрунтів на вирубках лісу і т. д.). У соціалістичному ж суспільстві роль людини у ґрунтоутворенні незмірно зросла. Хоч перші свої дослідження чорноземів Докучаєв почав саме на замовлення Вільноєкономічного товариства з метою вивчення чорнозему як «найголовнішого хлібородного ґрунту Росії» (звідси йшли основні маси товарної продукції на внутрішній і зовнішній ринки), все ж він справедливо надавав основного значення науковому дослідженню ґрунтів, підкреслюючи, що питання практики сільського господарства можна розв'язати тільки внаслідок пізнання походження ґрунтів і їх природних властивостей.

Проте ці плодотворні ідеї Докучаєва не були використані як слід. Справа в тому, що «медовий місяць» сільськогосподарської науки після «реформи» 1861 року незабаром закінчився. Причини цього полягали як у становищі на світовому хлібному ринку, де сильним конкурентом Росії виступали Аргентина, Канада і США, так і в тому стані, в якому було сільське господарство Росії — у соціальних і економічних його умовах. «Куца» реформа 1861 р. і пізніші заходи царсько-поміщицького уряду не тільки лишили поміщикам, на шкоду селянству, цілий ряд привілеїв — пережитків кріпосного права, але й посилили їх владу: земські начальники, предводителі дворянства дістали велику вагу у місцевій адміністрації.

Великі гроші, одержані з селян як «викупні платежі», були проїдені, прогуляні, програні (Стіва Облонський в «Анні Каренінній» Толстого). Найбільш активні елементи поміщицького стану йшли в залізничне, промислове-будівництво, в банки тощо.

Інтерес до ґрунту, як засобу виробництва, спав. Замість цього постало питання про правильне оподаткування земельних угідь відповідно до їх прибутковості. Почалося досліджування ґрунтів, як частина роботи губернських земств щодо «оцінки земель» (нижегородські, полтавські і інші).

Побудова Великого Сибірського залізничного шляху, заселення хлібородних просторів Сибіру і Середньої Азії, а також розвиток бавовництва в ній обумовили новий період розвитку ґрунтознавства. Відрив від безпосередніх потреб сільського господарства, від застосування своїх висновків для боротьби за продуктивність землі був причиною того, що центральним напрямом у ґрунтознавстві в цей період став морфолого-географічний, який головним завданням поставив вивчення закономірностей поширення ґрунтів у природі.

Був відновлений німецький поділ науки про ґрунт на прикладне агрономічне ґрунтознавство — «агрологію» і «чисте» — наукове — «педологію», — те, проти чого рішуче заперечував «другий співзасновник» науки ґрунтознавства; основоположник агрономічного ґрунтознавства — Костичев. А все ж відрив від практики позначився на наукових інтересах ґрунтознавців, і прапор «чистої науки» став на деякий час основою їх досліджень.

Нічого й говорити, що це надзвичайно знецінило глибоке дослідження ґрунтів, яке проводилося під керівництвом К. Д. Глінки на широких просторах Азіатської частини Росії з доручення колишнього Переселенського управління. Ці дослідження не були зв'язані з агрономічною характеристикою ґрунтів.

Дальший розвиток дослідження ґрунтів відбувався під знаком «природно-історичного» районування з метою розміщення дослідних станцій.

Борючись з аграрним рухом біднішого і середняцького селянства кулями, засланнями, тюрмами, розвиваючи переселення, царський уряд шукав опори в куркулях. Щоб підняти їх господарство, підвищити урожайність їх земель, потрібна була допомога науки, дослідної справи.

Для правильної організації дослідних станцій треба було правильно розділити територію країни за характером природних умов і, насамперед, ґрунтового покриву. Звідси — дослідження ґрунтів, як частина «природничо-історичних» дослідів (чернігівські, пензенські і інші).

Позбавлена знань і засобів більшість поміщиків у цих умовах вважала за краще вести господарство на основі здольщини, відробітків селянськими руками і селянським реманентом.

«Дикому панові», дворянським «послідишам», агрономічна наука була непотрібна, марна; ні до чого вона була й «чумазому», до якого перейшли їх землі, ліси, «вишневі сади» — він поспішав зняти вершки з землі, зірвати прибутки без будь-яких затрат. Недоступна

була наука й масі селянства, по якому дошкульно ударив розірваний «ланцюг великий» кріпосного права. Звідси — відрив від потреб сільського господарства і поширення погляду на ґрунтознавство як на «чисту» науку.

Вихолощування із науки про ґрунт агрономічних моментів привело до того, що теоретичне вивчення ґрунту всю свою увагу зосередило на питаннях ґрунтової географії, користуючись описовим морфологічним методом; для хімічної ж характеристики ґрунтових утворень догматично бралось все те, що виробила практика західної агрикультурхії.

Для обох напрямків в однаковій мірі характерне те, що в них різко виявлявся розрив між формою і змістом: агрохімічне ґрунтознавство, досліджуючи питання родючості ґрунту, відривалось від тих різноманітних форм, у яких ця родючість проявляється в конкретних умовах природи й господарства, а теоретичне вивчення ґрунтів, навпаки, захоплюючись вивченням форм вияву ґрунтоутворного процесу, нехтувало той агрономічний зміст, заради якого досліджувалися ґрунти.

Неправильна й властива обох напрямкам тенденція відривати вивчення ґрунту як предмета і основного засобу виробництва від пізнання його як природного тіла.

Цілком очевидно, що тут має бути повна єдність основної мети, хоч які б глибокі теоретичні питання при цьому ставилися. Ґрунт, як і всяке природне явище, треба вивчати, завжди маючи на увазі його народногосподарську цінність, а досліджуючи його як тіло природи, брати його властивості «у їх взаємному зв'язку, у їх поєднанні, у їх рухові, у їх виникненні і зникненні» (Енгельс).

Це тим більше обов'язково, що, як зазначає Ленін, «І в індустрії і в землеробстві людина може тільки користуватися діянням сил природи, якщо вона пізнала їх діяння, і *полегшувати* собі це користування з допомогою машин, знарядь і т. п.»\*.

У плановому соціалістичному господарстві, коли вперше відкриваються найширші можливості використання сил природи, коли всьому народному господарству дається єдине державне завдання, єдине соціальне замовлення, виконати яке можна лише при найтіснішому зв'язку теорії з практикою, згадане вище протиставлення неприпустиме. Радянська наука вивчає сили природи для виробничого їх використання і, використовуючи, глибше їх пізнає.

Обидва ці напрями у вивченні ґрунту, які виходили з інших соціальних завдань, були неспроможні обслуговувати замовлення

\* В. І. Ленін, Твори, т. 5, Українське видавництво політичної літератури, К., 1948, стор. 90—91.

соціалістичного виробництва. Ось чому, використовуючи всю цінну спадщину, величезний досвід цілого ряду дослідників, критично застосовуючи його на основі матеріалістичної діалектики, слід створювати науку про ґрунт, яка б цілком і повністю відповідала потребам соціалістичного сільськогосподарського виробництва. На основі нагромадженого досвіду і досягнень вітчизняного ґрунтознавства, які поставили його на провідне місце в світовій науці, продовжуючи справу Докучаєва, Костичева, Ізмаїльського, Вільямса, треба створювати нову науку про ґрунт — а г р о г р у н т о з н а в с т в о.

### Суть і завдання агроґрунтознавства

Ставлячи основною метою обслуговування народного господарства і насамперед соціалістичного сільськогосподарського виробництва, пізнання властивостей ґрунту, агроґрунтознавство об'єднує в собі знання всіх багатогранних явищ, зв'язаних з ґрунтом, використовуючи при цьому все, що дають основні і близькі науки (хімія, фізика, геологія і мінералогія, кліматологія, геоморфологія, ботаніка, мікробіологія і інші)\*. Увесь розвиток агроґрунтознавства тісно зв'язаний з питаннями життя рослин, з боротьбою за їх урожай, з забезпеченням високої продуктивності праці в землеробстві. Єдність і тісна взаємна залежність усіх явищ, що відбуваються в ґрунті, єдність ґрунту як природного тіла і як засобу виробництва підпорядковує собі вивчення всіх його сторін і об'єднує знання про всі грані ґрунтових явищ.

Основне, вирішальне значення для виробничих властивостей ґрунту мають соціально-економічні умови. Дрібне землеробство, позбавлене засобів і знань, марнувало сили ґрунту, виснажуючи його родючість, — та й не саме тільки дрібне землеробство. У гонитві за безпосередньою вигодою, за наживою, капіталістичне сільське господарство не могло передбачити наслідків хижацького використання полів і лісів і, чинячи анархічно, перетворювало родючі простори у безплідні. «Усі дотеперішні способи виробництва мали на увазі тільки досягнення найближчих, найбільш безпосередніх корисних ефектів праці»\*\*.

Соціалістичне ж господарство, навпаки, пустині, безводні степи і болота перетворює на квітучі сади, на родючі поля. Тут інший підхід і до ґрунту як природного тіла — найважливішого засобу сільськогосподарського виробництва.

\* Це основне завдання ґрунтознавства аж ніяк не зменшує його ролі і в задоволенні потреб техніки (гідротехніки, будівельної і дорожньої справи, санітарії і т. д.).

\*\* Ф. Енгельс, Діалектика природи, Українське видавництво політичної літератури, К., 1949, стор. 129.

Через те науку про ґрунт треба **перебудовувати**, відмовившись від механістичних догматичних положень агрикультурхмії і формально-морфологічних підходів географічного ґрунтознавства. Від обох напрямів науки про ґрунт слід узяти все, що являє об'єктивну цінність, щоб на основі діалектичної методології побудувати нове сільськогосподарське ґрунтознавство; слід виявити, як найкраще, найбільш ефективно використати ґрунти Радянського Союзу, знайти найбільш досконалі способи збільшення родючості ґрунтів і підтримувати їх на найвищому рівні, щоб оволодіти цим найважливішим засобом сільськогосподарського виробництва і керувати ним так само свідомо і планово, як ми керуємо машинами в різних галузях нашої промисловості. Таке ґрунтознавство має посправжньому поєднати знання форм вияву ґрунтового процесу з розумінням їх агрономічного змісту. Воно стане справжнім знаряддям боротьби за урожай у соціалістичному сільському господарстві. В той же час воно має забезпечити якнайвищу продуктивність праці — головне у боротьбі за комунізм.

Цілком природно, що для цього потрібно знати як статику, так і динаміку ґрунту; потрібно знати, з чого ґрунт складається, яке взаємовідношення між його окремими складовими частинами, які властивості вони мають, яких змін зазнають у природному стані і під впливом агротехнічних заходів. Слід встановити, які ґрунти є в природі (типи ґрунтів і їх варіанти) і як вони розподілені на території СРСР, які сильні і слабкі сторони цих ґрунтів з сільськогосподарського погляду, від чого залежить той чи інший рівень родючості цих ґрунтів і як у кожному окремому випадку для кожного варіанту ґрунтів у конкретних господарських умовах домогтися найбільших і найкращих урожаїв. Дуже важливо також знати, як найбільш ефективно використати сільськогосподарську територію на основі державних планових завдань, ураховуючи властивості ґрунтів, і, нарешті, які дефекти мають ті чи інші ґрунти і як їх усунути. Висвітленню цих основних питань і присвячені дальші розділи нашої книги.

## ҐРУНТ І РОСЛИНИ

Уявлення про виробничу роль ґрунту протягом останніх століть мінялися не тільки в економічному, але, сказати б, і в технічному напрямках. Що ми називаємо родючими ґрунтами? Очевидно, ґрунти, що дають нашим сільськогосподарським рослинам усе, чого вони потребують для свого росту й розвитку, а отже, і для забезпечення високого урожаю. А що ж власне потрібно для рослини? Відповіді на це запитання протягом останніх 200 років мінялися. Коли з розвитком капіталістичної промисловості, зростанням міст і промислових центрів перед сільським господарством

капіталістичних країн виникли нові привабливі перспективи широкого й вигідного збуту сільськогосподарських продуктів, природно постало питання про те, як збільшити урожайність і поліпшити якість вирощуваних рослин. І тут старий тисячолітній досвід, що передавався з покоління в покоління, був неспроможний дати відповідь, як саме досягти поставленого перед капіталістичним сільським господарством завдання. Потрібні були нові способи, нові засоби боротьби за високу продукцію.

Природно, для цього слід було знати, чого ж власне потребує рослина для урожаю. З цього приводу були різні припущення, — на початку XIX століття вони сформувалися в окрему теорію, яка полягала в тому, що головною складовою частиною ґрунту, потрібною для живлення рослин, є темна горюча частина — ґрунтовий перегній, гумус, що рослина живиться перегноем\*. Звідси зробили висновок, що родючість ґрунту тим вища, чим більше у ньому гумусу.

Проте давно було відомо, що в рослинах, крім горючої частини — їх органічної речовини, є також і мінеральні солі (зольні речовини). Звідки вони беруться? Висловлювались думки, що рослина сама їх створює. Вважали, що мінеральні солі роблять ґрунтовий перегній доступнішим для рослин — у цьому суть їх впливу. Проте таке пояснення не задовольняло практичних потреб сільського господарства. Перед наукою постало питання, звідки ж беруться ці мінеральні солі і яку роль відіграють вони в житті рослин. Під впливом цього соціального замовлення капіталістичного сільського господарства був проведений ряд дослідів, які з цілковитою певністю вияснили, що ці мінеральні солі — конче потрібні для розвитку й росту рослин і що рослина їх не створює, а бере з ґрунту.

## Теорія мінерального живлення рослин

На підставі численних робіт своїх попередників Лібіх запропонував теорію мінерального живлення рослин, за якою родючість ґрунту залежить від кількості мінеральних сполук (калію, фосфору, сірки і деяких інших елементів), які містяться в ґрунті. Разом з тим, кінець XVIII і початок XIX століть принесли й інше визначне відкриття: виявилося, що головну частину свого тіла, яке в середньому складається на 95% (обчислюючи на суху безводну речовину) з горючих речовин, рослина створює з тієї

\* Перегній, або гумус (humus — лат.) — так зветься органічна частина ґрунту, яка надає йому темного забарвлення і більш або менш рівномірно насичує його. Гумус утворюється внаслідок розкладу переважно залишків рослин і взаємодіяння продуктів цього розкладу. В утворенні гумусу основну роль відіграє життєдіяльність мікроорганізмів і фізико-хімічні процеси та умови ґрунту.

вугільної кислоти, яку вона вбирає своїм листям із повітря; що такий процес «очищення повітря» відбувається тільки на світлі; що таким чином рослина, можна сказати, «живиться з повітря», а не тільки з ґрунту\*.

Ці два відкриття — «живлення з повітря» і «живлення з ґрунту» — лягли в основу нової науки фізіології рослин і нової наукової агрономії. Зрозуміло, що обидва ці процеси «живлення» рослин слід розглядати у нерозривному їх зв'язку, як дві протилежні, тісно зв'язані між собою сторони одного і того ж явища: разом вони мали б скласти нову основу для винайдення способів боротьби за кількість і якість урожаю.

Проте теорія мінерального живлення, оцінюючи ґрунт, цікавилася лише одним: скільки в ньому доступних рослинні мінеральних сполук. Були занедбані не тільки старі уявлення про роль гумусу для родючості ґрунту, але й старі способи збільшення урожайності, як, наприклад, угноєння, вапнування ґрунту, а також і погляди, які надавали великого практичного значення фізичним властивостям ґрунту. До всього цього догматичні послідовники Лібіха — німецькі агрокультурхіміки — ставилися негативно. Мало того, цікавлячись живленням рослин з ґрунту, вони зовсім занедбали друге визначне відкриття — живлення рослин з повітря. Вивчення першого далі пішло ізольовано від другого.

З поширенням теорії мінерального живлення рослин створилася і нова галузь промисловості, а разом з нею і нова галузь промислового й торговельного капіталу, зацікавлених у виробництві, поширенні й застосуванні добрив, які містять у собі потрібні для рослин поживні елементи. Увесь інтерес до ґрунту звівся лише до визначення «потреби ґрунту» у добривах, простіше кажучи, до визначення вмісту у ґрунті фосфору, калію й азоту. На той час вважали, що родючість ґрунту тим вища, чим більше у ньому поживних речовин. У зв'язку з цим у сільському господарстві Німеччини за десятки років зроблено багато десятків тисяч аналізів для визначення, «чого саме ґрунту бракує».

Проте практика реального сільського господарства, а також і досліді з рослинами показали, що такої прямої залежності між поживними речовинами у ґрунті і його родючістю немає, що родючість ґрунту залежить ще й від багатьох інших факторів. Дальший розвиток науки виявив, що ґрунт не лишається незмінним навіть протягом одного сільськогосподарського року, що його складові частини увесь час змінюються. Причиною такої мінливості є сотні мільйонів і мільярди (на 1 грам ґрунту) мікроорганізмів, які живуть, розмножуються і разом з тим змінюють запас поживних речовин,

\* Слід зазначити, що вперше на роль живлення рослин з повітря звернув увагу М. В. Ломоносов (1752 р.).

доступних рослині, споживаючи або, навпаки, звільняючи їх. З другого боку, перегній і глина — її колоїдна частина — так само не лишаються незмінними і, змінюючись, різко впливають на умови життя мікроорганізмів, а разом з тим і на створення поживних речовин, які використовують рослини.

Таким чином, родючість ґрунту виступає як проблема не самої лише статичної, а в значно більшій мірі і динамічної. Тому уявлення, які зводили взаємозв'язок між рослинами і ґрунтом тільки до пасивного вбирання рослиною небагатьох поживних речовин, що ґрунт відносно рослин завжди лишається незмінним, що якість ґрунту раз і назавжди можна характеризувати на підставі елементарних аналізів, виявилися помилковими.

### Взаємозв'язок між рослиною і ґрунтом

Якщо тепер поставити питання, що ж власне потрібно рослині від ґрунту, якими властивостями ґрунт впливає на розвиток рослин і на урожай, то відповідь на це треба дати таку:

1) рослина з ґрунту дістає потрібні їй мінеральні поживні речовини\*;

2) рослина дістає з ґрунту також і воду.

Проте цього мало. Для нормального використання поживних речовин і води потрібно:

а) щоб у ґрунті було повітря, необхідне для дихання коріння рослин і мікроорганізмів;

б) щоб температура ґрунту була відповідна до потреб даної рослин;

в) щоб у ґрунті не було шкідливих для рослин хімічних сполук (кислот, лугу, шкідливих газів, органічних токсинів) і, нарешті,

г) щоб коріння мало для свого розвитку достатній простір.

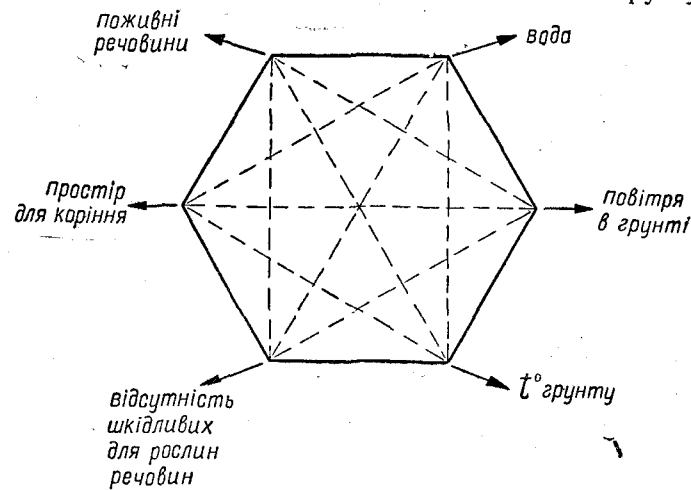
Усі ці фактори впливу на рослину тісно зв'язані між собою.

Родючість ґрунту зв'язана з рослинами і з роботою мікроорганізмів у ґрунті, з хімічними і біодинамічними процесами, які в ньому відбуваються, а ті й інші залежать від температури ґрунту, від його вологості і провітрювання. З цими факторами зв'язана і можливість утворення у ґрунті шкідливих для рослин речовин. Цей взаємний зв'язок ґрунтових факторів родючості наводимо на мал. 1.

Взаємозв'язок між рослиною і ґрунтом виступає перед нами як динамічне явище, до якого не можна підходити статично, з односторонньою міркою. Щоб регулювати цей взаємний зв'язок, щоб

\* Справа тут далеко не обмежується фосфором, калієм і азотом. Різні рослини потребують надзвичайно різноманітних поживних речовин. Тому для окремого виду і навіть сорту рослин у кожному конкретному випадку треба добирати відповідно до дійсних потреб і поживні речовини. А серед них є добра половина відомих тепер (92) хімічних елементів.

підвищувати родючість ґрунту, слід брати це явище у всій його багатогранності, зважаючи на всебічні властивості ґрунту, його



Мал. 1. Схема ґрунтових факторів родючості.

походження й розвиток, тобто підходити до нього діалектично, як до всього, що відбувається в природі і суспільстві.

## ПОХОДЖЕННЯ ҐРУНТІВ

### ЩО ТАКЕ ҐРУНТ

У літературі знаходимо десятки визначень поняття «ґрунт». Одні говорять, що ґрунт — це той шар землі, який орють, інші, навпаки, вважають за ґрунт той саме шар землі, в якому розташоване коріння рослин, який має темне забарвлення. Зрозуміло, що такі визначення не можна визнати задовільними. Адже один і той же ґрунт можна орати на різну глибину, на одному й тому ж ґрунті у різних рослин коріння досягає різної глибини. Очевидно, що для планування і ведення великого соціалістичного сільськогосподарського виробництва треба мати більш чітке наукове визначення поняття ґрунту.

Практично в сільському господарстві звичайно цікавилися лише верхнім, орним шаром ґрунту; розрізняли ґрунти найчастіше або по їх кольору, або просто брали грудочки в руку і розтирали між пальцями, майже зовсім не звертаючи уваги на підорний шар. Значно більше дізнаємося про ґрунт, якщо познайомимося з ґрунтовими розрізами у канавах, обривах, котлованах, виїмках тощо.

У різних районах Радянського Союзу, а інколи в різних частинах того самого району ми бачимо зовсім відмінні картини. Десь на півдні центральної чорноземної області або в середній Україні розрізи являють грубу товщу (до метра, а інколи й більше), забарвлену вгорі в темносірий, майже чорний колір, який донизу поволі світлішає. На певній глибині (50—60 см) бачимо білі вицвіти, а іноді й білі камінці, які закипають, якщо їх полити соляною кислотою. Нижче звичайно йде суглинок пального кольору.

У північних же областях Союзу РСР (починаючи від Московської області) стінки виїмок мають зовсім інший вигляд: світлосірий або світлобурий незначної товщі (15—20, а інколи навіть 5—3—2 см) верхній шар, під ним білястий (іноді значно більшої товщі), малозв'язний, неструктурний, а нижче — червонобурий, звичайно дуже щільний, надзвичайно зв'язний шар. Його підсти-

лають або бурувата глина здебільшого з камінцями (валунами), або суглинок.

У першому випадку перед нами чорнозем, у другому — підзолистий ґрунт. У першому випадку ґрунт кінчається там, де починається однорідна маса пологого суглинка, у другому — там, де починається останній названий вище «горизонт» буруватої породи. Якщо запитати, чим же відрізняється ґрунт від гірської породи (наприклад, граніту, крейди, вапняків, глин, пісків тощо), то треба сказати, що саме зміна ґрунтових горизонтів\*, що зовсім не мають вигляду шарів, нанесених водою або вітром (як у шаруватих глинах, пісках тощо), зміна, яка закономірно повторюється на величезних просторах суші СРСР і характерна для кожного типу ґрунту, яка надає своєрідної картини профілю ґрунту, а також і самий профіль (розріз), обумовлений нею, і являє основну відміну ґрунтів. *Ґрунт, як природне утворення — це верхня частина земної кори, що являє сукупність зв'язаних один з одним «горизонтів» («шарів»), характерних для кожного його типу* (наприклад, чорнозем, солонець, підзол тощо). Таке визначення поняття ґрунту найправильніше. Для рослини має значення не тільки верхній, орний шар, але й шари, що лежать під ним. Ці «підорні» шари інколи дуже відрізняються від орних і своїми фізичними властивостями (наприклад, великою щільністю, меншою водопроникністю), і хімічними (вмістом солей, поживними речовинами), і біологічними (багатством мікробів).

Чим пояснити відміни у зовнішньому вигляді ґрунтів?

Тут доводиться звернутися до їх походження. Вивчаючи геологічне минуле нашої країни, узаємо, що був час, коли ні в Московській області, ні в центральній чорноземній області, ні на Україні не було тих ґрунтів, які ми бачимо тепер: там, де тепер чорнозем, до самої поверхні був пологовий суглинок, який закипає під дією соляної кислоти. Потім, у міру того як на поверхні цього суглинка почала з'являтися рослинність, з останків її утворювався перегній, який забарвлює верхні шари суглинка у темний колір. Опади, що потрапляли на поверхню, промиваючи ґрунт, відкладали в глибині вапно (саме воно й закипає, якщо полити його соляною кислотою). Таким чином, розглядаючи розріз чорноземного ґрунту, можна сказати\*\*, що порівняно з колишньою у свій час суглинковою породою верхній горизонт (шар) чорнозему дуже збагатився перегноем, але втратив значну частину вапна, а нижній, навпаки, збагатився вапном, винесеним і вимитим згори. Далі йде пологовий суглинок (лес), майже не зачеплений процесами ґрунтоутворення.

\* Ґрунтовий горизонт — частина ґрунтового профілю (розрізу), яка відрізняється від інших своїми властивостями (кольором, структурою, будовою — пухкістю або щільністю і т. д.).

\*\* Ясно, що це — лише схема, яка не передає всієї складності явища ґрунтоутворення.

У підзолистому ґрунті спочатку до самого верху був рудуватий суглинок, занесений або льодовиком або талими водами, що витікали з-під льодовика, переважно безкарбонатний. Під впливом лісової рослинності цей суглинок поступово перетворювався на підзолистий ґрунт. Знебарвлення верхніх шарів ґрунту свідчить про винесення сполук окису заліза, які надали породі червонобурого кольору. Таким чином, у самому верхньому горизонті («шарі») ґрунту в процесі свого утворення втратили певну кількість сполук заліза, алюмінію, фосфорної кислоти і інших речовин, набувши зовсім незначної кількості органічних сполук. У дальшому білястому горизонті ґрунт іноді майже зовсім втратив названі сполуки без компенсації їх гумусом. Нарешті, в третьому, більш компактному горизонті відбулося помітне збагачення речовинами, вимитими з верхніх горизонтів.

Отже, кожен тип ґрунту — і чорнозем, і підзолистий ґрунт, і солонці і т. д. — має свою особливу фізіономію, дає різну картину ґрунтового «розрізу» або «профілю», на якому відображається вся історія утворення ґрунту і його зміни. Для кожного типу ґрунту характерне своє, властиве лише йому, поєднання у профілі ґрунтових горизонтів і специфічні їх особливості. Докладно про це скажемо далі, у розділі про ґрунтоутворення.

Ґрунтовий покрив суші надзвичайно різноманітний. Ґрунти змінюються на материках як у широтному (Пн — Пд), так і в довготному (З — С) напрямках; вони міняються в межах усього СРСР і в межах окремих республік, країв, областей, районів і навіть колгоспів і радгоспів.

Причини такої різноманітності ґрунтів вперше вияснив В. В. Докучаєв, який зв'язав їх зі змінами основних факторів ґрунтоутворення (див. стор. 243) (клімат, материнська порода, рослинність, рельєф, вік ґрунту). Вітчизняне ґрунтознавство відрізняється від панівного у минулому напрямку тим, що характер ґрунтів і їх властивості зв'язуються з їх походженням. Це — докучаєвське *генетичне ґрунтознавство*.

Будучи середовищем для розвитку життя, ґрунт у свою чергу виникає і розвивається під впливом організмів. Ґрунт, як і океан, — частина біосфери та частина оболонки\* Землі, яка насичена живими істотами — зеленими рослинами, що створюють органічну речовину (джерело потенціальної енергії), і безхлорофільними організмами, що використовують її (мікроорганізми, тваринний світ),

В утворенні і розвитку ґрунту тісно переплітається дія фізичних, хімічних і біологічних явищ, а з появою і розвитком людського суспільства — також і соціально-економічних.

Величезні простори нашої батьківщини дали В. В. Докучаєву змогу встановити закономірність змін ґрунтового покриття в широт-

\* Атмосфера, гідросфера і літосфера.



ному напрямі (правильніше, з північного заходу на південний схід європейської частини країни). А що в цьому ж напрямі міняється й клімат, стаючи чимраз теплішим і сухішим, це дало привід Докучаєву вважати найважливішим фактором ґрунтотворення саме клімат. Разом з кліматом міняється і комплекс біологічних факторів ґрунтотворення, а разом з тим — і ґрунтовий покрив.

Найближчий учень Докучаєва — Сибірцев, продовжуючи його справу, прийшов до висновку, що різноманітність ґрунтів, поперше, залежить від материнських порід, їх фізико-хімічних властивостей і розташування в просторі; по-друге, від неодмінного поєднання з ними діяльності організмів; по-третє, від фізико-географічних умов (в основному, клімату) під час ґрунтотворення.

Ці фактори ґрунтотворення при однаковому їх поєднанні дають однакові ґрунти. Зміна якогось із них призводить до зміни ґрунтів.

Сибірцев виділив такі ґрунтові пояси або зони:

1. Ґрунти тундри або ґрунти холодного «мерзлого» поясу.
2. Підзолисті дернові ґрунти помірно холодного поясу із значною вологістю клімату.
3. Сірі лісові ґрунти листяних лісів помірного поясу. Вони «споріднені» чорноземам, але містять у собі менше перегною.
4. Чорноземні ґрунти трав'яних степів помірного клімату. Найкраще розвиваються вони на мергелисто-суглинкових породах, які містять велику кількість карбонатів.
5. Пустинно-степові ґрунти або ґрунти сухих степів (каштанові і бурі ґрунти за Докучаєвим). Це ґрунти полинових степів і подібних до них.
6. Еолово-лесові ґрунти центральних континентальних областей материків (у нас — ґрунти Середньої Азії і східної частини Закавказзя).
7. Латеритні ґрунти тропічних і субтропічних країн з жарким і вологим кліматом (у нас — ґрунти чайних районів Західної Грузії).

Як бачимо, на ґрунтоутворення і властивості ґрунту впливає не тільки клімат: у різних частинах чорноземної смуги (зони) клімат неоднаковий; разом з тим при однаковому кліматі межа, яка проходить між чорноземом і підзолистими ґрунтами, місцями дуже різка. Причина — відмінність у материнських породах: чорнозем розвивається на породах, багатих вапном (карбонат кальцію), тоді як підзолисті ґрунти, головним чином, на безкарбонатних породах.

Утворення солончаків і солонців зв'язане з засоленням материнської породи. Там, де діяльність рік або льодовикових потоків залишила піщані наноси, підзолисті ґрунти проходять по них далеко вглиб чорноземної смуги.

Так само різко впливає на ґрунтотворення і рельєф, його зміни на невеликих відстанях: знижені місця в умовах одного й того ж

клімату дістають більше вологи, а разом з тим і інші умови для важливого фактору ґрунтотворення — рослин і розвитку зв'язаних з ними мікроорганізмів. Зволоження і прогрівання буває неоднакове на високих, рівних місцях і низинах, на схилах різної експозиції (північних, південних, західних і східних). Тому ґрунтовий покрив міняється залежно від рельєфу і мікрорельєфу, що, як відомо, змінюються інколи у межах навіть окремих полів, не кажучи вже про колгоспи, радгоспи і цілі райони.

Ці зміни вимагають повсякденної уваги при вирощуванні високих урожаїв; однакові умови рельєфу підказують і відмінність заходів — не тільки у способах проведення польових робіт, але й у їх календарі, тобто розподілі в часі.

Ґрунт, як і інші природні явища, розвивається в часі. Через те вік ґрунту, тобто тривалість діяння усіх зазначених факторів ґрунтотворення у їх сукупності і взаємному зв'язку, впливає на його якість. Ґрунти можуть бути молоді і не цілком розвинені, а можуть бути зовсім сформовані.

Нарешті, людина не тільки використовує ґрунти, але й змінює їх. У міру розвитку людського суспільства і зростання продуктивних сил вплив людини на ґрунт чимраз зростає. Разом з тим ґрунт потрапляє у дедалі більшу залежність від господарської діяльності людини, все більш стає продуктом її праці. Зрозуміло, що вплив людини на зміни, внесені нею у ґрунт, так само неоднаковий у різних фізико-географічних умовах, на різних материнських породах, під різним рослинним покривом. Змінюючи природний ґрунтовий покрив, людина створює нові культурні види ґрунтів.

Особливо великий вплив людини на ґрунт в умовах зрошування або осушування, при вирощуванні інтенсивних культур, які вимагають великої затрати праці, зв'язаної з корінною зміною фізичних і хімічних властивостей ґрунту через глибокий обробіток і внесення добрив. У городництві, наприклад, людина створює зовсім новий ґрунт. У гірських місцевостях Кавказу, Середньої Азії, на коралових островах Тихого океану землеробство розвивається на ґрунтах, привезених з інших місць і нанесених на тверді кам'яні породи.

#### СКЛАДОВІ ЧАСТИНИ, ВЛАСТИВОСТІ І ПОХОДЖЕННЯ ҐРУНТІВ

З чого складається «тіло» або «маса» ґрунту? Покладімо невелику кількість ґрунту у фарфорову чашку і накриємо його холодним годинниковим склом. При обережному нагріванні ґрунту на склі з'являться краплинки води. Це значить, що навіть сухий на вигляд ґрунт складається з твердої речовини і затриманої ним води.

Прожарюючи ґрунт на полум'ї, ми побачимо, що він спочатку почорніє, а потім швидко почне світлішати; це відбувається тому,

що перегній, який міститься в ньому, спочатку обвуглюється, згоряє і, нарешті, після обпалювання лишається (від суглинкового ґрунту) червонуватий, схожий на цеглу, залишок. Звідси робимо висновок, що ґрунт складається з горючої органічної частини (перегній або гумус) і негорючої — мінеральної.

У різних ґрунтах буває різна кількість органічної і неорганічної (мінеральної) частин ґрунту. Крім того, між частинками сухого ґрунту є й повітря. Кожна з зазначених вище частин ґрунту має своє значення для його властивостей і про кожну з них доведеться говорити окремо. Ґрунт — трифазна система, у ньому завжди є тверда фаза, між частинками й грудочками якої у різних співвідношеннях містяться повітря й вода.

### МЕХАНІЧНИЙ СКЛАД ҐРУНТУ

З повсякденної практики ми знаємо відмінності між різними ґрунтами. Глинисті ґрунти — важкі, холодні; піщані, навпаки, — легкі й теплі. Глинисті ґрунти у мокру погоду дуже в'язкі, піщані у сухому стані сипкі, і частки їх ми легко відчуваємо поміж пальцями. Залежно від вологості глинисті ґрунти можуть бути у трьох станах: у сухому вони тверді, при зволоженні стають спочатку пластичними, а при збільшенні води — рідкими; вони мало пропускають воду і, навпаки, сильно її затримують. Піщані ґрунти в сухому стані сипучі, а в мокрому — рідкі.

Проте і глинисті ґрунти не цілком складаються з самих лише глинистих часток (див. нижче). Відомо, що на суглинкових ґрунтах, навіть на чорноземі, після дощу, по шляхах, там, де протікали струмочки води, залишаються сірі смужки — піщанисті або пилуваті частки, яких вода не змогла знести, тимчасом як вона чисто вимила легкі частки перегною й глини.

На перший погляд ґрунт здається цілком однорідним. Виділити глинисті, піщанисті й пилуваті частки його можна і в лабораторних умовах. Робиться це з допомогою механічного аналізу ґрунту. Внаслідок простих механічних операцій ґрунт розподіляється за величиною часток на так звані фракції. Їх можна зважити і, отже, визначити механічний (гранулометричний) склад ґрунту. За класифікацією В. Р. Вільямса, частки ґрунту по своїй величині діляться на такі групи: (див. табл. на 25 стор.).

Не беручи до уваги камінців і хрящів, ґрунт можна розбити на три головні фракції: пісок, пил і мул (глину). З повсякденного життя добре відомі властивості піску і піщаних часток — пухкість, сипкість, водонепроникність, нездатність злипатися, так само як і протилежні властивості глинистих часток — зв'язність, в'язкість, пластичність, непроникність для води і інші. Практичні господарі звичайно визначають ґрунт, розтираючи його пальцями;

якщо відчуваються піщинки, ґрунти називають супіщаними, якщо ні — суглинковими або глинистими.

Назва часток	Діаметр часток, мм
Камінці . . . . .	більший 10
Хрящ . . . . .	від 10 до 3
Пісок крупний . . . . .	» 3 » 1
Пісок середній . . . . .	» 1 » 0,5
Пісок дрібний . . . . .	» 0,5 » 0,25
Пил піщаний . . . . .	» 0,25 » 0,05
Пил крупний . . . . .	» 0,05 » 0,01
Пил середній . . . . .	» 0,01 » 0,005
Пил дрібний . . . . .	» 0,005 » 0,001
Мул (глина і перегній) .	менший 0,001 або 1 $\mu$ (мікрон)

Проте може бути й так, що в ґрунті не знайдено піщаних часток, їх не можна відчутися між пальцями і разом з тим у ньому немає й тих найдрібніших глинистих часток, які надають ґрунтам властивості глинистих, тобто у ньому переважають пилуваті частки. Відмінності між цими трьома групами часток — піщанистими, глинистими й пилуватими — різко позначаються і на властивостях самих ґрунтів, до складу яких вони входять. Однією з властивостей глини, наприклад, слід вважати її здатність довго залишатися у скаламученому стані, тоді як пилуваті частки, не кажучи вже про піщані, більш або менш швидко осідають у воді.

У чому ж основні причини відмінності між властивостями глинистих часток, з одного боку, і піщаних та пилуватих, з другого? З цього приводу є дві думки. Одна з них сходиться до того, що з усякого матеріалу, з перших-ліпших мінералів, подрібнивши їх, можна створити глинисті частки з специфічними їм властивостями; інша ж, більш правильна, думка підкреслює якісну відмінність між ними. Та інакше й бути не може, бо зі зміною кількісних показників — розміру часток — повинна мінятися і їх якість. Разом з тим і мінералогічний склад глини та піску відмінний, неоднакові мінерали, які в них містяться.

### МІНЕРАЛЬНА ЧАСТИНА ҐРУНТУ І ЇЇ ПОХОДЖЕННЯ

Мінеральна частина ґрунту походить з материнських порід, на яких вона утворилася в процесі вивітрювання.

Звідки ж узятися піщинки, пилінки, частки глини, які містяться в ґрунтах? Звернувшись до геології, побачимо, що повсякденний досвід неправильно орієнтує нас щодо складу земної кори, зокрема верхньої її частини. Виявляється, що ті більш або менш

пухкі породи — піски, глини, суглинки тощо, які ми бачимо, складають (разом із сланцями й іншими метаморфічними породами) тільки 5% всієї земної кори, причому з них лише 1% припадає на глину; інші ж 95% — це твердий кристалічний фундамент — граніти й подібні до них масивні кристалічні породи.

Цей «фундамент», як видно з геологічної карти, виходить на поверхню у Карело-Фінській РСР і в Фінляндії. Під Ленінградом він заходить униз на глибину до 200 м, під Москвою вкривається шаром наносних порід товщиною 1652 м, а в Туймазах (Башкирія) — 1738 м. В районі ж Курської магнітної аномалії кристалічні породи знову піднімаються до поверхні землі до 200 м, а в районі так званої «Воронізької глиби» — навіть до 60 м. Далі на південь, на Україні, з північного заходу на південний схід простягається колосальний (понад 600 км довжиною і більше 100 км шириною) український кристалічний масив, складений гранітами, гнейсами і іншими кристалічними і метаморфічними породами.

Твердий кристалічний фундамент із твердокам'яних порід — гранітів і подібних до них — підходить близько до поверхні землі, прикриваючись лише тонким наносом більш пухких осадочних порід, так само на Уралі, на Кольському півострові, в горах Казахстану, Середньої Азії, Алтаю. Він захоплює значну частину Східного Сибіру і Далекосхідного краю, Чукотського півострова; Камчатки, Криму і Кавказу. Цей твердий кристалічний фундамент являє собою зовнішню оболонку земної кори. Гірські породи, що складають його, здебільшого представлені гранітами — то червоними, рожевими, то сірого кольору. Гранітна оболонка являє собою тільки незначну частину всього тіла землі. З неї доступні для вивчення лише кілька десятків кілометрів. Як показують сучасні дані геофізики, гранітна оболонка надзвичайно потоншується під океанами. Дно Атлантичного океану підстиляється лише тонким покривом, під яким залягає базальтова постіль. Вона ж утворює і дно Тихого океану.

Земна кора складена гірськими породами, що відрізняються одна від одної як своїм мінералогічним складом (мінерали — природні хімічні сполуки), так і фізичними властивостями.

Розрізняють такі найголовніші групи гірських порід:

I. Масивнокристалічні, або магматичні, що походять від затвердіння вогнянорідкої магми, з якої складалася до охолодження вся наша планета. Найтиповішими представниками цих порід є граніт, діабаз, порфір, базальт і інші.

II. Осадочні породи, що походять від зруйнування масивнокристалічних порід з наступним відкладенням їх продуктів водою, льодом і вітром. Так утворюються галечники, щебінь, гравій, піски, глини, які являють собою уламки порід і нерозчинні продукти їх вивітрювання; розчинні ж продукти дають хімічні осади (кам'яна сіль, гіпс, вапняки, доломіти, мергелі).

Організми, які живуть у воді (переважно морські), споживають розчинені в ній речовини і після своєї смерті внаслідок великого скупчення утворюють органігенні породи (вапняки, крейду, черепашиники, трепел, інфузорну землю тощо).

Розчинні речовини іноді цементують уламкові (кластичні) породи, утворюючи щільні конгломерати (якщо уламки обкатані) і брекчії (якщо уламки вугласті), пісковики (залізисті, кременисті, вапнякові та інші).

III. Метаморфічні породи, які утворюються з осадочних порід під впливом тиску і високої температури, наприклад, з вапняку — мармур, з пісковика — кварцит; сюди ж належать сланці (глинисті, слюдяні, покривельні) і гнейс, який відрізняється від граніту лише своєю шаруватістю.

Гірські породи — витвір геологічної історії землі, яка ділиться на ери (архейську, археозойську, палеозойську, мезозойську і кайно- або неозойську), періоди, епохи, віки; відповідно до цього утворені за даний етап історії землі відклади мають назву груп, систем, відділів і ярусів.

Ми живемо у четвертинний період (післятретинний або плейстоцен), в післяльодовикову верхньочетвертинну епоху.

У протилежність новітнім — «наносним» — відкладам четвертинного періоду покриті ними більш давні породи звуться «корінними». Звичайна геологічна карта дає нам картину розподілу цих «корінних» порід, яку ми побачили б, якби зняти «нанос».

У масивнокристалічних породах помітні більш або менш виражені кристали різного зовнішнього вигляду, різного кольору, з неоднаковим блиском і неоднаковою твердістю. Ці кристали і являють собою різні мінерали, які входять у склад головніших порід твердого кристалічного фундаменту.

У гранітах насамперед впадає в очі безбарвний мінерал з масним блиском і раковистим зломом — це кварц ( $\text{SiO}_2$ ), найбільш поширений мінерал земної кори, який дає у пустотах порід і жилах прекрасні кристали гірського кришталю.

Найважливішою складовою частиною гранітів є польові шпати, типовий представник яких — ортоклаз — буває різного кольору, починаючи від білого, жовтуватого до червоного або бурого. Хімічним складом — це калійна сіль алюмокремнієвої кислоти —  $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$ . До цієї ж групи мінералів належать плагіоклази — вапняково-натрієві польові шпати: альбіт —  $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$  і анортит —  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ . У природі найчастіше трапляються суміші цих мінералів звичайно жовтуватого-зеленкуватого кольору.

До складу гранітів входять також слюди: біла слюда або мусковіт —  $(\text{KH})_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  і чорна слюда або біотит —  $(\text{KH})_2(\text{MgFe})_2(\text{AlFe})_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$ .

Часто трапляються також метасилікати кальцію і магнію, які містять у собі силікати алюмінію, заліза й інших металів. Колір їх звичайно темний. Це — авгіти і рогові обманки. Потім у вигляді прекрасних золотистих кристалів кубічної форми буває тут пірит або двосірчате залізо ( $\text{FeS}_2$ ). У вивержених осадочних породах трапляється залізний блиск, за хімічним складом — окис заліза ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). У вивержених гірських породах трапляється, звичайно, у вигляді невеликих кристаликів, апатит — один із найважливіших тепер для сільського

господарства мінералів, як сировина для виготовлення суперфосфату. Величезні запаси апатиту мають нефелінові породи Кольського півострова (у Хібінах).

Важливу частину осадових гірських порід становить вапняковий шпат ( $\text{CaCO}_3$ ) у ромбодричних кристалах, які нагадують собою неначе розтягнутий за протилежні вершини куб; доломіт — сполука вуглекислого кальцію і вуглекислого магнію ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ); гіпс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), який буває в осадових породах як у вигляді суцільних мас, так і окремих кристалів. У землистих масах залягає каолінит, або біла глина — найчастіше білого, іноді сіруватого кольору (алюмокремнійова кислота  $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ); це — продукт руйнування польових шпатів і метасилікатів.

На окремих виходах вивержених гірських порід можна пересвідчитися, що вони являють собою не випадкові суміші тих або інших мінералів, а цілком закономірні їх сполучення. Від характеру цих сполучень залежить вигляд гірської породи, її фізичні властивості, цінність у техніці, а також хімічний склад і промислове значення. Властивості гірської породи значно впливають також на ґрунтоутворні породи, що виникають, як відомо, внаслідок їх вивітрювання.

Залежно від умов походження тієї чи іншої частини земної кори змінюється і її хімічний склад. Щоб показати ці відмінності, наведемо аналізи двох типових порід — граніту й діабазу\*.

Таблиця 1  
Хімічний склад гірських порід  
(за Лучицьким)

Сполуки	Граніт з Яблонового хребта	Діабаз з о. Сахаліну
$\text{SiO}_2$	74,03	47,42
$\text{Al}_2\text{O}_3$	13,60	13,95
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,09	3,80
$\text{FeO}$	0,95	9,04
$\text{MgO}$	0,15	8,02
$\text{CaO}$	0,30	13,06
$\text{Na}_2\text{O}$	3,71	2,18
$\text{K}_2\text{O}$	2,14	0,26

У граніті багато незв'язаного кремнезему — кварцу, ортоклазу (калійного польового шпату); навпаки, діабаз бідний на кварц і ортоклаз, багатий на анортит — вапняковий польовий шпат (плагіоклаз).

Ми бачимо, що як мінералогічним, так і хімічним складом граніти і діабаз різко відмінні. За вмістом кремнекислоти граніт стоїть на першому місці, тому його зараховують до так званих кислих порід. Крім того, він містить значну кількість калію і частіше натрію, невелику кількість вапна й магnezії, тимчасом як діабаз при значно меншому вмісті кремнекислоти має багато окису заліза, магнію й кальцію, це — основна порода. Відмінності ці відіграють істотну роль при утворенні ґрунтів, бо продукти вивітрювання основної породи діабазу багаті на вапно, а граніти, навпаки, дуже бідні на них.

\* На геологічній карті вони позначені різними кольорами: перший — рожевим, другий — темнозеленим.

Хімічний склад оболонок земної кулі

Таблиця 2

Елементи	Хімічний склад (в процентах)			Разом атмосфера, гідросфера і літосфера
	Літосфера (до 16 км)		Гідросфера	
		або		
Кисень . . . . .	46,46	SiO <sub>3</sub>	59,08	49,20
Силіцій . . . . .	27,61	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,23	25,67
Алюміній . . . . .	8,07	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,10	7,50
		FeO	3,72	—
Залізо . . . . .	5,06	MgO	3,45	4,71
Магній . . . . .	2,07	CaO	5,10	1,93
Кальцій . . . . .	3,64	Na <sub>2</sub> O	3,71	3,39
Натрій . . . . .	2,75	K <sub>2</sub> O	3,11	2,63
Калій . . . . .	2,58	P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,285	2,40
Водень . . . . .	0,14	—	10,67	0,87
Титан . . . . .	0,62	—	—	0,58
Вуглець . . . . .	0,09	—	0,02	0,08
Хлор . . . . .	0,05	—	2,07	0,19
Бром . . . . .	0,000	—	0,08	0,01
Фтор . . . . .	0,03	—	—	0,03
Фосфор . . . . .	0,12	—	—	0,11
Сірка . . . . .	0,06	—	0,09	0,06
Марганець . . . . .	0,09	—	—	0,09
Барій . . . . .	0,04	—	—	0,04
Стронцій . . . . .	0,02	—	—	0,02
Азот . . . . .	—	—	—	0,03
Усі інші елементи . . . . .	0,50	—	—	0,47
Разом . . . . .	100,0		100,0	100,0

З таблиці 2 видно, які запаси хімічних елементів (в тому числі пануючих) є в оболонках земної кулі. У земній корі переважають дев'ять елементів: O, Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, H\*.

#### ПРОЦЕСИ ВИВІТРЮВАННЯ\*\*

Гранітні і інші масивні кристалічні породи рідко бувають материнськими породами для ґрунтів. За винятком деяких гірських районів ґрунти звичайно утворюються на осадових мате-

\* Якщо говорити про хімічні запаси оболонок земної кулі, доступних нашому дослідженню, то їх маси можна визначити такими величинами:

а середній склад вивержених порід:	
Атмосфера . . . . .	0,03%
Гідросфера (океани) . . . . .	6,58%
Літосфера до глибини 16 км—	93,39%
	100,00%
Кварц . . . . .	12%
Польові шпати . . . . .	60%
Авгіти й рогові обманки . . . . .	18%
Слюда . . . . .	4%
Інші . . . . .	6%

\*\* Термін «вивітрювання» надалі визначатиме сукупність усіх процесів, які викликають руйнування гірських порід.

ринських породах, які виникли внаслідок руйнування кристалічного фундаменту і відкладення водою, вітром і льодом. Це руйнування можна спостерігати всюди, де тільки граніт виходить на поверхню землі і вивітрюється під впливом метеорологічних факторів.

У ярах і балках можна побачити поряд з гранітом, який нещодавно вийшов на поверхню, і різні стадії його руйнування. При цьому свіжі блискучі мінерали граніту з часом темніють, колір їх змінюється, і масивні скелі перетворюються на сипучу масу, яка потім підпадає під дію текучої води, що виносить дрібніші частки і залишає на місці пісок. Ця зміна граніту, руйнування його і являє собою процес *вивітрювання*.

Що ж змінюється при цьому? Граніт, як ми бачили, складається переважно з польових шпатів, кварцу, рогових обманок, слюди й інших мінералів. У процесі руйнування граніту кварц випадає з нього без особливих змін і дає кварцевий пісок. Доля польових шпатів інша — вони зазнають не тільки фізичного руйнування, але в корені змінюють свій хімічний склад, перетворюючись на глину.

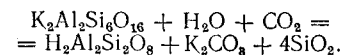
Причинами руйнування масивної гірської породи є фізичні фактори — зміни температури, нагрівання і охолодження породи, а також хімічні і біологічні фактори. На одноколірні породи зміна температури менше впливає; породи ж, які складаються з світлих і темних мінералів, — більше. Під впливом нерівномірного нагрівання й охолодження, а також різного збільшення й зменшення об'єму різних мінералів внаслідок неоднакового коефіцієнта їх розширення масивна порода вкривається цілою сіткою найтонших тріщин, куди згодом попадає вода. Замерзаючи, вода доповнює справу руйнування, розриваючи породу так само, як розриває наповнену водою і залишену на морозі посудину. Крім того, воді властиве «розклинююче» діяння; проникаючи у найтонші щілини, вона розширює їх, і тим самим допомагає руйнуванню твердої породи. Під впливом *фізичного вивітрювання* порода розбивається на дрібні частини, розкришується, її питома поверхня надзвичайно збільшується і вона стає більш доступною діянню води, вугільної кислоти і кисню повітря. З цими останніми зв'язане вже *хімічне вивітрювання*.

Основним фактором вивітрювання є вода, хоч хімічно вона являє собою нейтральне тіло: вона ні кислота, ні луг. Проте молекули води у певній мірі дисоційовані і містять у собі те, що властиво і кислоті і лугу — тобто іони  $H^+$  і  $OH^-$ .

Основною рисою лугу є вміст у ньому гідроксильної групи ( $OH$ ), для кислоти ж характерна здатність відщеплювати від себе іон водню ( $H$ ). Вола при температурі  $22^\circ$  уже дає на 1 літр  $10^{-7}$  грамів іона водню, інакше кажучи, 1 грам-іон  $H$  на  $10^7$  літрів води, тобто 1 грам-іон  $H$  припадає на 10 мільйонів літрів води. Як відомо, в одному літрі міститься 55,56 грам-молекули

$H_2O \left( \frac{1000}{18} \right)$ , тому з кожних 556 мільйонів молекул одна підлягає електролітичній дисоціації. А що 1 грам-молекула усякої речовини містить  $6,2 \cdot 10^{23}$  молекул (число Лошмідта), то виявляється, що на один літр води припадає  $6,2 \cdot 10^{23} \cdot 10^{-7} = 6,2 \cdot 10^{16}$ , а на один кубічний мілілітр —  $6,2 \cdot 10^{10}$  іонів  $H^+$  і стільки ж іонів  $OH^-$ . Цей розпад — дисоціація води — збільшується з підвищенням температури таким чином, що, наприклад, при  $18^\circ$  він уже в 2,4 рази більший, ніж при  $0^\circ$ ; при  $34^\circ$  — у 4,5 рази, а при  $50^\circ$  — у 8 разів більший, ніж при  $0^\circ$ . Тим-то процеси руйнування, вивітрювання кристалічних порід під тропіками, де ніколи не буває морозів і середня річна температура висока —  $30^\circ$ , у 20 разів сильніші, ніж за полярним колом.

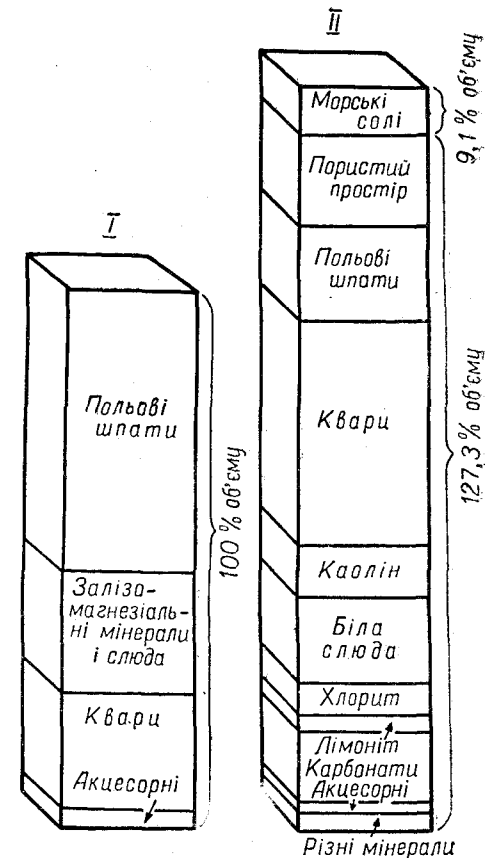
Проте зовсім незначна кількість водневого іона, що відщеплюється від води, не могла б зробити великих змін у мінералах, коли б це була чиста вода, але в ній завжди є вуглекислота. Хоч це і надзвичайно слаба кислота, проте вона надзвичайно впливає на породи, зв'язуючи іони  $OH^-$ , які відщеплюються від води, і таким чином все нові й нові молекули води можуть розпадатися і давати активний іон водню — фактор хімічного вивітрювання. Реакцію руйнування польового шпату — ортоклазу — схематично можна написати так:



Внаслідок вивітрювання польового шпату утворюється, по-перше, *глина\**, — прямий продукт вивітрювання і розчинні продукти, які виносяться, вилугуюються водою. Співвідношення цих обох частин видно з мал. 2.

Розглядаючи відслонення вивітрюваних порід, ми бачимо, що справа не обмежується лише діянням хімічних і фізичних факторів. Слідом за ними і одночасно з ними починає діяти *біологічний* фактор вивітрювання: на скелях і в каменоломнях поверхня порід

\* Можливо, що спочатку від молекули алюмосилікату відщеплюються окиси  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  і  $SiO_2$ , які потім сполучаються, утворюючи, таким чином, глину — продукт синтезу.



Мал. 2. Схема вивітрювання ґрунту:  
I — неаруйнований граніт; II — продукти вивітрювання.

вкривається лишайниками, мохом, водоростями і бактеріями, які сприяють ще більшому руйнуванню породи, виділяючи, крім вуглекислоти, ще й інші кислоти (наприклад, щавлеву кислоту). Таким чином, вони посилюють руйнування мінералів, що входять до складу породи.

Розчинні продукти вивітрювання вилугуюються дощами і сніговими водами у ґрунтові води, а звідси в ріки і, нарешті, в моря.

Склад річкової води відбиває в собі процеси вивітрювання таким чином (в середньому для найголовніших рік світу): 1 літр річкової води містить від 0,05 до 1,60 грама різних солей. Із них карбонатів 60,1%, сульфатів — 9,9%, хлоридів — 5,2%, інших ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$  і органічних сполук) — 24,8%.

Морська вода містить у собі різну кількість солей у різних морях: у Чорному до 1,8%, у Балтійському — 1,3%, у Каспійському — від 0,7 до 1,3%, у затоці Карабугаз — 16,4%, у Перекопських озерах — 32,9%, у воді океану 3,5%. Хімічний склад цих солей вже інший: хлористого натрію в них 77,8%, хлористого магнію — 10,8%, сірчаноокислого магнію — 4,7%, сірчаноокислого кальцію — 3,6%, сірчаноокислого калію — 2,5%, бромистого магнію — 0,22% і вуглекислого кальцію — 0,33%. Як видно з мал. 2, у процесі вивітрювання відбуваються чималі втрати хімічних сполук, у тому числі й потрібних для живлення рослин.

Разом з тим процес вивітрювання з господарського погляду має й позитивні сторони: адже у суцільну компактну масу кристалічних порід коріння рослин не змогло б проникнути; вивітрювання ж, перетворюючи щільну породу у крихку пористу масу, створює шляхи для поширення кореневої системи рослин. Крім того, перетворюючи зовсім нерозчинні у воді і слабо розчинні навіть у сильних кислотах мінерали в порівняно легко рухомі сполуки (див. далі про склад глини), процеси вивітрювання тим самим готують ґрунт для живлення й зростання вищих рослин.

Доводиться також звернути серйозну увагу на втрати цінних для сільського господарства хімічних елементів, які при цьому відбуваються: втрачаються не тільки натрій і кальцій, втрачається цінний калій, фосфор і інші елементи, потрапляючи в загальний геологічний цикл\*. Правда, вони не зникають з загального обороту, але на найближчий час, на який складаємо свої господарські плани (при сучасній техніці), вони стають недоступними для нас і становлять «прямі втрати» процесів вивітрювання.

Ці втрати відбуваються не тільки при вивітрюванні твердих кристалічних порід, але також і при вивітрюванні глин, пісків і ґрунтів. Відбуваються вони повсякчас. Тому питання про боротьбу з ними повинно цікавити нас. Перешкодою на шляху збільшення цих втрат є біос — рослинний покрив, який засвоює розчинні продукти вивітрювання.

Не маючи змоги повністю зупинити цей геологічний потік важливих для сільського господарства елементів, ми повинні поставити на його шляху відповідні біологічні «загороди». Це — куль-

\* Великий круговорот речовин у природі.

турні луки, інтенсивні культури у річкових долинах (городні рослини, рис, технічні культури), а також рибництво. Морські рибні й звіробійні промисли також сприяють поверненню розчинних сполук на суходіл. Попадаючи в біологічний, або малий круговорот речовин, важливі для сільського господарства хімічні елементи закріплюються в поверхневих шарах ґрунту.

**Пісок і глина.** Із сказаного вище видно, що в результаті вивітрювання утворюються часточки піску, гилу, глини. Коріньна відміна між піском і глиною полягає в тому, що пісок (кварцовий) походить від хімічно незміненого кварцу, який міститься у первинних кристалічних породах (з порівняно невеликою домішкою незмінних у процесі вивітрювання уламків польового шпату, слюди й інших мінералів), тоді як глина — продукт складних хімічних змін алюмосилікатів і силікатів, причому, крім каолініту, в ґрунтах кінцевого продукту вивітрювання дуже поширені інші глини — результат вторинного синтезу нових мінералів — продуктів розпаду (монтморилоніт, іліт, бейделіт і інші).

Проте не всюди процеси вивітрювання призводять до утворення глини і до тих втрат, про які уже було сказано; вони бувають тільки при хімічному вивітрюванні, для якого потрібна вода, як неодмінний його фактор. Тимчасом є райони, які відчувають велику нестачу води, як це буває у пустинях, або ж там, де вода більшу частину року перебуває у стані льоду. Хімічним фактором вода може бути тільки в рідкому стані. Через те у полярних країнах і, особливо, в пустинях середніх і тропічних широт у руйнуванні гірських порід тепер беруть участь найбільше фізичні фактори вивітрювання. Результати цього надзвичайно цікаві. Кристалічні породи, вивітрюючись у пустинних умовах, розсипаються, утворюючи пухкі маси у вигляді піску, який вільно переноситься вітрами.

У Середній Азії трапляються сірі й червоні піски, своїм кольором близькі до тих кристалічних порід, з яких вони утворилися. Легко бачити, що ці пустинні піски різко відмінні від пісків більш вологих районів, а надто пісків підзолистої зони, які складаються з більш-менш чистого кварцу. Через сухість клімату і незначну участь хімічного вивітрювання розпад мінералів, які входять до складу первинних порід, тут буває надзвичайно малий. Втрати при вивітрюванні теж невеликі: піски містять у собі майже увесь запас поживних речовин, що був у первісній породі. Для повної родючості цих пісків у них не вистачає азоту, почасти фосфору і, головню, води. Тому природно, що при зрошуванні, в результаті якого посилюються процеси хімічного вивітрювання і в ґрунті нагромаджуються азот і фосфор, на таких ґрунтах одержують величезні урожаї найцінніших культур. Отже, відмінність у характері вивітрювання первинних порід уже сама по собі надзвичайно впливає на господарські властивості ґрунтів, які утворюються з їх руйнування.

## ОСАДОЧНІ ПОРОДИ

Материнською породою порівняно рідко бувають безпосередньо продукти вивітрювання масивнокристалічних або метаморфічних порід. У переважній більшості випадків ґрунти утворюються на осадочних породах, які являють собою продукти діяльності води, льоду або вітру. 75% поверхні суші вкрито осадочними породами, багато разів перевідкладеними продуктами вивітрювання, яке, в основному, відбувалося ще в докембрії.

З геологічної карти європейської і азійської частин СРСР видно, що на ній дуже строкато змінюють одна одну плями різного забарвлення, витягнуті у різних напрямках. Вони відзначають осадочні породи, неоднакові за часом свого походження. Зводячи ці плями й смуги в певну систему, геологи встановили залежність між ними й шляхи їх походження.

Ці осадочні відклади, які залягають у певній послідовності, являють собою наче гігантські аркуші, на яких написана історія землі за сотні мільйонів і мільярди років, — з того часу, коли на прохолодній її поверхні почали діяти вода й атмосфера. Вони неоднакові своєю товщею і складом, містять різні рештки вимерлих морських, прісноводних і наземних тварин, які є свідченням часу й умов їх походження (море або суша, клімат).

Так, під Москвою ми знаходимо як вапняки з своєрідними відбитками (ядрами) черепашок, так і чорні глини з прекрасними перламутровими відтінками величезних черепашок — амонітів, «чортові пальці» у крейдяних відкладах — белеміїти, тощо.

Рештки організмів, які знаходять в осадочних породах, тим більше відрізняються від сучасних, чим давнішого походження шари осадочних порід. Однаковість решток викопних організмів свідчить не лише про однакові умови утворення, але й про однаковий вік геологічних відкладів.

Плями, що вкривають геологічну карту нашої країни, у більшості відповідають поширенню відкладів, залишених колишніми морями. Зв'язуючи окремі плями, геологи встановили також і поширення цих морів. Моря займали то широтний, то довготний напрям, пересуваючись по значній частині території Союзу, нагромаджуючи нові й нові осади на більш стародавні, аж доки теперішня територія Радянського Союзу не почала звільнятися від моря, аж доки море не відійшло у теперішні його межі.

Моря, перероблюючи продукти вивітрювання масивних кристалічних і метаморфічних порід, роздрібнюючи їх своїм прибоєм, розміщують те, що з цього утворюється або приноситься річками, за величиною часток на тій або іншій відстані від берега. Через те в зоні прибою лишаються нагромадження каміння, галечники, піски, чим далі дрібніші, нарешті глини. Це — відклади прибережної (до 250 км від берега) смуги. Далі йдуть відклади глибоковод-

ної зони — мул, який утворився з шкаралупок (скелетів) мікроскопичних організмів (радіолярієвий, діатомовий і інші) і, нарешті, найдрібніша червона глина, яка тонким шаром вкриває найглибші ділянки дна океанів. Отже, з характеру відкладів можна зробити висновки про те, на якій глибині вони в свій час утворилися.

Проте море — не тільки механічний фактор руйнування й відкладання продуктів руйнування. В морі розвивається б у й не ж и т т я, носії якого — рослинні і тваринні організми; вбираючи з морської води сполуки хімічних елементів, які бувають там інколи в надзвичайно малих концентраціях, вони скупчують їх у своєму тілі, а після смерті збагачують цими елементами відклади, у яких містяться.

Так концентрується, наприклад, вапно, яке споживають морські організми на побудову своїх шкаралупок-оболонки і кісток. Так само вбирають організми і фосфати морської води, які через мільйони років після смерті тварин і відходу з даної території моря знаходять в осадочних відкладах у фосфоритах, що містять у собі більшу або меншу кількість фосфорної кислоти, і становлять сировину для виготовлення фосфатних добрив — фосфоритної муки й суперфосфатів. Концентрується в організмах і такий рідкісний елемент, як ванадій, не кажучи вже про мідь, залізо, марганець, магній, йод, сірку, а тим більше кремній, що входить у панцир цілої великої групи морських організмів, тощо.

Ці організми залежно від глибини моря, властивостей його води і кліматичних умов дуже різноманітні, а в зв'язку з цим різноманітні й ті породи, в утворенні яких вони брали участь: наприклад, відомі всім підмосковні вапняки, білгородська крейда тощо.

Коли море відступало, а територія під ним осушувалася, на поверхню землі послідовно виступали наноси, що являли собою продукти вивітрювання масивних кристалічних і метаморфічних порід, знесені з материків, а також змінені діяльністю води й морських організмів і перевідкладені морем.

У зв'язку з особливостями кристалічних порід, що дали початок осадочним породам даного району, з діяльністю моря, що переробляє продукти вивітрювання цих порід, з вибіркою здатністю морських організмів, завдяки якій вони могли концентрувати у своєму тілі інколи дуже рідкісні елементи, на поверхні нашої країни відкладені породи різного механічного та геохімічного складу. Ці породи в різній мірі забезпечені тими чи іншими біологічно важливими елементами, що мають більше або менше значення для дикої і культурної рослинності, для тварин і харчування людства.

Внутрішні сили, які висунули на поверхню ті або інші частини глибинних шарів землі, море, вітер, текуча вода й льодовики, що перероблювали продукти руйнування цих порід, біологічний перерозподіл нагромаджених у них сполук є основною причиною



скупчення корисних копалин і елементів, потрібних для рослин і тварин, на одних ділянках нашої країни і відсутності їх на інших.

Ділянки земної поверхні, що звільнилися від моря і вийшли на поверхню землі, зазнавали, як і тепер зазнають, діяння вітру, текучої води, а у відповідних випадках і льоду. Ріки, протікаючи певною територією і збираючи у себе воду з великих водозборів, є надзвичайно важливим фактором переробки відкладів на поверхні землі, — однаково, якого б походження вони не були.

Неоднакова швидкість води у ріці — не тільки у різних ріках, але і в різних частинах течії однієї й тієї ж ріки — призводить до того, що вода переносить і відкладає у своєму річищі і в річковій долині частки різних розмірів, сортує їх. Зокрема, для річок наших широт характерне щорічне чергування наносів, а звідси і шаруватість їх. Ця шаруватість пояснюється тим, що навесні вода наносить крупніші частки, а влітку, коли вона спадає і сила її зменшується, відкладаються дрібніші частки; виникають щорічні шари, по яких можна визначити вік цих відкладів. Розливаючись на широкому просторі, річкова вода залишає там після спаду принесені нею пилуваті і глинисті частки. Озерні відклади, які утворилися внаслідок періодичного принесення водними потоками то більш, то менш крупних часток ґрунту, так само характеризуються шаруватістю.

Отже, процеси вивітрювання масивнокристалічних порід призводять до утворення піщинок, пилинок і глинистих часток. Різний перерозподіл їх завдяки діяльності води, вітру й льоду з участю організмів створює різноманітність материнських порід наших ґрунтів, їх мінеральну частину.

### ГЕОЛОГІЧНІ ВІДКЛАДИ ЯК МАТЕРИНСЬКІ ПОРОДИ ҐРУНТІВ

Геологічні відклади нас цікавлять як материнські породи наших ґрунтів. Для ґрунтоутворення важливий не вік ґрунтів, а особливості їх механічного й хімічного складу. Ось чому для агроґрунтознавства дуже корисна була б літологічна і геохімічна карта як корінних, так і четвертинних поверхневих відкладів.

Корінні породи і продукти їх руйнування в СРСР порівняно рідко виступають у ролі ґрунтоутворювачів. Вони трапляються в гірських районах, на усть-юрті, Приволзькому підвищенні, в Донбасі, Приураллі, Казахстані, або там, де післятретинні відклади змиті чи мало розвинені; в останньому випадку вони прямо або посередньо впливають на характер ґрунтоутворення.

Проте і корінні породи через підземні води часто дуже впливають на хімічні й фізичні властивості пізніших відкладів (наносів) і близьких і більш віддалених місцевостей. Так, у районах близького підстилення карбонатними породами дуже поширені карбо-

натні материнські породи; це особливо впадає в очі на Півночі (наприклад, у Кіровській і Архангельській областях). Соленість підстилаючих порід у Прикаспійській низині, Західному Сибіру і Казахстані обумовлює засолення й самих ґрунтів.

Надзвичайно характерний повсюдний зв'язок чорноземів з карбонатними породами. Більше того, всяке збільшення карбонатності і вмісту вапна в межах підзолистої зони веде до послаблення опідзоленості, до появи родючіших ґрунтів («піддубиці», «дернові» ґрунти і інші).

### ХІМІЧНИЙ СКЛАД МЕХАНІЧНИХ ФРАКЦІЙ

Різні по величині частки ґрунту мають різні й властивості і, насамперед, неоднаковий хімічний склад. Хімічний склад механічних елементів ґрунту можна бачити з таблиці 3.

Таблиця 3

Хімічний склад механічних елементів ґрунтів

Ґрунт	Розміри часток, мм	CO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Лес	<0,001	10,11	38,98	24,85	14,09	5,10	0,319
	0,005—0,01	5,29	62,21	17,34	7,65	2,03	0,226
	0,01—0,25	3,12	77,42	10,68	4,81	1,01	0,112
Підзол	<0,001	0,03	56,66	32,19	3,44	2,31	0,265
	0,005—0,01	0,00	79,12	12,29	1,23	—	—
	0,01—0,25	—	89,36	—	1,13	—	—

З таблиці 3 бачимо, що хімічний склад ґрунтових фракцій того самого ґрунту значно міняється в міру зменшення діаметра часток, з яких вони складаються. Чим крупніші частки, тим більше у них інертної сполуки — кремнієкислоти; чим дрібніші, тим багатші вони сполуками заліза, алюмінію, тим більше містять у собі вапна, магnezії, калію, натрію, фосфорної кислоти, тим багатші вони поживними речовинами, потрібними для рослин. Крім того, і якість сполук, що містяться у різних фракціях, неоднакова: у дрібніших фракціях усі сполуки більш розчинні, ніж ті ж сполуки у грубих фракціях.

Так, наприклад, розчинність однієї глини і її фракцій у HCl (концентрація 25%) була така: з усієї глини розчинилося 66,5%; з фракції 5,13—0,6 μ — 32,5%; 0,6—0,23 μ — 57%; < 0,23 μ — 92,9%. Тим-то глиниста частина ґрунту являє собою основне вмістище поживних речовин рослин і, до того ж, у більш або менш розчинній, засвоюваній формі.



Звичайно й піски не являють собою чогось цілком однорідного (крім кварцових пісків, бувають піски карбонатні, глауконітові, залістисті, марганцеві, фосфоритові, польовошпатові та інші). Агрономічні властивості усіх цих пісків далеко неоднакові, неоднакова й сільськогосподарська їх цінність.

#### ФІЗИЧНІ ВІДМІННОСТІ МЕХАНІЧНИХ ФРАКЦІЙ ҐРУНТУ

Різниця між пісками, глинами і пилуватими частками не обмежується лише хімічним складом; як ми бачили, і фізичні властивості їх далеко неоднакові. Щоб показати це, досить зробити такі прості досліди. У кілька пробірок візьмімо суспендовані в дистильованій воді глину й пилуваті частки. Через деякий час побачимо, що пилуваті частки швидко осядуть на дно пробірки, а глиниста каламуть і через добу лишиться майже в такому самому стані, в якому ми її залишили. Збовтавши пробірки знову й додавши в половину з них трохи вапняної води (розчин  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), помітимо ще одну цікаву відмінність глини від пилуватих часток. Ми побачимо, що на пилуваті частки це додавання зовсім не впливає, тимчасом, як на глину вплив його надзвичайно великий: через якусь мить після додавання вапняної води каламутність у пробірках почне збільшуватися, з'являться згустки, які розростатимуться в розмірі і незабаром осядуть на дно; каламуть цілком зникне, рідина посвітлішає і ми одержимо рухомий драглистий осад на дні й чисту прозору рідину над ним.

Ще один дослід. Візьмімо дві грудки валунної глини, яка не містить у собі вуглекислого вапна, або дві грудки солонцю — дуже тверді у сухому стані й в'язкі у вологому і до однієї з них у чашці додамо дистильованої, а до другої — вапняної води. Коли висушимо обидві грудки при звичайній температурі, то виявиться, що їх властивості будуть дуже відмінні: друга з них при натискуванні буде кришитися, розсипатися значно легше, ніж перша.

Якщо ж замісити наші зразки окремо на вапняній і дистильованій воді, то виявиться, що проба, замішена на вапняній воді, значно менше прилипатиме до пальців, ніж проба, яку замісили на дистильованій воді. Глинистий ґрунт, особливо солонець, коли його змочити водою, набрякає, помітно збільшуючись у розмірі, а при висиханні зсідается і розтріскується, чого не буває ні з піском, ні з пилуватим ґрунтом.

Своєрідність глини, яка міститься у ґрунті, зокрема в суглинках та глинистих породах, видно ще й з такого прикладу. Відомо, що глина йде на виготовлення різних виробів, передусім, цегли. Чим же відрізняється цегла від глини? Видима відмінність, що впадає в очі — це, насамперед, зміна кольору, перехід жовтого, пологового, бурого кольору в яскравочервоний колір цегли. Цікаво,

що коли цеглу розтерти в порошок і проробити з ним усі ті операції, які ми робили з глиною, то виявиться величезна різниця між ними: порошок з цегли не набрякає в воді; швидко осідає, якщо його скаламутити; не має пластичності, липкості, в'язкості — усіх тих властивостей, таких характерних для глини. Що ж змінилось? Хімічний склад в основному лишається той самий; згоріла, може, тільки органічна речовина, що була в глині, і глина втратила свою воду.

Зробивши пробу на розчинність глини й цегли в кислоті (наприклад, збовтавши глину й розтерту цеглу з розведеною соляною кислотою), ми виявимо, що, наприклад, залізо цегли значно менше розчинне в кислоті, ніж залізо глини, з якої цеглу зроблено. Це показує глибокі зміни, що відбулися у глині в процесі виготовлення цегли. А проте в основному ці зміни зв'язані з втратою води, що була в глині. Таке відношення глини до води і становить одну з характерних її особливостей.

Є цілий ряд хімічних сполук, які містять воду — так звані кристалогідрати. Наприклад, сині кристали мідного купоросу  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , де на одну молекулу купоросу припадає п'ять молекул води. Нагріваючи ці кристали, виявляємо, що кожна з п'яти молекул води, зв'язана у молекулі мідного купоросу, відщеплюється при особливій температурі, а саме: при  $105^\circ$  відщеплюються дві молекули води, при  $117^\circ$  — ще дві і, нарешті, остання молекула відщеплюється лише при  $258^\circ$ ; інакше кажучи, кожна з цих молекул має свою власну точку кипіння і крива виділення води являє собою ступінчасту, ламану лінію.

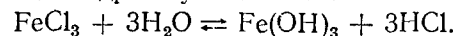
Такий хід втрати води характерний для всіх справжніх кристалогідратів. Не те буває при висушуванні глини, торфу, крохмалю, желатину, шкіри, рослинних продуктів тощо. Всі вони дають непереривну лінію без будь-яких зломів. У даному випадку між глиною й іншими згаданими вище речовинами є певна подібність, і ця подібність різко відрізняє глину від тих кристалічних речовин, про які ми говорили. Глина має ряд властивостей, характерних для колоїдів, тобто властивість у воді давати опалесценцію (каламуть), осідати (коагулюватись) при додаванні солей, нездатність проходити через фільтри тощо.

## ГРУНТОВІ КОЛОЇДИ І ЇХ ЗНАЧЕННЯ

До колоїдів належать не тільки крохмаль, яєчний білок, желатин, колоїдна кремнієва кислота, але й глини, гумус (перегній) тощо. Кремнієва кислота ( $\text{SiO}_2$ ) буває різних форм. Усі форми кремнієвої кислоти як природні, так і штучні можна розмістити у такий ряд: кремнієва кислота розчинена, драглиста, аморфні форми кремнієвої кислоти (опал, креміль) і, нарешті, кристалічна кремнієва кислота — гірський кристал. Усі ці форми зв'язані між собою поступовими переходами. Розчинна кремнієва кислота з часом осідає, утворюючи драглистий осад. Аморфна кремнієва кислота у кремені згодом переходить у кристалічну.

Так, наприклад, якщо розбити ті конкреції — камінці, які трапляються в крейдяних відкладах і вапняках, то виявиться, що їх оболонка складається з кременю, а в середині, у пустоті, викристалізувався в прекрасних кристаликах гірський кристал. Провести зміни кремнієвої кислоти в зворотному порядку, тобто перетворити драгли в розчин, без додаткових операцій уже неможливо, так само як неможливо перетворити цеглу знову на глину. У протилежність кристалічним формам кремнієвої кислоти — розчинна і драглиста її форми являють собою колоїдну кремнієву кислоту.

Ще приклад: якщо кип'ятити розчин хлорного заліза, то соломяножовтий колір його швидко перейде у червонобурий. При цьому відбудеться реакція гідролізу й виникне нова сполука:



Якщо тепер перелити цей розчин у мішечок із колоїду або пергаментного паперу і повісити його в посудину з дистильованою водою, то ми помітимо, що вода довкола мішечка стане забарвленою у жовтий колір. Це явище зветься діалізом\*. Іони заліза ( $\text{Fe}^{+++}$ )

\* Від грецького слова dialysis, що означає відділення: спосіб відділення колоїдів від справжніх розчинів. Спосіб цей, як відомо, оснований на тому, що колоїди майже зовсім не проходять через напівпроникні перепонки (колоїдний мішечок, пергаментний папір тощо).

і молекули хлорного заліза вільно проходять через напівпроникну колоїдну перепонку у дистильовану воду і забарвлюють її у жовтий колір.

Після діалізу у колоїдному мішечку залишиться тільки червонобура рідина, неспроможна проходити через його стінки, тобто сполука іншого складу й інших властивостей, ніж узята для дослідів сіль заліза. Звичайних реакцій на іон  $\text{Fe}^{+++}$  вона вже не дає.

Зате від додавання до цього розчину кількох крапель міцної соляної кислоти випадає червонобурий осад. Перед нами цілком парадоксальна картина: сполука заліза, яка не дає звичайних характеристик для іона заліза реакцій, зовсім незвично поводить себе з соляною кислотою — цим розчинником сполук заліза. Особливість одержаної нами червонобурої сполуки заліза полягає в тому, що вона не може проходити крізь стінки колоїдного мішечка, крізь які легко проникають молекули  $\text{FeCl}_3$ , соляної кислоти й іони  $\text{Fe}^{+++}$ . Це — к о л о і д н и й р о з ч и н гідрату окису заліза, а колоїдні розчини нездатні ні до діалізу, ні до дифузії.

Якщо додати до цього, що мідний купорос і хлорне залізо утворюють прекрасні кристали, а глини й гумус нездатні кристалізуватися, то відмінність між першими з них — кристалоїдами — й другими — колоїдами — стане цілком зрозумілою. Колоїди не дають кристалів, нездатні до діалізу, не дифундують; нарешті, у колоїдному стані речовини не дають реакцій, характерних для них у стані кристалоїду. Цілком очевидно, що в колоїдному розчині гідрату окису заліза немає ні вільних іонів, ні молекул. Тут частки значно більшого розміру і тому нездатні проходити крізь ті найдрібніші пори, через які проникають іони й молекули кристалоїдів. Інакше кажучи, це — частки (міцели), які складаються з дуже великої кількості молекул.

У колоїдному стані існує багато високомолекулярних речовин (білки, крохмаль і інші, а в ґрунті — гумус або перегній, глини). У чому ж відмінність колоїдних розчинів від справжніх, молекулярних розчинів, з одного боку, і від каламуті (суспензій) — з другого?

Був час, коли вважали, що колоїди й кристалоїди — це два світи матерії, між якими нічого спільного немає. Проте згодом було доведено, що між ними існує цілий ряд переходів, що це тільки різний стан речовини; виявилось, що одна з основних відмінностей між цими двома станами полягає в розмірі часток, які входять до їх складу, в ступені дисперсності (розпорошення) речовин. Так само, як у ґрунті існують частки різних розмірів, починаючи від каміння і кінчаючи найдрібнішими мулистими частками, так і тут ціла низка переходів, починаючи від часток, які можна побачити неозброєним оком, до часток амікроскопічних. Ультрамікроскоп дав змогу побачити у колоїдних розчинах частки, невидимі у мікроскоп.

Винайдення електронного мікроскопа значно поширило межі «видимості» — до кількох мілімікронів ( $m\mu$ ) — мільйонних часток міліметра.

Можна було встановити ряд переходів між справжніми молекулярними розчинами й колоїдними за розміром розчиненої у них речовини — від цілком прозорих однорідних (гомогенних) молекулярних розчинів з частками розчиненої речовини молекулярних ( $<1m\mu$ ) розмірів до гетерогенних колоїдних розчинів з діаметром часток до  $0,1\text{—}1,0\ \mu$  і, нарешті, до суспензій (каламуті) до  $0,1\text{—}100\ \mu$  ( $0,1\text{ мм}$ ).

Усі вони, як різні форми розділення — дисперсні системи — об'єднані в дві групи: гомогенні й гетерогенні розчини.

Основна й важлива для техніки, біології й ґрунтознавства відмінність гетерогенних систем — та, що між дисперсною фазою й дисперсійним середовищем існують поверхні, які їх розмежовують. Чим більше розпорошення — роздібненість речовини у дисперсних систем (при тій же самій масі), тим більше зростатиме загальна поверхня часток, які її складають. Це яскраво можна показати, якщо почати роздібнювати, скажімо, кубик будь-якої речовини, зменшуючи його ребра поступово у 10, 100, 1000 разів і т. д.; при цьому не тільки зростатиме кількість чимраз дрібніших кубиків, але й сумарна поверхня їх увесь час збільшуватиметься: разом з тим зростатиме й відношення між величиною поверхні і величиною об'єму, як це видно з таблиці 4.

Таблиця 4

Збільшення поверхні тіла при його роздібнюванні

Довжина ребра куба	Кількість кубиків	Загальна поверхня	Питома поверхня
1 см . . . . .	1	6 см <sup>2</sup>	6
1 мм = 1000 $\mu$ . . . . .	10 <sup>3</sup>	60 »	6 · 10
1 $\mu$ = 1000 $m\mu$ . . . . .	10 <sup>12</sup>	60 000 » = 6 м <sup>2</sup>	6 · 10 <sup>4</sup>
1 $m\mu$ . . . . .	10 <sup>21</sup>	60 000 000 » = 6000 м <sup>2</sup>	6 · 10 <sup>7</sup>

Співвідношення  $\frac{S}{v}$  між загальною поверхнею тіла  $S$  і його об'ємом  $v$  називається *питомою поверхнею*; вона тим більша, чим менший (для кулі) її радіус, чи ребро (для куба).

При роздібнюванні (розпорошенні, диспергуванні) будь-якого тіла збільшується не тільки загальна питома поверхня твердої фази, але й загальний периметр ребер часток і кількість кутів (для куба — тригранних).

Закономірності відповідають таким формулам (Вершинін):

$$S = 6 \left( \frac{l}{n} \right)^2 \cdot n^3 = 6l^2n;$$

$$P = 12 \frac{l}{n} \cdot n^3 = 12ln^2;$$

$$q = 8n^3;$$

де  $S$  — поверхня куба;

$l$  — ребро куба;

$P$  — периметр;

$n$  — показник дроблення;

$q$  — сума кутів.

Ці поверхні, ребра й кути, як побачимо далі, є плацдарм, на якому відбуваються найважливіші процеси ґрунтової динаміки.

З дев'яти можливих випадків сполучень дисперсійного середовища й дисперсної фази для ґрунту мають інтерес такі три можливі випадки дисперсних систем:

Дисперсійне середовище	Дисперсна фаза	Приклади
Тверде . . . . .	Рідка	Мокрий ґрунт
Тверде . . . . .	Газоподібна	Пемза, сухий ґрунт
Рідке . . . . .	Тверда	Суспензії глини, колоїдні розчини гумусу

Наведена вище схема «дисперсних систем» у свій час свідчила про успіхи в пізнанні колоїдів, бо вона перекидала місток між «двома світами» — колоїдами й кристалоїдами. Проте вона не урахувала якісної сторони явищ і через те була механістичною.

І справді, ступінь дисперсності  $\left( \frac{1}{d} \text{ або } \frac{S}{v} \right)^*$  ще не може пояснити своєрідності властивостей колоїдів: важливе взаємодіяння твердої фази з рідкою. Наприклад, взяти частки глини й графіту. Одні дають з водою суспензії, а інші — ні, незважаючи на подібність їх форм і на однаковий ступінь дисперсності. Пояснюється це тим, що глина гідрофільна, а графіт — гідрофобний \*\*.

На поверхні дуже роздібнених тіл є величезна кількість активних точок. З цими активними точками зв'язані явища, яких не буває у грубих, крупно роздібнених речовинах. Проте справа не лише у високій дисперсності ґрунтових колоїдів: поверхня часток ґрунту має деякі особливі, специфічні властивості і, перед-

\*  $d$  — діаметр частки;  $s$  — загальна поверхня;  $v$  — об'єм частки;  $\frac{S}{v}$  — питома поверхня.

\*\* Колоїди, у яких здатність ультрамікронів вкриватися оболонкою з молекул води сильно виявлена, звуться гідрофільними, у яких виявлена слабо — гідрофобними.

усім, здатність гідратуватися, тобто приєднувати до себе воду і цим обумовлювати цілий ряд явищ каталітичного характеру.

На поверхні води, як і інших рідин, існує найтонша плівка. Ця плівка має зовсім інші властивості, ніж уся рідина. Багато загальновідомих явищ підтверджує це. Наприклад, улітку можна спостерігати на поверхні води у ставках і заводях так званих «водоірок»\*. Вони бігають по поверхні води, а під їх лапками утворюються малюсінські ямки. Можна спостерігати, як личинки комарів висять у воді, причепившись до її поверхні. Ці факти безсумнівно свідчать про те, що поверхня води має якісь особливі властивості.

Ми знаємо, що рідини намагаються набути форму кулі, бо як відомо, при даному об'ємі тіла форма кулі дає найменшу поверхню. Це можна спостерігати на краплях ртуті або на краплях води, що попадають на розжарену поверхню чи на дорожній пил. Отже, краплі рідини, набираючи форми кульок, що зливаються між собою, як зливаються крапельки розливої ртуті, намагаються зменшити свою поверхню. Сила, яка діє на поверхні, не даючи змоги їй збільшуватися, називається поверхневим натягом (для води при температурі 20° вона дорівнює 74 динам на 1 см).

Особливі властивості поверхні рідини пояснюються тим, що на окремі частки її всередині рівномірно діють усі навколишні молекули, тимчасом як поверхневі частки зазнають односторонньої дії молекул — лише тих, які лежать під ними і не врівноважені зовні. Тому на поверхні рідини створюється великий тиск, який іноді доходить кількох тисяч атмосфер. Поверхнева плівка має більшу щільність. У поверхневих молекул частково лишаються сили, спрямовані назовні, тобто їх силове поле не повністю насичене. Тим-то кожне тіло, залежно від розмірів поверхні, має певний запас поверхневої енергії, здатної, як і всяка форма енергії, переходити в інші форми.

З величезною питомою поверхнею у дисперсних системах зв'язаний цілий ряд своєрідних явищ — здатність створювати певний тепловий і хімічний ефект. Візьмімо, наприклад, у різні пробірки трохи крохмалю, чорнозему, торф'яного порошку або будь-якої глини чи піску, вставимо термометри, пробірки закутаємо вату, наллємо у них стільки води, щоб проби у кожній пробірці досить зволожилися (але щоб зайвої води не було). Термометр у всіх пробірках, крім пробірки з піском, покаже помітне збільшення температури. Що ж тут сталося? Очевидно, у тій новій системі, що утворилася (тверде тіло — рідина — газ), запас поверхневої енергії став менший, ніж був на початку (в системі: тверде тіло — газ), і це зменшення еквівалентне тій кількості тепла у калоріях, яка при цьому виділилася.

\* Водяні клопи з родини Hydrometridae.

Якщо змочити дуже роздрібнене або пористе тіло, то виділиться певна кількість тепла (наприклад, на 1 г вугілля — 7,4 калорії). Але подібність між різноманітними тілами — крохмалем, торф'яним порошком, чорноземом, суглинком — полягає лише в тому, що всі вони мають величезну питому поверхню і здатність змочуватися водою.

Тверді частки відрізняються одна від одної ще й тим, що на їх поверхні є точки неоднакової активності, оточені силовими полями різної напруги — найменшої на площинах, більшої — на ребрах і найвищої — на вершинах кутів. Чим більше нерівностей на поверхні часток твердого тіла, тим вище напруження поверхневої енергії.

#### КАТАЛІТИЧНІ ЯВИЩА В ГРУНТІ ЯК ДИСПЕРСНІЙ СИСТЕМІ

Легко показати, що дуже роздрібнені тіла міняють і хід хімічних реакцій. Такі тіла іноді використовують для прискорення реакцій, які без них ідуть повільно або вимагають високої температури. Вплив великої питомої поверхні на хімічні реакції називається каталітичною дією, яка широко застосовується в техніці.

Виявляється, що каталітичні явища і в ґрунті відіграють велику роль. Так, якщо ми візьмемо в пробірки потроху порошку чорнозему, глини й піску і додамо до них розчину перекису водню, то побачимо, що поведінка його у різних пробірках буде неоднакова. У перших двох почнеться енергійне спінювання, наче кипіння: це перекис водню розкладається на воду й кисень. У третій пробірці цього не буде. Виділений кисень можна зібрати, виміряти, а разом з тим і визначити каталітичну силу кожного з узятих нами ґрунтів. Це видно з даних таблиці 5.

Таблиця 5

Розклад перекису водню механічними фракціями суглинку (Кеніг)

	Фракції (у міліметрах)					
	< 0,002	0,002—0,01	0,01—0,05	0,05—0,1	0,1—0,25	0,5—1,0
Кількість (см³) кисню, виділеного 5 г кожної фракції з 20 см³ Н₂О₂ за 2 години	96	24	22	12	2	0

З таблиці 5 видно, що чим вища дисперсність\* фракції одного й того ж ґрунту, чим більша її питома поверхня, тим більша і

\* Позначають її або величиною питомої поверхні  $\frac{S}{v}$ , де  $S$  — поверхня частки дисперсної фази, а  $v$  — об'єм її, або величиною, оберненою розміру діаметра  $\frac{1}{d}$ .

здатність її прискорювати хімічну реакцію. Інакше кажучи, поверхнева енергія в цьому випадку переходить у форму хімічної енергії.

Ще приклад. Ми бачили, що гідроліз хлорного заліза відбувається при нагріванні його розчину до кипіння. Пропустивши той же самий розчин через шар глинистого ґрунту або чорнозему, помітимо, що він уже на холоді забарвлюватиметься у червонобурий колір, подібний до колоїдного розчину гідроксиду заліза. Цілком зрозуміло, що ці явища надзвичайно впливають на динаміку ґрунтових процесів, змінюючи їх хід і прискорюючи їх порівняно з тим, що маємо у лабораторному посуді.

Якщо розчин  $\text{NaHCO}_3$  пропустити через ґрунт, то кисла сіль перейде у звичайну соду; амінокислоти з допомогою багатої колоїдами глини дезамінуються, виділяючи аміак і переходячи в оксикислоти. Розчин щавлевої кислоти при взаємодії з порошком тваринного вугілля розкладається, виділяючи  $\text{CO}_2$  і т. д.

До якого типу явищ віднести тільки що описані — до хімічних чи до фізичних? Цілком очевидно, що таке питання безпідставне, бо фізичні й хімічні процеси тепер розмежовувати важко. Щоправда, до розв'язання цього питання ми можемо підійти з іншого боку. У тілі, яке має порівняно невеликий ступінь роздрібненості, тобто у тілі не дуже високодисперсному, відносно невелика частина молекул міститься на поверхні, а отже, і може брати участь у хімічних реакціях з навколишнім середовищем.

У міру дальшого роздрібнення, інакше кажучи, із збільшенням питомої поверхні чимраз більша кількість молекул виходить на поверхню і має змогу брати участь у хімічних реакціях. Кінець кінцем справа може звестися до гетерогенної системи, де кожна частка дисперсної фази складатиметься тільки з одного шару молекул або навіть з однієї молекули. У першому випадку переважатимуть хімічні явища, ускладнені поверхневою енергією, тоді як у випадках вищої дисперсності переважатимуть поверхневі явища, ускладнені хімічними процесами. Отже, в обох випадках, без сумніву, спостерігатимуться хімічні й фізичні явища — і тут і там матимемо єдність процесу, у якому сполучатимуться обидва процеси.

### РІЗНИЙ СТАН КОЛОЇДІВ У ҐРУНТІ

Речовини у колоїдному стані можуть бути у вигляді колоїдного розчину (несправжнього, псевдорозчину) — золю або осаду — гелю. Перехід із золю в гель називається коагуляцією; протилежний перехід — пептизацією. При переході від золю до гелю, при з'єднанні окремих ультрамікронів у згустки, при осіданні цих згустків відбувається зниження ступеню дисперсності,

зменшення питомої поверхні колоїдної системи й запасу енергії в ній.

Переходячи до причин коагуляції, треба в'яснити, чому сили поверхневого натягу, які намагаються з'єднати часточки і тим самим зменшити їх загальну поверхню, самі по собі недостатньо діють на колоїдні золі. Як відомо, колоїдні золі довгий час можуть зберігатися однорідними, не осідаючи, хоч під впливом броунівського руху частки дисперсної фази безперервно стикаються між собою.

Відповідь на це питання дає вивчення електричних властивостей колоїдних золів. Якщо колоїдний розчин, скажімо, гумус або суспензію глини, вмістити в U-подібну трубку і потім через рідину пропускати постійний струм, то рідина біля катода швидко посвітлішає, а вся глина й гумус скупчатимуться біля анода. Це свідчить про те, що як частки глини, так і частки гумусу мають негативний заряд\*.

Знак заряду колоїдного розчину можна встановити «капілярним аналізом». Суть цього аналізу полягає в тому, що коли на колоїдний розчин опустити смужку фільтрувального паперу, то позитивні золі зсідатимуться на папері біля поверхні рідини, а негативні доходитимуть до межі капілярного підняття\*\*.

Гідрозоль  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  — приклад першої групи колоїдів, золь гумусу — другої.

Зрозуміло, що заряд не дає сполучатися однойменно зарядженим ультрамікронам, які відштовхуються один від одного. Тільки після нейтралізації або достатнього зменшення цього заряду можна усунути причину, що заважає їх сполученню і не дає змоги проявитися діянню сил тяжіння.

Позитивно заряджені золі осаджують аніони, негативно заряджені — катіони. При цьому коагулюючий іон приєднується до міцели (вбирається нею). А що головніші представники ґрунтових колоїдів — глина й гумус — вбирають катіони, їх можна розглядати як «велетенські іони» («макроаніони»). «Кислотні» властивості глин змінюються, якщо у їх складі міняється (у глинах) співвідношення кислотної ( $\text{SiO}_2$ ) і основної ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  й  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) частин: чим більша величина відношення  $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$ , тим виразніше виявлені електронегативні властивості глини і навпаки.

До першого випадку належить більшість глин (глиниста частина лесів, валунні глини і ін.), де співвідношення  $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$  більше 2 і іноді доходить 6—7. Другий випадок — це червонозем Західної Грузії (чайні райони), де це співвідношення буває менше 2.

\* Уперше це явище помітив московський професор Рейс у 1807 році.

\*\* Папір, коли він доторкається до води, заряджається негативно.

Звичайно, велике значення має й будова міцели: якщо міцели конкрецій  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  вкриті плівкою гумусу, то ця плівка і визначає заряд.

Для агрогрунтознавства має особливу вагу те, що заряд колоїду міняється й при зміні реакції середовища: при збільшенні величини рН зростає негативний заряд і електрокінетичний потенціал часток. Зі зменшенням величини рН заряд знижується і, падаючи до нуля, набуває протилежного знаку, а частка перезаряджається і стає електропозитивною, перетворюючись на «макрокатіон»; чим нижче рН, тим вищий позитивний заряд частки.

Величина рН, при якій частка стає електронейтральною і при якій відбувається перезарядження — зміна знаку заряду — називається ізoeлектричною точкою, характерною для кожного даного колоїду.

Таким чином, колоїди нагадують собою так звані амфоліти — сполуки, здатні проявляти то кислотні властивості (відщеплювати Н-іон, реагувати з основами), то основні (відщеплювати ОН-іони і сполучатися з кислотними залишками). Як приклад таких сполук можна назвати амінокислоти:  $\text{R} \begin{smallmatrix} \text{COOH} \\ \diagup \\ \text{NH}_2 \end{smallmatrix}$  і гідрат глинозему —  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . У кислому середовищі вони поведуть себе як основи, а в лужному — як кислоти.

Колоїди, як ми вже говорили вище, не дають справжніх розчинів і становлять гетерогенні системи, на відміну від амфолітів, які дають справжні розчини; тому їх називають амфолітоїдами.

Це стосується і глини; гумус, у склад якого входить кислотна група  $\text{COOH}^*$ , перезарядженню не піддається. Тому частки гумусу завжди заряджені негативно.

Відповідно до сказаного, колоїди ґрунту можуть бути базоїдами і ацидоїдами (тобто подібними до основ і кислот).

Раз колоїди можуть мати і позитивний і негативний заряди, то, очевидно, можна заздалегідь припустити, що необхідна для коагуляції нейтралізація заряду ультрамікронів може відбуватися не тільки під впливом електролітів, але й при дії двох золів з протилежними зарядами. Певна річ, якісна сторона процесу коагуляції в обох випадках буде неоднакова.

\* Хімічна структура гумусу:

	Бокові групи
Органічний комплекс «ядро»	— $\text{COOH}$ — карбоксильна
	— $\text{NH}_2$ — амінна
	— $\text{OH}$ — гідроксильна
	— $\text{OCH}_3$ — метоксильна

### ПОРІГ КОАГУЛЯЦІЇ

Коагуляція колоїду електролітом можлива не за всяких умов: колоїд коагулюватиметься лише тоді, коли концентрація електроліту досягне певної величини. Та концентрація, при якій відбувається коагуляція даного колоїду даним електролітом, називається *порогом коагуляції*. Здатність електролітів до коагуляції неоднакова. Вона залежить від валентності іона й від атомної ваги відповідного хімічного елемента. Тим-то для колоїдів ґрунту — гумусу й глини — окремі катіони за силою коагуляції розміщуються у такий ряд:

$\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{NH}_4^+, \text{K}^+, \text{Rb}^+, \text{Cs}^+, \text{Mg}^{++}, \text{Ca}^{++}, \text{Ba}^{++}, \text{Al}^{+++}, \text{Fe}^{+++}, \text{La}^{+++}, \text{Th}^{++++}$ , тобто одновалентні катіони коагулюють слабше, ніж двовалентні, а двовалентні, в свою чергу, слабше, ніж тривалентні. Водневий іон за силою коагуляції наближається до двовалентних катіонів.

Здатність різних катіонів до коагуляції колоїдів ґрунту наведена в таблиці 6.

Таблиця 6  
Поріг коагуляції глинистої суспензії (частки  $< 0,0005 \text{ мм}$ )  
різними електролітами  
(за Гедройцем)

Сполуки	Атомна вага катіона	Поріг коагуляції (концентрація електроліту в грам-еквівалентах)
Карбонат натрію ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )	23	0,05 — 0,0125
Хлористий літій ( $\text{LiCl}$ )	7	0,0250 — 0,0125
Хлористий амоній ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )	18	0,0250 — 0,0125
Хлористий натрій ( $\text{NaCl}$ )	23	0,0150 — 0,0125
Хлористий калій ( $\text{KCl}$ )	39	0,0250 — 0,0125
Хлористий рубідій ( $\text{RbCl}$ )	85	0,0125 — 0,0050
Азотнокисле срібло ( $\text{AgNO}_3$ )	108	0,0050 — 0,0025
Хлористий магній ( $\text{MgCl}_2$ )	24	0,0012 — 0,0005
Хлористий кальцій ( $\text{CaCl}_2$ )	40	0,0012 — 0,0005
Хлористий стронцій ( $\text{SrCl}_2$ )	87	0,0012 — 0,0005
Соляна кислота ( $\text{HCl}$ )	1	0,0010 — 0,0005
Хлорне залізо ( $\text{FeCl}_3$ )	56	менше — 0,000125
Хлористий алюміній ( $\text{AlCl}_3$ )	27	менше — 0,000125

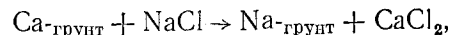
В іншому досліді катіони характеризувалися своєю коагуляційною силою так:



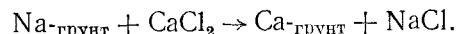
Як видно з наведених у таблиці 6 даних, двовалентні катіони мають у 25 разів більшу коагулюючу здатність, ніж одновалентні, а тривалентні — у 10 разів більшу, ніж двовалентні.

Звідси виходить, що справа тут не в звичайній нейтралізації заряду часток. Адже золі гумусу й суспензії глини утворюються

при умові, якщо ґрунт обробити розчином  $\text{NaCl}$  ( $\text{LiCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), причому кальцій витісняється з ґрунту за такою схемою:



тобто відбувається обмін за еквівалентами і заряд часток не повинен мінятися. Навпаки, при коагуляції відбувається така реакція:



До того ж співвідношення сили коагуляції  $R^{+++} : R^{++} : R^{+}$  не дорівнює  $3 : 2 : 1$ , як слід було б сподіватися, а характеризується значно ширшим діапазоном ( $250 : 25 : 1$ ). Така розбіжність пояснюється тим, що міцели з різними катіонами відрізняються як зарядом, так і різним ступенем дисоціації ( $R^{+} > R^{++} > R^{+++}$ ), а разом з тим і різною «розчинністю», тобто дисперсністю. Звідси — і різна сила коагуляції. Таким чином, присутність певної кількості електролітів конче потрібна для того, щоб колоїди перебували в стані гелю, тобто осаду, інакше використання ґрунту було б зовсім неможливе.

Певна річ, коагуляція залежить і від властивостей іншого учасника процесу — самого колоїдного розчину: чим вища концентрація його дисперсної фази, чим нижчий ступінь дисперсності, чим нижчий ступінь гідрофільності\*, тим нижчий поріг коагуляції і навпаки. Крім того, чим ближче величина рН розчину до ізоелектричної точки, тим нижчий поріг коагуляції, тим легше вона відбувається.

Тим-то для золю гумусу (його ультрамікрони в десятки і сотні разів менші, ніж частки глини) поріг коагуляції, як виявилось, у десять разів вищий, ніж для суспензії глини.

Другий фактор стійкості золей — це ступінь їх гідрофільності. Водяні оболонки, що оточують гідрофільні частки, заважають коагуляції. Тому, якщо їх позбутися, наприклад, додавши спирту, то осідання колоїдів полегшиться. Так же само впливає дегідратація, викликана висушуванням (особливо, для перегною).

При взаємній коагуляції колоїду колоїдом процес відбувається трохи інакше. Тут уже немає порога коагуляції, а спостерігається певна «зона»\*\* коагуляції. Додаючи, наприклад, до  $5 \text{ см}^3$  колоїдного розчину гідрату окису заліза ( $\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) від кількох соток мілілітра до  $3\text{--}4 \text{ мл}$  золю гумусу, спочатку не маємо коагуляції; при збільшенні дози гумусу, при якомусь співвідношенні — скажімо,  $1 \text{ мл}$  золю гумусу — кінець кінцем відбувається швидке взаємне осідання цих колоїдів; при дальшому ж збільшенні кількості гумусу коагуляція знову зникає.

Причина цього явища полягає в тому, що спочатку гумусу було

\* Здатність приєднувати воду.

\*\* «Зона» — пояс.

надзвичайно мало для того, щоб нейтралізувати заряд міцели  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , потім настає таке співвідношення, при якому відбувається нейтралізація зарядів; при дальшому ж додаванні гумусу його ультрамікрони, сполучаючись з ультрамікронами позитивно зарядженого колоїду, перезаряджають їх, надаючи комплексам, що утворюються при цьому, негативного заряду.

Цілком очевидно, що коагуляція може відбуватися лише при таких співвідношеннях обох золей, коли більш або менш повно досягається нейтралізація заряду; якщо ж у цих поєднаннях ультрамікронів переважають позитивно або негативно заряджені, то, звичайно, такий зайвий у них заряд заважає швидкому сполученню цих нових, хоч і значно більших розмірів ультрамікронів.

Ті співвідношення, при яких настає взаємна коагуляція колоїдів, позначають як  $z o n u k o a g y l a c i i$ . Очевидно, що і два колоїди з однаковим знаком заряду здатні до взаємної коагуляції, якщо в них різні ізоелектричні точки (в інтервалі між значеннями рН цих точок). Неелектроліти звичайно не впливають на коагуляцію колоїдів. Виняток становлять ті з них, які сприяють зневоднюванню (дегідратації) колоїдів. Крім зазначених вище випадків, коагуляція відбувається також під впливом прямого освітлення, прямого розряду, при підвищенні концентрації, як це буває при випаровуванні колоїдних розчинів, під впливом зміни температури і, нарешті, під впливом часу. Цей останній випадок зветься старінням колоїдів.

## ДВА ВИДИ КОАГУЛЯЦІЇ

Коагуляція колоїдних розчинів електролітами, як ми показали, приводить до відділення рідкої фази від твердої, що випадає в вигляді гелю, причому цей гель утримує частину води. Це — так би мовити, «гідрофобна» коагуляція.

Але існує і інший тип утворення гелю, наприклад, застигання желатини при зниженні температури без розділення її «розчину», без зменшення концентрації дисперсної фази.

Таке явище «гідрофільної» коагуляції стало відоме і для ґрунтових колоїдів. Проф. Гордягін (1900) виявив, що коли приготувати концентровані водні витяжки із сибірських солонців, то це будуть не розчини, а драглі. Те саме показали і досліди акад. Гедройца з чорноземом, насиченим натрієм.

Особливо сильно це проявляється у бентонітових глин\*. І інші колоїди, наприклад,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , можуть поводити себе так, як і драглі, з тією лише різницею, що розрідження і застигання їх не зв'язано зі зміною температури, як у холодцю (воно ізотермічне).

\* Це — особливі глини, що утворилися внаслідок змін вулканічного попелу під впливом морської води (гальміроліз). Вони вживаються для очищення нафтових продуктів і як сукновальні глини.



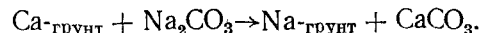
Уже при невисокій концентрації — наприклад, 2—5% — суспензія бентонітової глини застигає, рівномірно заповнюючи посудину; при струшуванні драгліста маса стає рідкою, а якщо залишити її, знову застигає. При цьому припиняється броунівський рух у золі і вся його рідка фаза (вода) стає нерухомою, утворюючи сіть орієнтованих молекул, вузлами якої стають ультрамікрони дисперсної фази. Вода неначе «оструктурюється» (акад. Ребіндер).

Частинки дисперсної фази, таким чином, зв'язують величезну кількість води; водяні оболонки їх, переплітаючись між собою, сприяють утворенню гідрофільно-коагуляційної структури. Зв'язок води з частинками такий незначний, що порушується уже під час простого струшування.

Ця властивість колоїдів зветься тиксотропністю\*, а саме явище — тиксотропією.

Воно залежить, по-перше, від високої дисперсності деяких колоїдів і, по-друге, від їх насиченості натрієм (краще буде сказати, від ненасиченості кальцієм).

Чорнозем, з його високою насиченістю кальцієм, стає тиксотропним лише після заміни кальцію на натрій. Найлегше це досягається, коли застосовувати розчини  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  і  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ , які відразу ж зв'язують кальцій, витіснений із ґрунту за схемою:



Тиксотропність використовують у гірничій справі для нафтових свердловин для боротьби з обвалами їх стінок: при накачуванні «розчинів» глини вона розріджується, а застигаючи, вкриває стінки свердловин суцільним шаром.

Утворення «пливунів», що перешкоджають інженерним роботам, зв'язано з тиксотропністю деяких порід, так само як відома властивість деяких боліт (драговина) затягати необережного подорожнього або мисливця: чим більше він рухається, намагаючись врятуватися, тим дужче розріджується болото. При будівництві Біломорсько-Балтійського каналу у деяких місцевостях було помічено, що коли почати розхитувати лопату, увіткнувши її в землю, земля розріджується і копати стає значно легше. Іноді у тундрі досить буває стаду оленів пробігти по болоту, як те болото на деякий час перетворюється на «зібун».

#### МІНЛИВІСТЬ КОЛОЇДІВ ГРУНТУ

З утворенням гелю зміна колоїдної системи ще не закінчується. Адже для того, щоб відбулася коагуляція, не потрібно цілковитої нейтралізації заряду, треба лише, щоб взаємне відштовхування між частками стало менше, ніж взаємне притягання. Тому гель зберігає

\* Від грецького слова тиксо — чіпати, торкатися.

ще певну частину свого колишнього заряду, і на нього можна ще й далі впливати, якщо додати до нього тих чи інших сполук. Цим власне і пояснюється можливість різко міняти властивості ґрунтів шляхом гіпсування або вапнування їх.

Гель являє сполуку окремих ультрамікронів, що утворюють надзвичайно складну структуру (ультрамикроструктуру). Гель можна уявити собі як тіло, що має коміркову, стільникову ультрамікроструктуру. У глині діаметр пор менший п'яти мілімікронів.

Гелі мають дуже велику як зовнішню, так і внутрішню поверхню і тому можуть значно впливати на хімічні процеси, які відбуваються у них. Сили поверхневого натягу продовжують діяти і в гелі, намагаючись зменшити його загальний об'єм, а разом з тим і питому поверхню. Це можна порівняти з дією розтягнутої еластичної плівки, яка намагається дійти свого попереднього стану.

Гель являє собою той випадок дисперсної системи, коли дисперсним середовищем є тверде тіло, а дисперсійною фазою — рідина.

Під впливом сил поверхневого натягу, зменшуючись у своєму об'ємі, гель вижимає з себе воду, зв'язану з його ультрамікронами (як, наприклад, відділяється сироватка у кислому молоці). Це явище, властиве всім колоїдам, називається *синерезом*.

#### ОБОРОТНІ І НЕОБОРОТНІ КОЛОЇДИ

При коагуляції різні колоїди поведуть себе неоднаково: одні з них після висушування або після коагуляції можуть знову переходити в розчин (псевдорозчин), інші ж до цього нездатні. Це пояснюється різним відношенням колоїдів до води. Кожний ультрамікрон (міцела), як сказано вище, може у тій чи іншій мірі вкриватись оболонкою з молекул води — гідратизуватися. При коагуляції ця водяна плівка ізолює ультрамікрони в гелі один від одного і заважає їм щільно сполучатися, даючи змогу колоїдові переходити з гелю в золь. Такі колоїди називаються *оборотними*; нездатні ж до цього — *необоротними*.

Ступінь оборотності й необоротності у різних колоїдів буває різний. Одні з них переходять у золь відразу ж після того, як змочити водою висушений колоїд (наприклад, желатин, гумі-арабік), інші ж після висушування більше не «розчиняються» (як золі  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ). Деякі стають необоротними після коагуляції їх двовалентними катіонами, але відновлюють свою оборотність, якщо двовалентний катіон замінити на одновалентний. Це саме відбувається і з ґрунтовими колоїдами — глиною й гумусом; хоч, правда, глина нечутлива до висушування при низьких температурах, тимчасом як гумус під його впливом робиться частково необоротним. Ці явища відіграють колосальну роль у поведженні гумусу й глини в ґрунті і істотно впливають на фізичні



властивості ґрунту, на його пухкість, опір під час оранки, на утворення ґрунтової структури.

У продуктах вивітрювання, в осадочних породах міститься в колоїдному стані глина, а в ґрунтах — і гумус. Це відрізняє ґрунти і відповідного типу осадочні породи від кристалічних гірських порід. Колоїди — найактивніша і найдоступніша для всяких впливів частина ґрунту. Поява колоїдів — результат процесів вивітрювання і ґрунтотворення.

Тим-то вивчати ґрунт з погляду самої лише класичної хімії — хімії кристалічних речовин — зовсім не можна. Це був би механістичний підхід, який не враховує своєрідності ґрунту, як природного тіла. Властивості колоїдних систем обумовлені сполученням крупних, малорухливих міцел з рухливими іонами\*.

В осадочних породах і ґрунтах відбуваються саме такі явища, як описано вище. Під впливом процесів вивітрювання і ґрунтоутворення виникають протилежно заряджені золі (гумусу й кремнієкислоти — негативні; гідроксидів заліза й алюмінію — позитивні). Внаслідок взаємної коагуляції їх утворюються сполуки, що мають склад глини, тобто містять у собі в різних співвідношеннях глинозем ( $Al_2O_3$ ), окис заліза ( $Fe_2O_3$ ) і кремнієкислоту ( $SiO_2$ ), а також органомінеральні сполуки внаслідок взаємодіяння гумусу й золів  $Fe(OH)_3$  і  $Al(OH)_3$ . Така «нова» глина утворюється в підзолистих, сірих лісових ґрунтах, чорноземах і солонцях. У глинистій частині ґрунтів ця «синтетична» глина переважає над каолінітом.

Із двох основних груп ґрунтових колоїдів, як ми вже бачили, гумус і глина мають різні властивості. Це зв'язано не тільки з різним хімічним складом обох колоїдів, але й з неоднаковим ступенем дисперсності: в гумусі, у його золях ультрамікрони в багато разів менші розміром, ніж у глині, через те й стійкість колоїдних розчинів гумусу значно вища, ніж у глини. Неоднаковий і ступінь гідрофільності: глина, наприклад, більше гідрофільна, ніж гумус; гідрофільність гумусу збільшується із збільшенням величини рН середовища і, навпаки, зменшується зі зменшенням цієї величини, тобто з підкислюванням середовища.

Разом з тим із явищ взаємної коагуляції видно, що колоїди можуть не тільки взаємно коагулювати один одного, але й захищати від коагуляції. Так, золь заліза, до якого додати надмірну кількість гумусу, набуває негативного заряду й значно більшої стійкості, ніж та, яку він має сам по собі.

Ця здатність деяких колоїдів називається *захисною дією* їх. Її можна пояснити тим, що захисні колоїди (як правило, більш

\* Основні закономірності хімічних процесів цим не усуваються, але дуже міняються, бо відбуваються вони в гетерогенному середовищі.

дисперсні і з більшим ступенем гідрофільності), оточуючи ультрамікрони інших колоїдів, захищають їх від впливу коагуляторів. Наприклад, желатин захищає ультрамікрони золота; гумус має ту ж властивість. Тому такий вплив високодисперсних колоїдів і називають захисною дією, а самі колоїди — *захисними*.

Ми уже говорили, що глина й гумус мають усі властивості колоїдів. Саме це лежить в основі як ґрунтових процесів, так і цілого ряду агротехнічних, меліоративних, технічних і санітарних заходів використання ґрунту. Способи використання ґрунтів і осадочних порід для будівельних потреб, по суті, оснований на властивостях колоїдів. Коли б їх не було в ґрунті, то ввесь комплекс способів обробітку, удобрення і меліорації ґрунтів довелося б будувати цілком інакше — як у чистому піску.

Тим-то знання властивостей колоїдної частини ґрунту в агрономії (як і в інших галузях науки й техніки, що використовують колоїдні матеріали: текстильній, красильній, дубильній, каучуковій тощо) є основою правильного підходу до побудови агротехнічних заходів, до підтримання й збільшення родючості ґрунту.

Відповідно до цього «мінерали», якими цікавиться ґрунтознавець, — це не ті кристалічні утворення (ізоморфні системи), що досліджує мінералогія; це — колоїдні системи, для пізнання яких потрібна цілком відмінна методика\*.

Складність процесів ґрунтової динаміки зв'язана з тим, що ці процеси відбуваються не тільки серед кристалітів. В основі тут колоїдні тіла — сполуки, нестійкі за своїми властивостями, мінливі залежно від реакції середовища, несталі за своїм хімічним складом. Ступінь їх дисперсності відіграє не меншу роль, ніж хімічний склад, бо з ним, як відомо, зв'язаний запас енергії, а разом і динамічність усієї системи. Процеси життя так само зв'язані з динамікою колоїдів, що є в організмах. Зниження ступеню дисперсності зменшує запас енергії в системі. Де матерія викристалізована, там запас енергії у багато разів менший, ніж у колоїдних системах. Колоїди — це, так би мовити, «жива плоть» ґрунту.

\* Останнім часом методами рентгенології і з допомогою електронного мікроскопа проведено глибокі дослідження природи «глинних» мінералів, які входять до складу колоїдної частини ґрунту. Створюється «колоїдна» мінералогія. Виділено ряд «глинних» мінералів: крім каолініту, що складається з чітких товстих табличок розміром  $500 \times 20$  мк з різко виявленими гранями, визначено також звичайний для багатьох ґрунтів і бентонітових глин (сукновальних, наповнювачів мила) монтморилоніт, що дає пухкі пластівці й згустки розміром  $100-300 \times 1$  мк. Різні й властивості обох мінералів: вбирна здатність каолініту зовсім мала, монтморилоніту — величезна. Форма й властивості тут пов'язані між собою.

Колоїди не тільки безпосередньо впливають на фізичні властивості ґрунтів, на їх хімізм, біологію. Цілий ряд фізичних і хімічних явищ у ґрунті завдяки присутності колоїдів, високому ступеню їх дисперсності, наявності величезної поверхні відбуваються у ґрунті цілком інакше, ніж у лабораторії, у склянці. А це неминуче відбивається й на біодинаміці, на мікробах ґрунту.

З цим впливом колоїдів нам доведеться ще мати справу не раз. А він насамперед відбивається на хімічних властивостях ґрунту, проявляючись, наприклад, у каталітичних процесах, про які ми говорили вище.

Цілий ряд явищ у ґрунті зв'язаний з взаємодіанням його колоїдів з катіонами, вміст і характер яких має величезне значення для агрономічних властивостей ґрунту, для його обробітку, удобрення, меліорації.

До розгляду цих взаємодій ми й переходимо.

## ВБИРНА ЗДАТНІСТЬ ГРУНТУ І ЇЇ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ГРУНТОВИХ ПРОЦЕСІВ

### ЯВИЩА ВБИРАННЯ

Як ми вже говорили, колоїди ґрунту мають цілий ряд особливих властивостей, що значно відрізняють їх від кристалічних тіл. Однією з особливостей їх як гетерогенних (неоднорідних) систем є величезна поверхня, що відмежовує частки твердої фази від рідини або газу, в яких вони перебувають, або які містяться в них самих. Саме ця поверхня, як уже почасті показано вище, є ареною різноманітних хімічних і фізичних явищ.

Одним із найважливіших для динаміки ґрунту явищ, що відбуваються в ньому, слід вважати вбирну здатність ґрунту. Вбирною здатністю ґрунту зветься здатність його затримувати ті чи інші речовини із навколишнього середовища, чи то буде повітря, що в нього проникає, чи вода, що його омиває або протікає крізь нього.

Затримуються (вбираються) ґрунтом гази і пари, розчинні речовини, суспензії і дими, мікроорганізми, із розчинів вбираються молекули і окремі іони, міцели.

За схемою Гедройца розрізняють такі види вбирання:

- 1) механічне — властивість ґрунту як пористого тіла затримувати частки, суспензовані у воді або присутні в атмосфері;
- 2) фізичне — вбирання цілих молекул (безобмінне, аполярне вбирання);
- 3) фізико-хімічне — вбирання іонів (обмінне, полярне), причому замість увібраного іона вилучається із ґрунту в розчин еквівалентна кількість інших іонів (для більшості ґрунтів — катіонів);
- 4) хімічне — вбирання, яке полягає в тому, що аніони розчинних солей дають нерозчинні сполуки з обмінними катіонами, які потрапляють у розчин внаслідок фізико-хімічного вбирання;
- 5) біологічне — вбирання речовин, що їх споживають із ґрунту (ґрунтового розчину) рослини і мікроорганізми.

Явище вбирання із розчинів уперше використав академік Російської академії наук Ловіц для очистки соку цукрового буряка ще в 1797 році.

Чим більше у ґрунті колоїдних часток глини й гумусу, тим у більшій мірі виявляється вбирна здатність ґрунту.

### ВБИРАННЯ ГАЗІВ І ПАРІВ

Ґрунт у сухому стані містить у собі не тільки повітря, яке потрапляє між його частки, але також і повітря, увібране найдрібнішою, найдисперснішою частиною ґрунту — його колоїдами. Тому дорожній пил, коли на нього падають перші краплі дощу, не відразу змочується водою, а спочатку крапельки води вкриваються оболонкою з часток пилу. Якщо ж на поверхню води кинути сухого пилу, то він порівняно довгий час плаватиме, не тонучи, незважаючи на те, що питома вага його більша, ніж води. Особливо яскраво це можна спостерігати, якщо взяти порошок торфу.

Ще один приклад. Якщо певну кількість піску пустити з якоїсь висоти струменем на повітрі і таку ж кількість піску і з такої ж висоти у безповітряному просторі (під скляним ковпаком повітряного насоса), то в другому випадку він ляже шаром меншої висоти, ніж у першому випадку. Так, в одному досліді Спрінґа для першого випадку висота шару піску дорівнювала 240 мм, а в другому — 192 мм за всіх інших однакових умов. В обох цих випадках причина описаних явищ полягає в тому, що навколо частинок ґрунту, навіть навколо піщинок, завжди є повітряна оболонка, яка захищає їх від безпосереднього стикання з навколишнім повітрям і з водою в перші моменти діяння її на ґрунт. Ці оболонки перебувають під тиском у кілька десятків атмосфер. Щоб розірвати цю оболонку, позбутися її, потрібен час і затрата певної енергії.

У природному стані ґрунти завжди містять на поверхні колоїдних часток і всередині їх певну кількість увібраного повітря, склад якого міняється залежно від природних умов (рослинності, погоди, складу самого ґрунту) і від умов культури. Це приклад фізичного вбирання — адсорбції, де затримується вся молекула увібраної речовини.

При вбиранні газів і пари розрізняють, по-перше, адсорбцію як функцію поверхні; по-друге, абсорбцію як функцію об'єму, коли увібрана речовина заходить усередину адсорбента; по-третє, хемосорбцію, коли газ затримується в силу хімічної реакції, наприклад,  $\text{CaCO}_3 + \text{HCl}$  (газоподібний) або  $\text{Cl}_2$ , нарешті, по-четверте, капілярну конденсацію, коли пара конденсується у найтонших капілярах внаслідок того, що в них при дуже ввігнутих менісках напруга пари менша, ніж у широких капілярах або на вільній поверхні рідини.

Проте величина вбирання залежить і від хімічних властивостей адсорбента, вона міняється, наприклад, для вугілля після попередньої обробки його кислотами й лугами. Коли для боротьби з шкідниками вживають ті або інші гази, вони у різній мірі і на різний час затримуються ґрунтом і по-різному впливають на хімічні його властивості, на хід у ньому мікробіологічних процесів, на його родючість і, нарешті, на його санітарно-гігієнічні властивості. Інколи сила, з якою затримуються гази й пара внесених у ґрунт речовин, така велика, що для дегазації, в окремих випадках, потрібен довгий час або навіть застосування спеціальних заходів.

### ВБИРАННЯ З РОЗЧИНІВ

Деякі речовини ґрунт вбирає з розчинів. Ця властивість ґрунтів має надзвичайно велике значення для ґрунтоутворення.

Зв'язані з цим процесом явища дуже легко показати: візьмімо, наприклад, кілька ліжок, покладімо у них товстого битого скла, зверху накриємо добре підігнаним кружечком фільтрувального паперу, змоченого перед тим так, щоб він утворив маленькі (не більш 1 мм) бортики. Зверху насиплемо не дуже дрібно потовченого ґрунту (найкраще чорнозему, або доброго лучного ґрунту). Накриємо його великим кружальцем фільтрувального паперу, а зверху покладемо ще один кусок скла (щоб папір не спливав). Поставимо усі ліжки на штатив; в одну з них доллемо розведеного розчину будь-якої фарби (метиленової сині або просто розведеного чорнила), у другу — розчину гумусу, одержаного з чорнозему, або гноївки; тоді побачимо, що з них спочатку витікатимуть чисті розчини. Послідовно міняючи підставлені пробірки, ми швидко помітимо, що забарвлення рідини, яке витікає з ліжок, стає чимраз густішим і нарешті таким же інтенсивним, як і рідина, налита в ліжки.

Здатність ґрунту затримувати барвні речовини має свої межі. Якщо візьмемо кілька ґрунтів з різним вмістом глинистих часток і гумусу, наприклад, чорнозем, підзолистий ґрунт (верхній горизонт) або глину, супісок чи пісок, то побачимо, що у різних ґрунтів ця здатність виявиться не в однаковій мірі — інакше кажучи, різні ґрунти мають неоднакову місткість вбирання. Цілком ясно, що здатність ґрунту затримувати, скажімо, гумус має колосальне значення; коли б цього не було, то й чорноземний ґрунт навряд чи міг би існувати. Це має велике значення для застосування гною та інших органічних добрив. Проте ми далі побачимо, що ця здатність — не таке просте явище, як здається на перший погляд, і що значення її для ґрунтоутворення й агрономічних властивостей ґрунту дуже велике.

## ВБИРАННЯ І ВИТІСНЕННЯ КАТІОНІВ

Ґрунт затримує не тільки барвні речовини (фарби, гумус, ґноївку), — він має здатність вступати в реакцію з розчинами й затримувати з них катіони, аніони й молекули. Щоб показати це, досить промити ґрунт на лійці розчином будь-якої солі; найзручніше взяти титрований розчин хлористого амонію ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). У фільтраті легко виявити, по-перше, зменшення амонію (за допомогою азотометра), по-друге, появу у розчині кальцію, який дає осад від додавання розчину щавлевокислого амонію.

В нашому розчині  $\text{NH}_4\text{Cl}$  спочатку кальцію зовсім не було. Очевидно, він з'явився після взаємодіяння між розчином хлористого амонію і ґрунтом; інакше кажучи, іон амонію витіснив кальцій, який містився в ґрунті. Якщо візьмемо ряд послідовних порцій фільтрату і додамо до них потроху розчину щавлевокислого амонію, то побачимо, що переважна кількість кальцію перейде в першу порцію, у другу — в кілька разів менша, а четверту, п'яту і т. д. порції надійде так мало, що замість осаду ми одержимо слабку каламуть, яка поступово зовсім зникне\*. У розчин виділяється у вібраний обмінний Са.

Під час витіснення кальцію з ґрунту амоній стає на його місце. Тому в розчині, що витікає з ґрунту, його залишається чимраз менше. Якщо замість розчину хлористого амонію ми візьмемо інші розчини, наприклад, кухонної солі, селітри, сірчанокислого амонію тощо, то так само спостерігатимемо витіснення кальцію і вбирання амонію, натрію, калію і т. д. Характерною рисою цього явища є те, що звичайні ґрунти вбирають тільки катіони, тоді як концентрація аніонів лишається незмінною\*\*. Колоїди більшості ґрунтів мають негативний заряд і тому вбирають позитивно заряджені катіони — не тільки  $\text{NH}_4$ , Na, K, Ca, Mg, Fe, Al, але й Н і навіть органічні барвники (наприклад, метиленову синьку). Ґрунтові колоїди відіграють роль своєрідного аніона, правда, величезного, що має колосальний, порівняно з аніонами електrolітів, розмір і вагу частки — міцели.

Надзвичайно цікаво простежити це явище, взявши зразки різних горизонтів чорнозему, підзолу, солонцю, а також різних за механічним складом глинистих, супіщаних ґрунтів і просто пісків. Тут побачимо, що ступінь вбирання амонію і кількість витісненого кальцію дуже міняється в окремих ґрунтах, становлячи одну з найхарактерніших особливостей і відмінностей цих ґрунтів. Матимемо неоднакову кількість обмінного кальцію і амонію, який стає на його місце, не тільки в різних пробах з орного горизонту різних

\* Цю реакцію між розчином і ґрунтом можна показати такою формулою:  $\text{Са-ґрунт} + \text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl-ґрунт} + \text{СаCl}_2$ .

\*\* Узвзявши дуже слабкі розчини  $\text{FeCl}_3$  або  $\text{CuSO}_4$ , легко показати, що в перших порціях фільтратів не можна виявити ні  $\text{Fe}^{+++}$ , ні  $\text{Cu}^{++}$ .

ґрунтів, але й у різних горизонтах того самого ґрунту. Це добре видно з таблиць 7, 8 і 9.

Таблиця 7

## Вбирна здатність підзолистого суглинку з Петровсько-Розумовського

Горизонти	Гігроскопічна вода	Гумус	Муду (частини < 1 μ)	На 100 г ґрунту вибрано з 0,1 нормального розчину хлористих солей (м-екв.)		Насиченість щодо Са* (в процентах)	Витіснено Са розчином NH <sub>4</sub> Cl на 100 г ґрунту (м-екв.)
				NH <sub>4</sub>	Ca		
0—9 EН(A <sub>1</sub> )	2,52	4,530	6,2	3,3	3,0	10	5,8
22—31 E(A <sub>2</sub> )	0,80	0,278	3,5	0,9	4,4	39	1,1
54—63 I <sub>1</sub> (B <sub>1</sub> )	2,75	0,222	14,9	5,3	3,8	28	3,9
85—94 I <sub>2</sub> (B <sub>2</sub> )	4,09	0,175	18,9	7,6	4,6	40	5,6
122—131	3,08	0,102	18,9	6,1	3,9	36	5,2
171—180 IP/B(C)	3,17	0,080	20,8	6,6	3,7	44	7,8
225—234	2,65	0,072	17,3	6,1	4,2	31	—

Таблиця 8

## Вбирна здатність солонцю з Асканії Нова

Горизонти (см)	Гігроскопічна вода	Муду (частини < 0,001 мм)	На 100 г ґрунту вибрано з 0,1 нормального розчину хлористих солей (м-екв.)		Насиченість Са (в процентах)
			NH <sub>4</sub> +	Ca++	
0—9	1,71	14,0	4,3	5,6	—33,0
15—17	4,49	37,4	3,8	5,7	—52,0
17—27	6,47	54,7	19,0	13,4	+29
60—70	2,79	37,2	—	—	—
100—110	3,02	31,4	—	—	—

Звідси видно, що величина вбирання амонію — катіона, який нормально (якщо ґрунт добре провітрюється) в ґрунтах не міститься, дає надзвичайно характерні криві для профілів різних типів ґрунтів. Для чорнозему, наприклад, крива вбирання має вигляд прямої лінії; зниження спостерігається лише в горизонті скупчення карбонату кальцію. Для підзолистого ґрунту бачимо зовсім іншу картину — різке зниження в другому, підзолистому горизонті зі значним підвищенням кривої для глибших горизонтів. Для солонцю і ґрунтів напівпустині спостерігається низька вбирна здатність верхнього горизонту, різке збільшення її до певної глибини з далішим зменшенням і вирівнюванням у напрямі підґрунтя.

\* Насиченість ґрунту щодо Са<sup>++</sup> визначалась за формулою:

$$\frac{A - K}{A} \cdot 100; A — \text{кількість міліеквівалентів } \text{NH}_4^+ \text{ увібрана на 100 гр. ґрунту};$$

K — те ж для Са.

\*\* Від'ємна величина насиченості Са є показником глибоких змін у вбирному комплексі цього горизонту. Тут це, мабуть, результат появи великої кількості аморфної  $\text{SiO}_2$  або іону  $\text{SiO}_3^{--}$  в міцелії глини.

Таблиця 9

Вбирна здатність чорнозему з східної частини Полтавської області

Горизонти (см)	Гігроско- пічна вода	Гумус	Розчинено в НСІ (за винятком карбона- тів)	На 100 г ґрунту вміщено з 0,1 нор- мального розчину хлористих солей (м-екв.)		Витіснен- ня Са розчином NH <sub>4</sub> Cl (м-екв.)	Насиче- ність Са** (в процен- тах)
				NH <sub>4</sub> +	Са <sup>++</sup>		
0—9	5,33	7,09	16,76	10,1	2,3	26,4	78,2
22—31	5,48	5,81	16,42	10,2	1,6	26,9	84,3
45—54	5,42	3,98	16,33	10,5	1,3	25,8	87,6
67—76	5,04	2,16	16,55	10,4	1,9	23,1	81,7
90—99	4,18	1,73	16,35	9,6	2,1	18,6	79,0
112—121	4,39	1,39	—	10,1	2,3	18,2	77,2
180—189	4,44	0,33	20,08	11,4	5,3	16,7	53,5
252—261	5,80	—	23,96	11,8	7,5	13,9	36,5

Порівнюючи здобуті для вбирної здатності величини з механічним складом ґрунтових горизонтів, ми бачимо тісний зв'язок між величиною вбирної здатності, з одного боку, і кількістю мулу, з другого. Це показує, що основний носій вбирної здатності — найбільш дисперсна частина ґрунту, яка має величезну питому поверхню. Паралельно зі зміною вбирної здатності щодо амонію міняється і вміст гігроскопічної води, тобто води, що міститься в повітряно сухому ґрунті, увібраної ним із повітря. І в тому і в іншому випадку, очевидно, фактором вбирання є складові частини ґрунту, що мають велику питому поверхню.

#### ВБИРНА ЗДАТНІСТЬ ҐРУНТУ І КОЛОЇДИ

Таблиці 7, 8 і 9 дають уявлення не тільки про вбирну здатність різних горизонтів ґрунтів: у них показаний і вміст найбільш дисперсної, мулуватої частини ґрунту і розподіл її у кожному даному ґрунті по горизонтах ґрунтового профілю. У чорноземі спостерігається порівняно сталий розподіл мулу в ґрунтових горизонтах, тимчасом як у інших ґрунтах — у підзолистому й солонцюватому, навпаки, помічається перерозподіл колоїдної частини з винесенням її у більш глибокі горизонти, де вона й нагромаджується, утворюючи ущільнені шари, які впливають на водний режим ґрунту і на рослини.

Уже це явище само по собі має надзвичайно відбиватися на агрономічних властивостях ґрунтів, бо корені рослин натрапляють на неоднаковий опір там, де немає перерозподілу колоїдів (як у чорноземах), і там, де під впливом виносу і скупчення колоїдів утворюються горизонти (прошарки), які не тільки погано пропускають крізь себе воду, але й не дають змоги нормально поширюватися кореневій системі культурних рослин (підзоли, солонці).

Фактори вбирання — це колоїдна частина ґрунту, її гумус і глина; саме ця частина ґрунту надзвичайно мінлива, чутлива і до хімічних впливів (заміна кальцію на амоній) і до фізичних (висушування). Вбирна здатність ґрунту значно міняється під впливом, скажімо, обробки ґрунту кислотами, які вилучають більш розчинну його частину — саме колоїдну. Міняється вона і під впливом незначного нагрівання, навіть простого тривалого висушування при звичайній кімнатній температурі. При обробці кислотою зменшується кількість глини в ґрунті, зменшується маса адсорбента, а при висушуванні при тій самій його кількості міняється якість — зменшується питома поверхня ґрунтових колоїдів.

Вбирну здатність мають не лише дрібнозернисті ґрунти і не тільки мулувата їх фракція, але інколи й піщані ґрунти та крупніші фракції глинистих ґрунтів, виділені звичайним методом механічного аналізу, бо піщинки і пилінки, як правило, завжди бувають окутані колоїдними оболонками. Ці оболонки важко відділити від піщаних і пилуватих часток.

Відомо, наприклад, що піски далеко не завжди бувають білі, що в природі є піски і жовті, і сірі (з гумусовою оболонкою). Саме це — піски, у яких навколо кожної піщинки є колоїдна оболонка. Досліди показали, що в одному аргентинському ґрунті було лише 3,2% глини і 1,65% гумусу, тоді як у оболонках з більших часток містилося 15,2% глини і 16,5% гумусу.

Якщо крупніші фракції ґрунту і мають вбирну здатність, то тільки завдяки цим оболонкам, бо ні кварц, ні ортоклаз, що входять у склад пилу і піску, при діаметрі часток від 1 до 50  $\mu$  не мають помітної вбирної здатності.

Проте, якщо ті ж самі мінерали подрібнити до вищої дисперсності, так, щоб частинки були менші 1  $\mu$ , то вони починають виявляти уже досить помітну здатність до вбирання. Правда, як ми уже підкреслювали, разом зі зміною кількісних показників неминуче міняється і якість: під впливом подрібнення речовини виникає нова якість — зростає питома поверхня подрібненої речовини і чимраз більша кількість молекул виявляється на поверхні її часток, де під впливом води (гідратація) створюється колоїдна плівочка. Навіть дуже подрібнений кварц після тривалого нагрівання з водою починає вбирати воду і набрякати, бо при цьому створюється на поверхні дрібних частинок гель SiO<sub>2</sub>\*. Так само дуже подрібнений гірський кристаль із розчинів KCl звільняє кислоту і розкладає CaCO<sub>3</sub> з виділенням CO<sub>2</sub>\*\*. Ось що значить для хімічних властивостей тіла збільшення його питомої поверхні!

\* Тут під впливом гідратації (SiO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O → H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) на поверхні кварцових зерен утворюються H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> і HSiO<sub>3</sub>.

\*\* 1. H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> + KCl → K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> + 2HCl; 2. H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> + [Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] → CaSiO<sub>3</sub> + 2CO<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O.

Так чи інакше вбирна здатність фактично уся зв'язана з колоїдною частиною ґрунту.

Лишається відповісти на запитання, яка роль у цьому явищі належить глині — мінеральним колоїдам, а яка гумусу — органічним колоїдам. Це питання розв'язане в тому розумінні, що обидва представники колоїдної частини ґрунту беруть участь у явищах вбирання, причому у кожному конкретному випадку роль одного й другого залежить від кількості їх у даному ґрунті, від їх якості. Через те у різних ґрунтах участь кожного з цих факторів у явищах вбирання неоднакова. Гумус відзначається більшою вбирною здатністю, ніж мінеральні колоїди: його місткість щодо катіонів у 3—8 разів більша, ніж у глини. Крім високої дисперсності, це пояснюється ще й більшою ацидоїдністю гумусу. У верхньому шарі деяких ґрунтів на гумус припадає понад 60% усього вбирання.

Вбирна здатність до катіонів у різних глин неоднакова; вона збільшується із збільшенням у їх складі відношення  $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$ . Так, на 100 г речовини для каоліну місткість дорівнює 3—8 м-екв, для глинистої частини чорнозему й лесу — 30—40 м-екв, для бентонітових глин — 70—100 м-екв. Головна складова частина глини у двох останніх випадках — монтморилоніт. Здатність глини затримувати воду (після центрифугування) міняється також у значних розмірах, як це видно з таких даних:

Глини	Відношення $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$	Затримано води після центрифугування %
Каолін	2	2
Бентоніт	7	362

Вбирання — процес двосторонній; він залежить від властивостей обох учасників — колоїдного комплексу ґрунту, з одного боку, і розчину (характеру катіона й аніона, концентрації й кількості розчину, ступеню дисоціації), з другого.

Величина вбирання міняється залежно від характеру ґрунтових колоїдів як амфолітоїдів, мінливості їх заряду, від структури міцели (властивостей поверхневого її шару), а також від реакції середовища. Чим більше у глинистій частині ґрунту відношення  $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$ , а разом з тим — заряд і ступінь ацидоїдності, чим вище рН, тим більше вбирання катіонів. При підкисленні вбирання катіонів зменшується, при підлугуванні, навпаки, збільшується, являючи собою прямолінійну функцію зміни рН (Нікольський та інші).

Явища вбирання мають свої особливості порівняно із звичайними хімічними реакціями. Характерною рисою хімічних реакцій є швидкість. Вона залежить від ступеню дисоціації реагуючих сполук. Через те реакція між розчинами

мілітів (наприклад, нейтралізація кислоти лугом) відбувається швидко. В процесі ж вбирання — перед нами гетерогенна реакція, де тверда фаза навіть не розчиняється у воді, а тимчасом реакція вбирання проходить так швидко, наче перед нами сполука, дисоційована на 100%. Це показали досліди Гедройца й інших дослідників.

Збовтуючи пробу чорнозему з 1,0 нормальними розчинами  $\text{NH}_4\text{Cl}$  і  $\text{NaCl}$ , за різний час взаємодіяння їх з ґрунтом Гедройц одержував практично однакову кількість витисненого кальцію, що видно з таблиці 10. Так само під час збовтування ґрунту з нормальним розчином  $\text{NaCl}$  до розчину перейшло  $\text{CaO}$  (за Гіссінком):

за 5 секунд	—0,756%	за 1 день	—0,780%
за 3 хвилини	—0,780%	за 7 днів	—0,780%

Таблиця 10

Швидкість реакції вбирання  
(за Гедройцем)

Тривалість збовтування ґрунту з розчином	На 100 г ґрунту перейшло $\text{CaO}$ у розчин після збовтування	
	з 1,0 норм. $\text{NH}_4\text{Cl}$	з 1,0 норм. $\text{NaCl}$
5 секунд . . . . .	0,1260	0,1223
3 хвилини . . . . .	0,1610	—
5 хвилини . . . . .	—	0,1210
5 годин . . . . .	0,1629	—
1 доба . . . . .	0,1614	—
3 доби . . . . .	0,1640	0,1234
7 діб . . . . .	—	0,1218

Що тут проявляється саме особливість реакції вбирання, Гедройц довів, вивчаючи іншу гетерогенну реакцію:



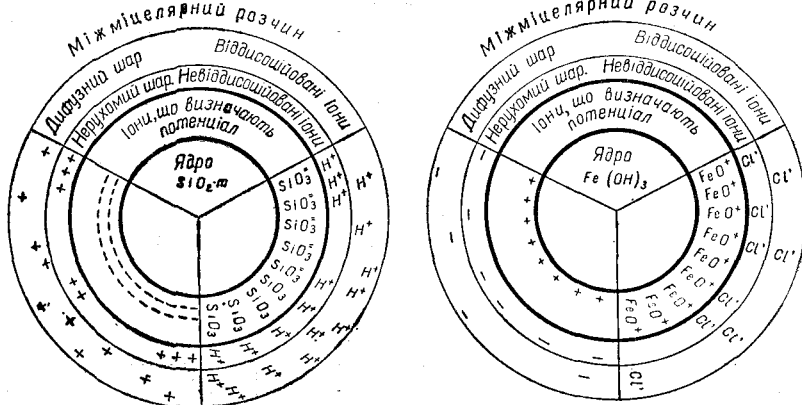
500 мілілітрів  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  (які містили 2,9646 г  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) збовтували з 60 г карбонату кальцію; потім послідовно визначали кількість  $\text{P}_2\text{O}_5$ , який залишався в розчині, а з різниці — кількість увібраного  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Наслідки визначень наводимо в таблиці 11.

Таблиця 11

Тривалість реакції між $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ і $\text{CaCO}_3$	24 год.	8 днів	18 днів	28 днів
У розчині залишалося $\text{P}_2\text{O}_5$ (г) . . . . .	1,3796	0,4562	0,4463	0,4400
Перейшло $\text{P}_2\text{O}_5$ у нерозчинний стан (г) . . . .	1,5850	2,5084	2,5183	2,5264

Як бачимо, ця реакція, типова хімічна реакція обміну між фосфатом натрію, що є в розчині, і тією кількістю карбонату кальцію, яка встигла перейти в розчин, відбувається порівняно з реакцією вбирання надзвичайно повільно.

З наведених фактів видно, що зв'язок між ґрунтовим колоїдом і увібраними катіонами значно слабший, ніж у звичайних сполуках кристалоїдного стану. Саме це разом з усіма особливостями поведінки колоїдів дозволило деяким ученим побудувати таку схему



Мал. 3. Схеми будови міцел з негативним (зліва) і позитивним (справа) зарядами (за Горбуновим).

структури колоїдної міцели, яка має своє «ядро», навколо нього «іонний шар», що визначає «потенціал» частки і слабо зв'язаний з ним «ріп катіонів», які рухаються навколо ґрунтової міцели, або «дифузний шар» (мал. 3). Далі — міжміцелярний розчин.

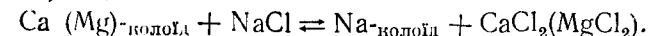
Якщо згадати послідовність витіснення кальцію з ґрунту розчином хлористого амонію, то слід вважати, що ці катіони вкривають поверхню колоїдної частки-міцели не одним шаром, а багатьма, причому за загальним законом зв'язок цих «катіонних шарів» у міру віддалення від поверхні часток слабшає і тому найбільш віддалені «шари» витісняються у першу чергу; навпаки, чим ближче прилягають вони до поверхні міцели, тим важче їх витіснити. А що частки ґрунту і їх агрегати не мають правильної кулястої форми, природно припустити, у світлі сучасних поглядів на явища гетерогенного каталізу, існування більш активних ділянок на поверхні міцел, які діють енергійніше, ніж сусідні з ними, менш активні\*.

\* На поверхні кристалічної решітки навколо її катіонів і аніонів існують силові поля, які дають змогу вбирати аніони, катіони й полярні молекули з навколишнього розчину. Крім того, геометричне положення різних точок поверхні визначає їх активність: атом всередині звичайної решітки куба зв'язаний з сусідніми атомами в шести напрямках. Таким чином, діючи на нього сили

Друга особливість вбирання ґрунтом катіонів полягає в своєрідній, порівняно із звичайними гетерогенними реакціями, залежності від концентрації розчину, а при незмінній концентрації — від кількості розчину; причому з більш концентрованих розчинів вбирається відносно менша кількість катіонів.

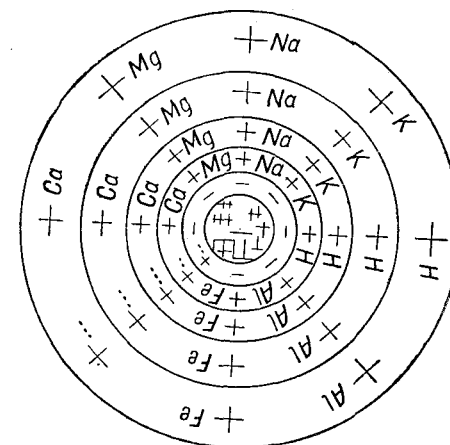
При послідовному промиванні ґрунту розчинами хлористого амонію спочатку вбирається найбільша кількість амонію і найбільша кількість кальцію витісняється саме першими порціями розчину хлористого амонію. Дальше промивання мало додає до того, що вже одержано після першого. Нарешті, внаслідок вбирання не утворюються хімічні сполуки, які відповідали б певній формулі. Це — «вбірні сполуки», «бертолїди» (за визначенням Курнакова) або «мутабільні (мішні) сполуки» (за визначенням Ферсмана).

Замість увібраного катіону з ґрунту витісняються обмінні катіони, які досі в ньому містилися — у більшості ґрунтів Ca і Mg, а також H, Na, Al і інші за схемою:



Чи вбирається молекула в цілому? У неелектролітів, звичайно, вбирається молекула в цілому (безобмінне вбирання). Проте при збільшенні концентрації електроліту, разом із зменшенням дисоціації, відбувається чимраз більше вбирання без обміну; кількість витіснених катіонів Ca, Mg і інших відстає від вбирання іона амонію, тобто у розчинах електролітів частково відбувається процес вбирання не тільки катіонів, але й молекул в цілому. При невисоких концентраціях, навпаки, вміст аніона в розчині, після взаємодіяння з ґрунтом, не зменшується. Це легко показати, якщо діяти на ґрунт дуже слабкими розчинами FeCl<sub>3</sub> або CuSO<sub>4</sub>; у фільтраті (в перших порціях) не можна виявити ні Fe<sup>3+</sup>, ні Cu<sup>2+</sup>, тимчасом як концентрація Cl<sup>-</sup> і SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> не міняється.

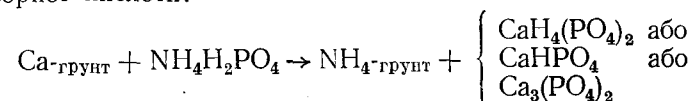
Відемо урівноважуються, тоді як атом, що лежить на площині, має одну неперешкоду «свободу» або валентність, атом, що лежить на ребрі — дві, атом, що займає ріжок — три. Навколо цих точок збільшуються силові поля, а разом з тим — і їх активність.



Мал. 4. Схема будови негативно зарядженого ультрамікрона (ядро, подвійний електричний шар, внутрішній шар — аніони і зовнішній — ріп катіонів).

## ВБИРАННЯ АНІОНІВ

Аніони у звичайних ґрунтах (де переважає ацидоїдний характер мінеральних колоїдів, тобто де  $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} > 1$ ) не вбираються. Виняток становить суто хімічне осадження аніона в ґрунті внаслідок обмінної реакції, що відбувається, як відомо, разом з вбиранням катіона. Цей процес буває лише з тими аніонами, які з кальцієм ґрунту дають нерозчинні сполуки («хімічне вбирання» за Гедройцем). Це видно з реакції чорноземного ґрунту з фосфатами при умові, коли відбувається хімічне вбирання (осадження) аніона фосфорної кислоти:



Чорнозем сильно затримує іон  $\text{PO}_4^{3-}$ . Проте, як тільки витіснити з нього Ca, замінивши його іонами Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, вбирання  $\text{PO}_4^{3-}$  зменшується майже до нуля.

Звідси видно, що після взаємодіяння ґрунту з розчинним фосфатом амонію кількість фосфорної кислоти у розчині зменшується, але зменшується не внаслідок вбирання її аніона колоїдними частками, а тільки завдяки реакції (вторинній) з кальцієм, витісненим з ґрунту.

Очевидно, це затримання аніона фосфорної кислоти з вбирною здатністю, у справжньому розумінні цього слова, нічого спільного не має; це — хімічна реакція.

Таблиця 12

Енергія витіснення барію з ґрунту, насиченого цим елементом, залежно від валентності катіона (за Гедройцем)

Чим витіснено		Витіснено барію в м/екв. на 100 г ґрунту
Однозначні катіони	Хлористим літієм . . . . .	3,8
	» амонієм . . . . .	6,5
	» натрієм . . . . .	4,5
	» калієм . . . . .	6,8
	» рубідієм . . . . .	7,8
Двозначні катіони	» магнієм . . . . .	7,7
	» кальцієм . . . . .	10,2
	» кадмієм . . . . .	11,0
	» кобальтом . . . . .	11,3
Тризначні катіони	» алюмінієм . . . . .	16,7
	Хлорним залізом . . . . .	18,7

Тимчасом це явище має для землеробства надзвичайно велике значення. Воно свідчить про те, що ґрунти, бідні на увібраний кальцій (ненасичені кальцієм), нездатні затримувати в собі фосфорну кислоту із внесених добрив і що поява у ґрунтовому розчині іонів Fe і Al сприяє утворенню недоступних рослині фосфатів заліза й алюмінію (у червоноземах Західної Грузії і підзолистих ґрунтах). Таким чином, виявляється, що для ефективності фосфатних добрив має неабияке значення вапнування підзолистих ґрунтів, тобто збільшення вмісту увібраного ними кальцію.

*Справжнє вбирання іона  $\text{PO}_4^{3-}$*  Із зменшенням величини рН ґрунту вбирання  $\text{PO}_4^{3-}$  стає дедалі помітнішим (так само, як і при зниженні відношення  $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$ , як, наприклад, у червоноземах). Причина цього — перезарядка колоїду (див. стор. 48), а також поява розчинних сполук Al і Fe.

*Енергія вбирання.* Не всі катіони ґрунту вбирає однаково, з однаковою енергією. Ми вже бачили, що коагуляція залежить як від валентності, так і від атомної ваги катіонів. Щодо енергії вбирання, то, за Гедройцем, маємо той самий ряд, що й для коагуляції (табл. 6, 12).

З ґрунту, штучно насиченого іоном кальцію, він витіснявся екімолекулярними розчинами різних солей у такій кількості (на 100 г ґрунту):

Хлористим літієм	0,032 г	хлористим рубідієм	0,113 г
» амонієм	0,114 »	» магнієм	0,104 »
» натрієм	0,037 »	» кобальтом	0,136 »
» калієм	0,101 »	» алюмінієм	0,152 »

Прийчиною неоднакового вбирання різних катіонів є те, що у водних розчинах вони існують не самостійно: кожний катіон гідратований, тобто оточений оболонкою з молекул води. Якщо порівняти вбирну здатність катіонів не в водних, а, скажімо, в спиртових розчинах (де водна оболонка навколо катіонів не утворюється), то легко переконатися, що енергія вбирання усіх катіонів більш або менш вирівнюється. Так само енергія вбирання катіонів вирівнюється, якщо брати дуже концентровані розчини електrolітів, бо при цьому зменшується ступінь гідратації кожного катіона зокрема (Гедройц).

Енергія вбирання залежить не лише від властивостей катіона. Не менше вона залежить і від властивостей самого ґрунту, а також і від характеру аніона (при тому самому катіоні), від ступеню гідратації, від його основності.

Звичайний метод визначення вбирної здатності ґрунтів такий: 25 г ґрунту (обчислюючи на абсолютно сухий), просіяного крізь сито з дірочками 0,5 мм, енергійно збовтують з 50 см<sup>3</sup> 0,1 нормального розчину перекристалізованого NH<sub>4</sub>Cl. Профільтрувавши його крізь складчастий фільтр, визначають у фільтраті неввібраний



амоній газометричним способом у азометрі з застосуванням бромноватистого лугу (NaBrO) \*. З різниці обчислюють кількість увібраного амонію у міліграмах і міліграмеквівалентах на 100 г абсолютно сухого ґрунту.

Склад обмінних катіонів у різних ґрунтах неоднаковий: у чорноземі 80—90% місткості становить Ca, за ним іде Mg. У солонці крім Ca і Mg в увібраному стані є ще Na; у підзолах — H-іони й Al.

Місткість вбирання S звичайно обчислюється з суми міліеквівалентів обмінних катіонів, тобто  $S = \text{мг-екв} (\text{Na} + \text{K} + \frac{\text{Mg}}{2} + \frac{\text{Ca}}{2} + \frac{\text{Fe}}{2} + \frac{\text{Al}}{3} + \dots + \text{H})$ .

Ступінь «насиченості основами» в такому разі дорівнюватиме в процентах до повної місткості:  $V = \frac{S - \text{H}}{S} \cdot 100$ .

Проте для розуміння ґрунтових процесів і для розв'язання питань про вапнування і, тим більше, про гіпсування треба знати не «насиченість взагалі», а насиченість кальцієм.

Крім того, при такому підході не беруть до уваги, по-перше, неоднакової енергії вбирання (як і коагуляційної здатності різних катіонів) — тобто складають по суті нерівноцінні величини; по-друге, у явищах вбирання, як завжди в природі, взаємодіють протилежні фактори: вбираний катіон з його особливими властивостями й будовою (діаметром, електронною оболонкою, ядром, валентністю, і ін.) — з одного боку, і аніон — з другого. Величезне значення мають і властивості адсорбента — колоїдної міцели — ґрунту.

Як показали наші давні досліді (1919 р.), підтверджені новішими, різні ґрунти й різні ґрунтові мінерали мають неоднакову енергію вбирання різних катіонів. Одні дужче вбирають калій, другі — амоній, треті — кальцій і т. д. Ми встановили далі, що для солонцю, навіть при низьких концентраціях розчинів, енергія вбирання кальцію значно більша, ніж амонію.

Це — результат зміни будови міцели колоїдів солонцю: очевидно, у зовнішньому «іонному шарі» (див. мал. 3) замість OH-іонів з'являються іони  $\text{HSiO}_3^-$ , які з кальцієм дають важко розчинні сполуки.

Як видно з цього, згаданий вище метод визначення насиченості ґрунтів (V) неприйнятний ні для теоретичної, ні для практичної мети, бо він не враховує особливостей учасників процесу вбирання — ні вбраного катіона, ні самого адсорбента — колоїдної міцели.

Більші можливості для характеристики специфічних особливостей колоїдного комплексу і визначення насиченості його кальцієм дає запропонований автором спосіб, де порівнюється вбирання

\*  $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;  
 $2\text{NH}_3 + 3\text{NaBrO} = \text{N}_2 + 3\text{NaBr} + 3\text{H}_2\text{O}$ .

двох катіонів — амонію, якого звичайно не буває в увібраному стані, і цікавого для нас (у зв'язку з потребою ґрунту до вапнування й гіпсування) кальцію. Це дає змогу встановити, скільки не вистачає кальцію для насичення ґрунту.

Очевидно, чим більше насичені колоїди кальцієм, тим менше його вбиратиметься і навпаки.

Знаючи величини вбирання  $\text{NH}_4$  й Ca з еквівалентних (0,1 нормальних) розчинів їх хлоридів, легко обчислити ступінь насиченості ґрунту кальцієм. Коефіцієнт насиченості  $V_{\text{Ca}}$  можна визначити формулою:

$$V_{\text{Ca}} = \frac{A - K}{A} \cdot 100,$$

де A і K — величини вбирання  $\text{NH}_4$  і  $\frac{\text{Ca}}{2}$  в міліеквівалентах на 100 г ґрунту.

Місткість колоїдів щодо кальцію —  $S_{\text{Ca}}$  легко визначити, якщо знатимемо вміст обмінного кальцію (визначення цілого з частини). Тоді місткість дорівнюватиме:

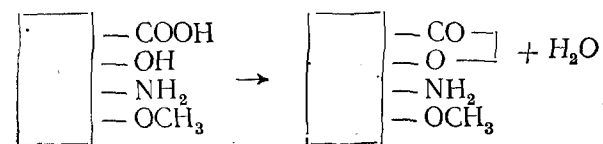
$$S_{\text{Ca}} = \frac{\text{вміст обмінного Ca}}{V_{\text{Ca}}} \quad \text{або} \quad S_{\text{Ca}} = \frac{C}{K}.$$

Перевага цього методу полягає в тому, що він, по-перше, урахує енергію вбирання дуже важливого для ґрунту кальцію і, по-друге, дає можливість визначити насиченість кальцієм карбонатних ґрунтів і порід.

Так, автор уперше виявив цікаве явище ненасиченості кальцієм карбонатних лесів, яке має важливе значення при вивченні цих порід.

Всупереч думкам, що існували до недавнього часу, величина вбирної здатності і місткості вбирання не така вже стала: вона мінняється, по-перше, з часом, під впливом старіння колоїдів і навіть при підсушуванні (дегідратації) їх, а, по-друге, при зміні реакції, зменшуючись при зниженні величини рН. Досвід показує, що вбирання катіонів безперервно збільшується разом із збільшенням величини рН, являючи її лінійну функцію (Нікольський, Парамонова).

У першому випадку причина зменшення місткості полягає в тому, що, втрачаючи воду, гумус зменшує кількість полярних іоногенних груп, здатних до дисоціації й зв'язування катіонів. Це стосується, передусім, сполук, які містяться в перегної, де з основним ядром зв'язані групи  $\text{COOH}$ ,  $\text{OH}$ ,  $\text{NH}_2$ ,  $\text{OCH}_3$ . Тут при втраті води утворюються замкнені неактивні кільця, нездатні до реакції вбирання:



У другому випадку позначаються властивості колоїдів ґрунту, як амфолітоїдів, тобто сполук, здатних відігравати роль то основи і сполучатися з кислотою, то кислоти й зв'язувати основи.

Як ми вже знаємо, глини у різних співвідношеннях містять у собі  $\text{SiO}_2$  — ацидоїд і  $\text{R}_2\text{O}_3$  ( $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) — базойд, тобто  $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3} \leq 1$ . Відношення  $\frac{m\text{SiO}_2}{n\text{R}_2\text{O}_3}$  у глині то зменшується нижче 2 (у червоноземах і латеритах), то збільшується до 6—7.

Чим вище співвідношення  $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$ , тим вищі «кислотні» властивості глини, тим більша місткість вбирання, тим вища здатність її зв'язувати основи, вбирати катіони, а також воду; навпаки, при зниженні відношення  $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$  зменшується вбирання катіонів, зростає зв'язування аніонів.

З другого боку, колоїди глини, як амфолітоїди (тобто подібні до амфолітів, які дають справжні розчини — наприклад, до амінокислот) змінюють свій знак і заряд залежно від зміни рН середовища, — чим вища величина рН, тим вищий негативний заряд часток глини, тим більша їх вбирна здатність до катіонів, тим більша їх місткість (Нікольський). Навпаки, чим нижче рН, тим менший негативний заряд, тим слабше вбирання катіонів. При деякому, характерному для кожного колоїду значенні рН, він стає електро-нейтральним (ізоелектрична точка), набуваючи при дальшому збільшенні кислотності (зменшенні рН) уже позитивний заряд і, разом з тим, різко виявлену здатність до вбирання аніонів. Таким чином, колоїди глини здатні перезаряджатися.

Чим вище в глині відношення  $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$ , тим нижче ізоелектрична точка, тим важче відбувається перезарядка і навпаки. Для перегнійних речовин її не досягнуто; гумус в цілому — електронегативний.

#### Вплив увібраних катіонів на фізичні властивості ґрунтів

Величина вбирної здатності ґрунту — не тільки показник розподілу колоїдів у профілі ґрунту (табл. 7, 8, і 9). З нею зв'язаний цілий ряд явищ величезного значення, які відбуваються в самому ґрунті. Повернімося знову до наших лійок (стор. 60), промитих міцним розчином хлористого амонію або хлористого натрію. Якщо ґрунт, з якого витіснена значна кількість кальцію, почати знову промивати дистильованою водою, то дуже швидко виявляться наслідки втрати кальцію. Спочатку у пробірку, підставлену під лійку, надходить прозорий розчин, а через кілька хвилин стає помітним сильне потемніння витікаючої рідини, яка дає спершу бурувате кільце, а потім набирає чорнобурого кольору. Це тече гумус, який, замінивши кальцій на натрій, став розчинним. Це —

втрати, яких зазнає ґрунт, позбувшись (хоч би частково) свого обмінного кальцію. Можна сказати, що чорнозем стікає «чорною кров'ю» після втрати кальцію. На підзолистому ґрунті, бідному гумусом, це явище мало позначиться, бо в ньому взагалі мало гумусу. Очевидно, підзолисті ґрунти, що містять мало обмінного кальцію, нездатні затримувати в собі гумус і колоїдну глину, які дощовою водою вимиваються у глибші горизонти, де створюється дуже чіпкий щільний шар. Такий самий шар (тільки значно вище) знаходимо й у солонцях.

Слід відзначити ще одну характерну зміну ґрунту. Якщо вивчати послідовно (скажімо, через кожні 5 хвилин) швидкість фільтрації, відраховуючи краплі або вимірюючи кількість рідини, яка профільтрувалася за хвилину, ми швидко переконаємося в тому, що проникність води в ґрунт, який втратив хоч би частину кальцію, прогресивно зменшується. Спочатку падає 30—40 крапель за хвилину, потім ця кількість зменшується до 5, 2, 1; потім 1 крапля падає за 5 хвилин, за 10 хвилин і фільтрація кінцем кінцем припиняється зовсім. Що це значить?

У своєму місці ми покажемо, що фільтраційна здатність ґрунту залежить від його пористості, від розміру пор у ньому. Різке зменшення фільтрації у наведеному випадку свідчить про те, що пористість ґрунту послідовно зменшується. Це відбувається тому, що ґрунт злиплюється, бо структурні агрегати — структурні зерна й грудочки ґрунту — розлиплюються і частки, які з них виділяються, набухають і закупорюють пори, зменшуючи їх просвіт.

Втрати кальцію в ґрунті призводять до катастрофічного руйнування його структури. Чим структурніший був ґрунт (наприклад, чорнозем), тим більші, тим глибші зміни при цьому відбуваються, тим крутіше падає крива фільтрації.

Навіть жовті й сірі (гумусні) піски у даному випадку, по-перше, швидко дають забарвлені фільтрати, а по-друге, у сотні разів зменшують свою водопроникність внаслідок пептизації й набрякання колоїдних плівок, які вкривають зерна кварцу.

Звідси видно, що увібраний кальцій відіграє в ґрунті виняткову роль: він — своєрідний «сторож» ґрунту, який оберігає його структуру, не допускає її до небажаних змін, затримує, коагулює колоїдну частину і, зокрема, гумус, не дає йому вимиватися, пересуватися у глибші горизонти.

Роль вбирної здатності ґрунту надзвичайно різноманітна. Щоправда, колись агрикультурхіміки зводили її лише до того, що вона дає можливість добривам затримуватися в ґрунті. Проте це не зовсім відповідає дійсності, бо, як правило, вбираються самі тільки катіони (натрій, калій, магній, амоній, кальцій тощо). Отже, з розчину натрової селітри ( $\text{NaNO}_3$ ) не вбирається саме найцінніша її частина. Не завжди вбирається аніон фосфорної і сірчаної кислот. Вбираються непотрібні рослинам у великий

кількості натрій, кальцій, магній. Азот вбирається лише в формі солей амонію —  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  і інших; як правило, бракує в ґрунті обмінного калію і т. д.

Не має також підстав і друге припущення про те, що внаслідок вбирної здатності ґрунт ніби-то може регулювати концентрацію ґрунтового розчину, підтримувати її на рівні, не шкідливому для рослин. Адже загальна концентрація ґрунтового розчину, після реакції вбирання, лишається незмінною, за винятком тих випадків, коли вона збільшується настільки, що вже починають вбиратися і молекули в цілому. Проте це такі концентрації, при яких сільськогосподарські рослини, у всякому разі, жити нездатні (як на солончаках).

Зате ввібрані катіони надзвичайно впливають на фізичні, хімічні, а через них і на біологічні властивості ґрунтів. Для цих властивостей ґрунтів, а разом з тим і для агрономічних їх особливостей має неабияке значення, чим саме насичений колоїдний комплекс ґрунту — кальцієм, чи натрієм, амонієм і т. д. У першому випадку маємо добрий структурний ґрунт, який у сухому стані легко кришиться, розсипаючись під дією знарядь обробітку, легко ореться, добре пропускає крізь себе воду. Весною і після дощів роботу на структурному ґрунті можна починати раніше — ґрунт скоріше протрясає, не так мажеться, не липне до коліс, плуга, ніг коней і людей. В останньому випадку, якщо колоїдний комплекс ґрунту вбирав замість кальцію значну кількість натрію, амонію або калію, ґрунт різко погіршує свої якості, стаючи надзвичайно твердим (як камінь) в сухому стані і липким, в'язким (як колісна мазь) у вологому стані. Очевидно, і здатність до обробки ґрунту у цих двох, таких різних станах не однакова. Неоднакові й умови росту і розвитку на них культурних рослин; різна й продуктивність праці у землеробстві.

Цього уже досить, щоб пояснити величезний інтерес до колоїдів ґрунту і до його вбирної здатності.

### СТРУКТУРА ҐРУНТУ

Із колоїдами і вбирною здатністю найтісніше зв'язане структуроутворення і види структури ґрунту.

Факторами структури або структурності ґрунту, тобто здатності його кришитися на окремі агрегати, є насамперед ті ж самі колоїди ґрунту, про які ми говорили (ні пил, ні пісок цієї здатності не мають), а саме: глина і гумус, що зв'язують в одне ціле не лише дрібні, але й крупніші механічні елементи ґрунту. У структурних агрегатах (грудочках) чорнозему ми знаходимо

пилуваті частки і навіть піщинки, якщо вони в даному ґрунті є. Проте колоїдна частина може склеювати частинки ґрунту лише в тому випадку, якщо вона в достатній мірі насичена кальцієм. Адже відомо, що кожне порушення співвідношення між кальцієм і ґрунтовими колоїдами завжди обумовлює більше або менше порушення структурності ґрунту.

Де немає цих двох моментів — ґрунтових колоїдів і кальцію — там немає і скільки-небудь оформлених агрегатів.

У лучних ґрунтах, де навесні ґрунтові води містять у собі багато закисного заліза —  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ , іон  $\text{Fe}^{++}$  також виявляє себе як енергійний коагулятор. Звичайно, чим більша кількість неколоїдних часток, чим вони грубіші, тим більше потрібно колоїдів, щоб їх зв'язати.

Проте утворення структури в природі не може бути зведено до самої тільки коагуляції. Адже коагуляція золів відбувається у новсім інших умовах, ніж структуроутворення в ґрунті: при коагуляції дисперсне середовище — рідина, а при структуроутворенні — тверда фаза; там дисперсна фаза — тверда, тут — рідка. При коагуляції в золях утворюються мікроагрегати, при структуроутворенні в ґрунті — макроагрегати.

Ідеальний процес утворення такої: спочатку маса ґрунту під впливом зволоження і насичення, то, набрякаючи, збільшується в об'ємі, а потім, напнявшись, розтріскується і розсипається на окремі грудочки. Кількість і ширина тріщин залежить від того, чим насичена маса ґрунту. При насиченні його натрієм утворюється ущільнена маса, яка лише при сильному внутрішньому напруженні розбивається на широкі, з невеликою кількістю тріщин, крупні багатогранні окремість — полігони. Навпаки, ґрунт і порода (наприклад, лес), насичені кальцієм, при тих же умовах розбиваються волосинними тріщинками на величезну кількість діляночок — невеличких грудочок.

Це можна спостерігати, наприклад, на полях з раннім паром на чорноземі, де утворені під час пізньої оранки брили через два-три тижні уже легко кришаться, розпадаючись на структурні грудочки під впливом дощів та інсоляції.

Дехто вважає, що вирішальну роль у структуроутворенні відіграє коренева система багаторічних злаків. За цим поглядом корені багаторічних злаків неначе розклинують ґрунт і тим самим ущільнюють грудочки. Проте тиск, який створюється мочкуватим корінням, дуже незначний, щоб робити структуру. До того ж цій думці суперечить зміна характеру структури цілинного чорнозему в профілі: згори, з поверхні структурні грудочки (агрегати) — найдрібніші (порошинисті); вони збільшуються з глибиною, де маса коріння зменшується, а температура і волога ґрунту значно сталіші, ніж у поверхневому горизонті.

На безструктурних ґрунтах, наприклад, підзолистих, навіть корені дерев самі, шукаючи лінії найменшого опору, цілими жмутами збираються у тріщинах щільного ілювіального горизонту.

Крім того, у добрих структурних ґрунтах грудочки справжньої структури мають високу пористість, різко відрізняючись, наприклад, від брилок солонцю, надзвичайно щільних і з незначною кількістю пор.

Дальша стадія в розвитку структури — поява *водостійкості* як основної агрономічної її властивості. Адже самого утворення структурних грудочок ще замало. Для землеробства важливо, щоб ці грудочки були досить водостійкими, не розпливалися від води. Тимчасом, коли б справа була лише в самому увібраному кальції, то такої водостійкості досягти не можна було б. Після кожного більш-менш значного дощу вода, яка містить у собі вуглекислоту, неминуче витісняє кальцій, замінюючи його, принаймні частково, на іон водню, а це обумовлює зниження насиченості ґрунту кальцієм з усіма наслідками, що звідси випливають для структури ґрунтів (замулювання, утворення корки після висихання і т. ін.). Очевидно, слід турбуватися про те, щоб і після вимивання кальцію структура ґрунту більш-менш зберігалася.

В утворенні водостійкої ґрунтової структури особливу роль відіграє гумус, здатний переходити (принаймні, частково) у необоротну форму. Дослідження Костичева і наші встановили, що в ґрунті, наприклад, у чорноземі, після відділення увібраного кальцію, тільки частина гумусу пептизується, робиться «розчинною» — це «активний» високодисперсний гумус, важливий фактор ґрунтової структури. Він насичує ґрунт, коагулюється кальцієм і разом з тим створює структурні грудочки. Під впливом висушування цей гумус переходить у необоротну «пасивну» форму, втрачаючи здатність пептизуватися навіть після відділення кальцію. Цей «пасивний» гумус і надає чорноземові чудової водостійкої структури, що довго не замулюється від дощів та зрошення. Восени ж і навесні, при значному зволоженні, розкладаючись бактеріями, він знову переходить у більш дисперсну форму, і структура ґрунту частково руйнується, розпливається.

Роль гумусу в утворенні й збереженні структури не така проста, як то раніше думали, і зв'язана з походженням гумусу і його перетвореннями.

Джерелом гумусу є рештки рослин, їх коренів і наземних органів. Продукти розпаду решток рослин спочатку бувають у малекулярно розчинній формі; це — за Вільямсом — «діяльний» *перегній*. Весною, промиваючись водою, він насичує грудочки ґрунту, потім окислюється і темніє, переходить у колоїдний стан, закріплюючись (коагулюючись) наявними в ґрунтовому розчині іонами кальцію («активний» гумус).

З часом, внаслідок дегідратації (висихання, старіння), втрачаючи воду, цей «активний» гумус частково переходить в необоротну «пасивну» форму, нездатну до пептизації навіть після витіснення кальцію іонами Na, K, NH<sub>4</sub> і H, і надає водостійкості (міцності) грудочкам ґрунту.

Роль наземних частин трав як джерела перегною в ґрунті видно із того, що під нескошуваними перелогами в Кам'яному степу (Воронезької області) ґрунт містить більше гумусу, ніж поряд, де трава скошувалася.

Тим-то для створення і підтримання структури треба весь час поповнювати запас «діяльного» (Вільямс), іншими словами, свіжого перегною, а це можливо лише тоді, коли ввести в сівозміну трави з густою кореневою масою в верхній частині ґрунту.

Не всяка структура (тобто, не всякі грудочки) однаково цінна. У ґрунтах буває велика різноманітність структурних форм: зерниста, грудкувата, горіхувата, листувата, шарувата, плитчаста, стовпчаста, призматична. Кожному типові ґрунту, кожному горизонтові властива своя особлива структура. Певна річ, піщані ґрунти не мають ніякої структурності. Для них має значення утворення на поверхні піщинок колоїдної оболонки із глинистих часток або із гумусу. Ці «колоїдні сорочки» утримуються на поверхні часток піску, пилу і глини з допомогою кальцію, який служить наче для з'єднання між ними, і пептизуються після витіснення кальцію.

В агрономічній зернистій (з величиною зерна 3—5—10 мм) і більш або менш округлої форми, позбавленої гострих ріжків, структурі маємо своєрідну єдність протилежних властивостей. Структурні ґрунти добре кришаться в сухому стані, розпадаючись на численні агрегати, даючи досить пухку дрібнозернисту ріллю, у вологому ж стані не розмокають, не розпливаються, не замулюються, виявляючи, таким чином, і потрібну для механічної обробки пухкість, і стійкість проти розпилення, та проти замулювання й утворення корки.

Серед численних форм ґрунтової структури виняткове агрономічне значення має дрібнозерниста структура (макроструктура) з округленими формами зерен розміром 3—5—10 мм (від величини горошини — до розмірів невеликого горіха). Як показали численні спостереження, у природі лише така структура сполучає в собі ті протилежні властивості, про які тільки що говорилося — пухкість ґрунту і водостійкість грудочок. Найцінніша макроструктура середніх розмірів.

Якщо розділити на ситах зразок структурного чорнозему на фракції різного діаметра, легко показати, що після змочування і поступного висушування на повітрі зразки мікроструктурної маси надзвичайно розтріскуються. У міру ж збільшення діаметра грудочок розтріскування чимраз зменшується, бо зменшується замулювання поверхні.

Зв'язок між стійкістю структури і формою агрегатів вияснюється, якщо порівняти ступінь дисперсності зернистого й грубо грудкуватого чорнозему. Структурні агрегати із зернистого чорнозему були в чотири рази стійкіші проти розмивання, ніж грудки другого зразка чорнозему.

За допомогою простого підсушування ґрунту, як видно із таблиці 13, при температурах, які часто бувають у ґрунтах влітку, стійкість ґрунтової структури проти розмивання надзвичайно підвищується. При цьому набувають водостійкості не лише структурні агрегати насиченого кальцієм чорнозему, але навіть і чорнозему, зовсім позбавленого кальцію, тобто там, де кальцій штучно замінений натрієм. Отже, в даному разі навіть витіснення кальцію не так уже шкодить завдяки присутності необоротного «пасивного» гумусу.

Звідси зрозуміло, що навіть на ненасичених кальцієм ґрунтах певне висушування ріллі в процесі обробітку на деякий час трохи поліпшує структурність ґрунтів, наприклад, на солонцях Півдня. Звідси ж — навесні раніша стиглість ріллі на ділянках з ранньою зяблевою оранкою, на яких урожай ярилин на Полтавській дослідній станції був у середньому більш як на п'ять центнерів вищий, ніж на пізній. Так само, до певної міри, поліпшує структурність ґрунту проморожування — як внаслідок механічного розпушування, так і тому, що при цьому створюється більша концентрація електролітів у ґрунтовому розчині і зневоднення колоїдів.

Таким чином, ґрунтові колоїди і кальцій, що насичує їх, є основними факторами структурності, а своєрідність одного з цих колоїдів — гумусу — допомагає створенню водостійкої структури. Що при цьому справді відбувається перехід гумусу частково в необоротну форму, зниження ступеня його дисперсності, видно із даних Вернандер і автора (таблиця 13).

Таблиця 13

Вплив «старіння» і підсушування на вміст «активного мулу» в чорноземі

Проби	Чорнозем		Чорнозем висушений	
	У природному стані	Повітряно-сухий	В експерименті над $\text{CaCl}_2$ при $t=12^\circ\text{C}$	У термостаті при $t=50^\circ\text{C}$
Вміст мулу в процентах				
Чорнозем полтавський, звичайний:				
а) горизонт 0—8 см в 1916 р. . .	—	18,7	—	—
б) горизонт 0—8 см в 1922 р. . .	—	12,5	—	—
в) горизонт 42—50 см . . . . .	—	26,2	—	23,0
Чорнозем Харківської дослідної станції (перехід до глибокого):				
горизонт 0—8 см . . . . .	21,2	19,3	14,5	12,0

Як видно, лише перебування зразка чорнозему в кімнаті протягом шести років знизило вихід мулу в півтора рази. Це значить, що здатність ґрунту диспергуватися зменшилася, а водостійкість структури збільшилася.

## ДИНАМІКА СТРУКТУРНОСТІ ҐРУНТУ

Навіть у найбільш структурному ґрунті — чорноземі — структура не лишається завжди однаковою протягом круглого року. Як зазначав свого часу Костичев, протягом вегетаційного періоду структура ґрунту то погіршується, то поліпшується, змінюючись навіть на чорноземі. Справа в тому, що восени і навесні, коли вода, що промиває ґрунт, виносить із верхніх горизонтів кальцій, ґрунт збіднюється кальцієм і його структура, певна річ, погіршується.

Під впливом надмірного зволоження, яке завжди буває в ці моменти навіть на чорноземах, доля гумусу, що міститься в ґрунті, різко міняється. Та його частина, що перейшла в пасивну форму протягом літньої посухи, в цей час під впливом мікроорганізмів розпадається і позбавляє ґрунтові структурні агрегати міцності, якої вони набули завдяки підсушуванню. З цим зв'язані і зміни ступеня дисперсності чорноземних ґрунтів.

Влітку, в міру висихання ґрунту, гумус, який став за осінньо-весняний період більш розчинним внаслідок переходу в активну форму, просочивши рівномірно ґрунтову масу, знову починає потроху переходити в необоротну форму. Уже наприкінці травня ми знову бачимо (наприклад, на зораному паровому полі), що окремі брили, які утворилися при оранці, уже чудово розсипаються, кришаться, даючи зернисту, дрібногрудкувату масу.

## СТРУКТУРНІ Й БЕЗСТРУКТУРНІ ҐРУНТИ

Ґрунти ділять на структурні і неструктурні з численними переходами між цими крайніми полюсами. До структурних ґрунтів належать суглинкові «нормальні»\* чорноземи, в достатній мірі насичені кальцієм, з достатнім вмістом гумусу, а також лучні ґрунти. Безструктурні ґрунти — підзоли і солонці. Більш або менш погіршеною структурою відзначаються як сірі лісові ґрунти, так і чорноземні, які зазнавали впливу процесів деградації (опідзолювання чорнозему під впливом лісу) або впливу осолонцювання.

\* Термін «нормальний» вживається тут умовно, для визначення чорноземів, не зачеплених ні опідзолюванням, ні солонцевим процесом на відміну від чорноземів, що зазнали дії підзолювання та солонцевого процесу — опідзолених (леградованих), солонцюватих, осолоділих ґрунтів.

Зважаючи на все сказане, треба визнати, що сам лише механічний обробіток ґрунту структури ще не створює, хоч і розбиває ґрунт на масу випадкової форми і величини уламків-грудочок. Якщо ґрунт не має досить виражених факторів структури, ці грудочки при першому ж дощі розпливаються, руйнуються. Ґрунт легко осідає, зовсім знищуючи результати обробітку.

Особливо цікаво порівняти між собою, наприклад, дві ділянки солонцюватого ґрунту, з яких одна гіпсована, а друга — негіпсована. Перша протягом усього літа зберігає на собі сліди оранки, уже здалеку впадаючи в очі своїм культурним виглядом, тимчасом як друга при таких же умовах являє суцільну білу, тверду поверхню (Можейко). Це стосується і до підзолистих ґрунтів, які у населення північної частини СРСР дістали назву «припадливих» ґрунтів — «захлести», «заклечі», «луди» і т. д.

Багаторічна трав'яниста рослинність теж сама по собі не створює ґрунтової структури там, де немає найпотрібніших факторів структури (насиченості колоїдів кальцієм і відповідного співвідношення між мінеральними й органічними колоїдами). Так, наприклад, ні на півдні України, ні на південному сході СРСР на цілинах немає гарної зернистої структури на бурих ґрунтах, каштанових і солонцюватих південних чорноземах, незважаючи на тисячолітній вплив на них багаторічної трав'янистої рослинності. Тут доводиться відзначити, що, за наявними даними, залишення під переліг (або під багаторічні трави) як слід поліпшує структуру ґрунту тільки на «нормальних» чорноземах; на солонцюватих чорноземах Півдня і Південного Сходу, на бурих ґрунтах сухих степів трави впливають дуже мало, якщо побіжно не проводити гіпсування, а на підзолистих ґрунтах і на солодях — вапнування.

Для створення структури на таких ґрунтах при запровадженні правильних сівоборотів з травами потрібне гіпсування і вапнування їх.

Крім зазначених вище природних факторів, для одержання структурного, тобто культурного ґрунту має важливе значення також і агротехніка — обробіток поля в стані стиглості ґрунту. Стиглістю зветься стан ґрунту, найсприятливіший як для його обробітку й розвитку в ньому мікробіологічних процесів, так і для зростання сільськогосподарських культур. У стані стиглості ґрунт найлегше обробляється, розсипаючись на грудочки, і вимагає найменшої затрати енергії і часу на оранку; продуктивність праці при обробітку стиглого ґрунту найвища.

Ознаки стиглості ґрунту: стиснута в кулаці грудка ґрунту уже не виділяє води; кинута з невеликої висоти вона легко розсипається. Стигла рілля відзначається зернистою структурою, яка створюється при достатній насиченості ґрунту

іонами кальцію і при певній вологості («волога структуротворення»); розвиток мікробів у ґрунті забезпечує підвищену розчинність сполук кальцію (його бікарбонату), сприяючи в свою чергу стиглості ґрунту.

Зміна температури ґрунту (замерзання і відтаювання, нагрівання сонцем і нічне охолодження), а також зволоження і висихання, обумовлюючи кришення ґрунтових брил, сприяє стиглості ґрунту.

Таким чином, початок і ступінь стиглості ґрунту нерозривно зв'язані з його структурністю.

Надто швидко замерзання ґрунту, що змінюється його пересиханням («зимова посуха»), коли немає снігового покриву, є однією з головних причин «чорних бур» на чорних парах, посівах озимини і на зяблевій оранці на півдні України, на Північному Кавказі і в інших районах СРСР. Це підтверджують досліді з заморожуванням зволоженого ґрунту в рідкому повітрі (температура кипіння — мінус 194°C): після відтаювання і висихання зразок ґрунту перетворювався в пиловату масу (Еренберг).

На структурних ґрунтах стиглість настає рано, при досить високій вологості, і тримається довго. На безструктурних же грун-тах доводиться довго чекати, поки ґрунт «протряхне» і втратить значну частину води, потрібної для урожаю. На ґрунтах з поганою структурою стан стиглості тримається дуже недовго (іноді кілька годин) — спочатку ґрунт сильно мажеться і після деякого часу починає давати брилисту ріллю.

## РУЙНУВАННЯ СТРУКТУРИ

Найкращу структуру мають тільки що розорані й оброблені перелоги і цілині землі (Костичев), а також пласт з-під багаторічних трав. А втім трави впливають не в однаковій мірі на ґрунти різних типів, — краще впливають на ґрунти, забезпечені факторами створення й збереження структури — на нормальні чорноземи, лукові ґрунти; гірше — на підзолисті і солонцюваті.

Особливо погіршується структура на ділянках з інтенсивним паровим обробітком. Наприклад, на Воронежській і Харківській дослідних станціях (глибокий чорнозем) найгірша структура і найбільша дисперсність спостерігалася на постійних парових ділянках; найкраща — на перелогах багаторічних трав (конюшини, люцерни, злаків, еспарцету).

Дуже руйнується структура і при зрошуванні, де вода сильно впливає як фактор ґрунтоутворення. Досліді Павлова показали, що в умовах зрошення сіроземів надзвичайно важливо зберегти поверхню ґрунту від замулювання, яке неминуче буває, коли ґрунт розмивається зрошувальною водою. А що ґрунти Середньої Азії,

засіяні бавовником, безструктурні, то це питання набуває особливого значення. Проте виявляється, що створені обробітком грудочки і в цих ґрунтах можуть устояти від руйнування, якщо їх обережно насичувати водою, а потім уже пускати зрошувальну воду. Виявляється, що при швидкому zalиванні грудочок водою повітря, яке міститься в них, буквально розриває їх; якщо ж грудочки увібрали воду, подану знизу, то стійкість їх надзвичайно зростає.

Зруйнувати справжню структуру до кінця, тобто розбити структурні агрегати на складові механічні елементи, роз'єднавши їх до найдрібніших частинок глини, суто механічними способами, які застосовуються в практиці полеводства, неможливо, хоч наявні методи і знаряддя обробітку дають змогу робити сильне розпушування. Це показали між іншим досліді на Харківщині і на Кубані з багаторазовим боронуванням і коткуванням ґрунту. В цьому випадку відбувається лише розпорошення макроструктурних (видних простим оком) агрегатів до мікроструктурних (пилюватих), які знову легко відновлюються у макроструктурні агрегати.

Погіршується структура і під час обробітку ґрунту в надто вологому або, навпаки, надто сухому стані. Звідси потреба весною вибирати час, коли вологість ґрунту буває найсприятливіша для обробітку, коли ґрунт дійшов стану стиглості. Структура руйнується також і під впливом крапель дощу; крім того, дощова вода почасти виносить кальцій із верхніх горизонтів униз. Навіть на чорноземних ґрунтових шляхах з надзвичайно великим ущільненням ґрунт не втрачає здатності вбирати воду і звідси — бездоріжжя в період осінніх дощів і весняного таяння снігу. Отже, структурні агрегати тут лише деформуються (сплющуються, набуваючи сочевицеподібної форми), легко відновлюючись при зволоженні.

Ще більше розпорошення структурних агрегатів відбувається під впливом хімічних і біологічних процесів — діяння солей Na, K і  $\text{NH}_4$ , розклад і мінералізація перегною.

Вплив добрив виявляється не лише в збільшенні запасу поживних речовин у ґрунті, але в неменшій мірі відбивається на властивостях ґрунтових колоїдів, а разом з тим і на фізичних і хімічних властивостях самого ґрунту. Це цілком зрозуміло, якщо згадати, що більшість мінеральних добрив — це солі K, Na,  $\text{NH}_4$  і почасти  $\text{Mg}$ :  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і  $\text{K}_2\text{CO}_3$  (у попелі). Діючи на ґрунт, вони істотно міняють його властивості так, як це показано вище. Міняється запас обмінного кальцію, який відіграє колосальну роль у змінах стану ґрунтових колоїдів. Сполуки, що витісняють кальцій, разом з тим надзвичайно погіршують і фізичні властивості ґрунту. Це рано чи пізно позначиться на ґрунті (замулювання, утворення корки тощо). Про вплив на

хімічні властивості скажемо далі. Тим-то при інтенсивному застосуванні цих добрив конче потрібно відновлювати співвідношення між колоїдами ґрунту і увібраним, обмінним кальцієм. Для цього потрібно вносити у ґрунт відповідні добрива (вапнування, гіпсування).

Як не можна в умовах господарства механічними методами до кінця зруйнувати структуру ґрунту, щоб неможливо було її відновити, так не можна і створити структуру з допомогою самого лише механічного обробітку ґрунту.

Обробіток ґрунту створює агрономічно цінну дрібногрудкувату (зернисту) структуру ріллі тільки тих ґрунтів, де досить виявлені фактори структури. Там же, де цього немає, рілля буває крупногрудкувата і навіть брилувата. Хоч після обробки її котками — брилодробами і бородами і можна одержати розпушену землю, проте грудки її не мають властивостей агрономічної структури: вони швидко руйнуються дощовою, сніговою і зрошувальною водою, рілля легко замулюється, а висихаючи, утворює корку. Тому треба розрізняти види структури: з одного боку, природна водостійка агрономічно цінна структура і, з другого боку, штучна, нестійка, «псевдоструктура».

Без сумніву, агрономічно важлива і цінна макроструктура\*: лише така структура забезпечує потрібний водноповітряний режим, тільки тоді ґрунт не міняє свого об'єму при змінному зволоженні і висиханні, — отже, не дає шкідливих для рослин і для боротьби з посухою тріщин.

Якщо в ґрунті надто багато гумусу і не вистачає глинистих часток (землісті торфи, чорноземи на сильно карбонатних породах, «пихуни» Сибіру і «попелухи» Заволжя), макроструктура не утворюється; такі ґрунти легко пересихають і, стаючи іграшкою вітру, роблять «чорні бурі», які завдають великої шкоди землеробству півдня України, Башкирії і інших частин СРСР.

Лише при наявності глинистих і пилюватих часток, що відіграють роль «наповнювача» і «обважнювача» для високодисперсного гумусу, забезпечується утворення цінної макроструктури. Так само, як піщинки й порошинки одягаються «сорочкою» із глини і глинисті частки вкриваються плівкою гумусу, який збільшує як клейкість колоїдів, так і водостійкість агрегатів.

Знання факторів утворення ґрунтової структури, теоретично обґрунтоване вище, а також розуміння динаміки структурності ґрунтів дає змогу створювати умови для її поліпшення. Всі вони зводяться до двох основних моментів: до збільшення насиченості

\* Практично з діаметром грудочок 3—5—10 мм. Це легко показати, виділивши на ситах відповідні проби, змочивши їх водою в плоских чашечках і висушивши їх на повітрі. Чим дрібніші були агрегати, тим дужче набрякання і розтріскування зразків.



ґрунтів кальцієм і до зміни вмісту колоїдної частини ґрунту, особливо щодо збільшення кількості гумусу і впливу на його якість.

Значення структури ґрунту (зернистої, «агрономічної») для росту рослин, для обробітку ґрунту, для боротьби з посухою і загибеллю озимини, для боротьби за урожай надзвичайно велике.

Добра структура ґрунту дає змогу починати весняні роботи набагато раніше, при більшій вологості ґрунту, ніж то дозволяють ґрунти з поганою структурою, а тим більше безструктурні ґрунти.

Структурний ґрунт весною раніше набуває стиглості і довше її зберігає, легше ореться, довше зберігає пухкість, мало замулюється, не дає небажаної корки, менше потребує догляду за рослинами, на ньому менше витрачається пального для трактора, менше псуються машини й знаряддя. Структурний ґрунт краще вбирає воду атмосферних опадів, краще зберігає її для потреб урожаю.

У структурному ґрунті забезпечується сприятливе співвідношення між водою і повітрям, а разом з тим і сприятливий для урожаю хід мікробіологічних процесів.

На структурному ґрунті не буває тривалого застою води, взимку не утворюється льодова корка, не буває вимокання і випрівання озимини. Структурний ґрунт навесні раніше звільняється від води і скоріше прогрівається. На структурному ґрунті небезпека «ґрунтової посухи» значно менша.

#### ҐРУНТИ НАСИЧЕНІ І НЕНАСИЧЕНІ КАЛЬЦІЄМ

У тих випадках, коли ґрунт не має в собі достатньої кількості обмінного кальцію, доводиться мати справу з ґрунтами, ненасиченими кальцієм. Раніше було показано, що в різних ґрунтах і в різних горизонтах тих самих ґрунтів міститься неоднакова кількість обмінного, увібраного кальцію. Проте значення має не абсолютна кількість кальцію, що міститься в ґрунті в такому стані: однієї і тієї ж кількості його для одного ґрунту може бути досить, а для другого, з більшою вбирною здатністю далеко не досить.

У різних ґрунтів неоднакова місткість до вбираних катіонів. Ось чому для оцінки ґрунту важливий не абсолютний вміст увібраного кальцію, а ступінь насиченості ним ґрунту. Очевидно, що при цьому серед використовуваних у сільському господарстві ґрунтів будуть ґрунти в різній мірі насичені і ненасичені кальцієм. Треба говорити саме про насиченість ґрунтів кальцієм, специфічну насиченість, а не про насиченість ґрунтів катіонами взагалі, як це іноді говорять. Зовсім неод-

наково, якими катіонами насичений ґрунт — Са, чи Na, H, Mg і т. д., маючи на увазі виняткову роль кальцію для поведінки ґрунтових колоїдів (хоч це аж ніяк не заперечує потреби і ряду інших катіонів для життя рослин). З погляду сільського господарства має винятковий інтерес насиченість ґрунтів саме кальцієм. Ось чому вироблено цілий ряд заходів для того, щоб поповнювати запаси кальцію в ґрунті, якщо його не вистачає.

Для визначення насиченості ґрунтів кальцієм існує ряд методів (Гедройца, Соколовського і ін.). Усі вони побудовані на тому, що визначається (прямо чи посередньо) загальна кількість катіонів, які затримуються чи можуть затримуватися ґрунтовими колоїдами, тобто визначається загальна місткість вбирання\*. Знаючи, скільки міститься в ґрунті обмінного кальцію, легко підрахувати, яку частину він займає в ґрунті, наскільки процентів ґрунт насичений ним, скільки його не вистачає, а звідси — скільки його потрібно додати.

Місткість вбирання найчастіше визначають так: зразок ґрунту промивають розчином солі, катіона якої немає в колоїдному комплексі (наприклад,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  і т. д.). Тоді загальна місткість S дорівнюватиме:

$$S = \frac{\text{Ca}}{2} + \frac{\text{Mg}}{2} + \frac{\text{Al}}{3} + \frac{\text{Fe}}{3} + \frac{\text{Fe}}{2} + \frac{\text{Mn}}{2} + \text{Na} + \text{K} + \dots + \text{H}.$$

Мірилом насиченості була сума міліеквівалентів усіх катіонів без іона водню.

Другий метод: зробивши повне насичення ґрунту іоном  $\text{Ba}^{++}$ , витісняють його з допомогою розведеного розчину  $\text{HCl}$ , і кількість міліеквівалентів барію вважають мірилом місткості.

Проте цей суто формальний підхід нічого не давав ні практично, ні теоретично: адже вплив різних катіонів на колоїди ґрунту, а також на фізичні і на хімічні властивості ґрунтів дуже відмінний. Та й енергія вбирання їх, як і поріг коагуляції їх солей, теж різні. Відома особлива роль катіона Са. Адже й практично, вдаючись до вапнування або гіпсування, цікавляться ненасиченістю саме кальцієм, намагаючись усунути її, а не якоюсь абстрактною ненасиченістю «взагалі».

Насиченість ґрунтів різних типів кальцієм дуже різна, як це видно з таблиці 14.

\* Місткість вбирання, тобто загальна кількість катіонів, яку може затримати ґрунт, має практичне значення; знаючи, скільки може ґрунт затримати кальцію в увібраному стані і маючи дані про вміст його в ґрунті, легко визначити, яку кількість вапна або гіпсу треба додати до даного ґрунту, щоб усунути ненасиченість його кальцієм. Так буває, наприклад, у кислих підзолистих, болотяних, а також у солонцюватих ґрунтах і в солонцях.

Таблиця 14  
Насиченість кальцієм ґрунтів різних типів

Види ґрунтів	Витіснено кальцію (%)	Загальна місткість ґрунту (% Ca)	Увібрано в мілі-енвівалентах на 100 г ґрунту		Насиченість кальцієм (%)
			Ca	NH <sub>4</sub>	
Горизонт А <sub>1</sub> (НЕ) підзолистого ґрунту Бутирського хутора Московської області . . . . .	0,07	0,291	2,3	3,1	24,0
Те саме з Пушкіна тієї ж обл. . . . .	0,102	0,255	1,76	2,9	40,0
Те саме з Новоіванівського хутора тієї ж області . . . . .	0,094	0,134	1,76	5,88	70,7
Чорнозем звичайний (цілина) Харківської області . . . . .	0,968	1,1	1,3	11,1	83,3
Бурий ґрунт Астраханської області . . . . .	0,130	0,407	3,0	4,4	32,0

Найбільший відносний запас увібраного кальцію мають чорноземи і лучні ґрунти. Тому найбільшу насиченість кальцієм маємо саме в середині чорноземної зони, у звичайних, глибоких і тучних чорноземах. Ступінь насиченості зменшується в напрямі на південь і на північ від неї — у підзолистих ґрунтах, що розвивалися під лісовою рослинністю. До того ж ці ґрунти утворилися переважно на породах, бідних на вапно, і тому обмінного кальцію в них було замало, щоб наситити їх навіть невелику вбирну місткість, тим більше, що в процесі свого утворення й існування вони промиваються із року в рік значною кількістю дощової і снігової води. Ця вода, надійшовши в ґрунт, містить, крім CO<sub>2</sub>, також і органічні кислоти і, крім того, іон NH<sub>4</sub> (внаслідок зниженої, в умовах кислої реакції, нітрифікації). При цьому не тільки витісняється кальцій, але замість нього в колоїдному комплексі в увібраному стані стають іони водню і амонію, які потім діють не лише на фізичні, а й на хімічні властивості цих ґрунтів, а разом з тим і на їх біологію. Оселення лісу на чорноземі, навіть у межах самої чорноземної смуги, зв'язане з так званим процесом деградації, а також вплив підзолотворного процесу призводить до того, що чорнозем втрачає увібраний кальцій, тобто насиченість його кальцієм зменшується (див., наприклад, ґрунти старих ползахисних смуг, посаджених багато десятиків років тому). Це відбувається на фізичних властивостях ґрунту, на водному режимі, на його структурі.

На південь від чорноземної смуги, точніше, від центральної її частини, ми також бачимо поступове зменшення насиченості ґрунтів кальцієм. Правда, це зменшення тут зв'язане уже з іншим фактором — з засоленістю ґрунтотворних порід солями натрію, вплив яких відбувається й на верхніх горизонтах ґрунту \*. Конкуренція

\* Це відбувається або під впливом ґрунтових вод у знижених елементах рельєфу (засолення, утворення солончакових ґрунтів і солончаків), або ж під

іона натрію, зв'язана з промиванням ґрунту розчинами його солей, обумовлює зменшення вмісту обмінного кальцію, а разом з тим зниження насиченості ним ґрунтів. Це призводить до появи ознак солонцюватості і відразу ж позначається на структурі ґрунту, на його фізичних властивостях, на його відношенні до обробітки. У зв'язку з цим доводиться сказати, що різний ступінь прояву структурності різних ґрунтів підкреслює значення тих факторів творення структури, про які ми говорили.

#### НАСИЧЕНІСТЬ ҐРУНТІВ КАЛЬЦІЄМ, БУДОВА ПРОФІЛЮ ҐРУНТУ І ЙОГО СТРУКТУРА

Мало насичені кальцієм колоїди ґрунту стають нестійкими, легко пептизуються і вимиваються з верхнього горизонту, утворюючи на невеликій глибині горизонт вмивання (ілювіальний), характерний як для підзолистих, так і для солонцюватих та солонцевих ґрунтів. Це видно з аналізу астраханського бурозему — ґрунту сухих степів. Цей ґрунт у верхньому своєму горизонті (0 — 6 см) містить 14,9% мулу, у нижньому (6 — 20 см) — вже 43,5%, а ще глибше (20 — 50 см) — 46%. При дальшому заглибленні процент мулу зменшується. Цей ущільнений горизонт завдає чимало клопоту при культурі сільськогосподарських культур.

Розглядаючи ґрунтовий розріз, ми бачимо, що у таких ґрунтах верхній горизонт навіть на цілинах, незважаючи на вікову трав'янисту рослинність, що вкриває їх, не тільки не розсипається з утворенням дрібнозернистої структури, не тільки не має цієї структури, а навпаки, характеризується горизонтальною структурою, розпадається на плитчасті, лускуваті й листовидні окремість, дуже розпилюється під впливом оранки і навіть випасання тварин. Відсутність у цьому випадку агрономічної структури є наслідком того, що в таких ґрунтах не все гаразд з факторами структури, про які ми вже говорили. Насамперед ґрунти недостатньо насичені кальцієм; вони мало містять колоїдів; до того ж мало в них і гумусу. Все це, разом узятє, обумовлює відсутність агрономічної (дрібнозернистої) структури.

Тимчасом у сухому степу на менш солонцюватих ділянках структура ґрунтів багато краща і їх темніший колір свідчить про більший вміст перегною. Можна сказати, що тут маємо ґрунти з краще виявленими «чорноземними» властивостями.

впливом перенесення солей самими рослинами з-під ґрунту у свої надземні частини, які, відмираючи, звільняють солі.

Засоленість материнських порід може бути й первинною, залишковою, якщо мова йде про породи, залишені морем після його відступу.

Більше чи менше солонцюваті ґрунти займають великі простори в СРСР. Солонці й зв'язані з ними солонцюваті ґрунти (солонцюваті чорноземи, бурі ґрунти тощо) є не тільки в південній і південносхідній частинах Радянського Союзу, але й на Україні, де (на середньому лівобережжі Дніпра і в південних областях) вони займають величезні площі, понад мільйон гектарів. Колосальне поширення вони мають у Західному Сибіру, в Казахстані, надаючи ґрунтовому покриву цих територій надзвичайної строкатості. Трапляються вони і в Забайкаллі, Середній Азії, Азербайджані і навіть у Якутській АРСР.

## ✓ ВБИРНА ЗДАТНІСТЬ І КИСЛОТНІСТЬ ҐРУНТУ ?

Говорячи про вплив вбирної здатності на хімічні властивості ґрунту, слід розглянути два випадки — вплив її на кислотність і на лужність ґрунту, тобто на реакцію ґрунту. Уявімо собі ґрунт, у якому кальцій замінений на іон водню. Такий ґрунт легко одержати штучно, промиваючи, скажімо, чорнозем слабим розчином кислоти. В атмосферних опадах і в ґрунтовій воді є досить джерел для водневого іона; до них належать як слабкі кислоти ( $\text{CO}_2$ , органічні кислоти), так і сірчана кислота (продукт окислення піриту в болотяних ґрунтах та вугільних шахтах, розклад білків, які містять у собі сірку; у промислових районах — заводський дим, який містить  $\text{SO}_2$ ). Коли вони діють на ґрунт, цей останній вбирає іон  $\text{H}^+$ . Такий ґрунт у водяних витяжках може не показувати кислотої реакції (крім слабкої кислотності, яка залежить від присутності  $\text{CO}_2$ ).

Інша річ, якщо на ґрунт діяти розчином будь-якої солі, наприклад, хлориду кальцію, сульфату амонію тощо. Тоді, внаслідок обмінної реакції між ґрунтом і розчином, водневий іон буде витіснений і реакція стане кислою, через те що в розчині з'явиться сильна кислота — соляна або сірчана. Залежно від причин кислотності розрізняють такі форми (правильніше, ступені) її:

I — активна кислотність, яка виникла внаслідок присутності вільних кислот у розчині, у водяній витяжці.

Крім  $\text{CO}_2(\text{H} \cdot \text{HCO}_3)$  і органічних кислот у ґрунті, в болотяних, криничних і шахтових водах інколи з'являється  $\text{H}_2\text{SO}_4$  і вода тоді стає різко кислою.

Причина — присутність у болотах, у кам'яному вугіллі, у глинах (наприклад, юрських у Центральній промисловій області) піриту  $\text{FeS}_2$ , який, окислюючись при доступі повітря, дає  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Так іноді буває, що при осушуванні болот, може загинути від підкислення й рослинність, яка на них була. Запобігти цьому можна вапнуванням ґрунту одночасно з осушуванням болота чи луки.

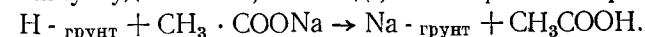
Попередня проба на  $\text{FeS}_2$  дасть вказівку про потребу вжити цих заходів ( $\text{FeS} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S}$ ).



Звідси виходить, що треба дуже обережно вживати для поливання городніх культур шахтову воду.

II — пасивна кислотність, яка виявляється лише після обробки ґрунту солевими розчинами. Вона може бути обмінною від  $\text{H}^+$ , витіснюваного з ґрунту розчинами нейтральних солей\*. Якщо у ґрунті є увібраний  $\text{Al}^{+++}$ , то після витіснення його внаслідок гідролізу його солі, в розчині так само утворюється кислотність\*\*.

Уже давно відомо, що коли брати не нейтральні, а лужні, гідролітично розщеплювані солі, наприклад, ацетат натрію, то кислотність розчину буде більша, ніж тоді, коли брати нейтральні солі:

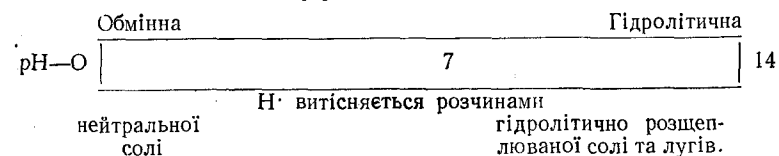


Це пояснюється тим, що рухомість увібраного  $\text{H}$ -іона залежить від рН розчину: частина його витісняється при близьких до нейтральної реакції значеннях рН.

Підвищення рН сприяє витісненню  $\text{H}^+$ . Таким чином, ацетат натрію дає додаткову кількість водневих іонів. Застосовуючи їдкий луг, можна витіснити найміцніше зв'язані іони  $\text{H}$ .

Ця форма кислотності зветься гідролітичною.

Схема форм пасивної кислотності



Зрозуміло, що від такої зміни реакції розчину в кислий бік зміняться й умови життя як мікроорганізмів ґрунту, так і рослин: рослини опиняться в поганих умовах для свого зростання. Це явище має велике значення особливо в тих випадках, коли ґрунти, мало насичені кальцієм, протягом тривалого періоду удобрювалися такими туками, в яких рослина споживає катіонну частину вміщених у них солей.

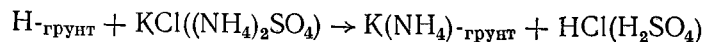
Так було, між іншим, на одній із ділянок дослідного поля в Ротамстеді (в Англії), де під впливом багаторічного удобрення сульфатом амонію (фізіологічно кисла сіль) урожаї ячменю почали зменшуватися і кінець кінцем зійшли нанівець. Виявляється, ґрунт став такий кислий, що зробився непридатний для росту хлібів. Цікаво, що на тій частині ділянки, де після тривалого внесення сульфату амонію було дано вапно, урожай був чудовий.

\*  $\text{H-ґрунт} + \text{KCl} \rightarrow \text{K-ґрунт} + \text{HCl}$ .

\*\*  $\text{Al-ґрунт} + \text{KCl} \rightarrow \text{K-ґрунт} + \text{AlCl}_3$ ;  
 $\text{AlCl}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl}$ .

Таким чином, тут позначився вплив «п р и х о в а н о ї» к и с л о т н о с т і ґрунтів, зв'язаної з їх вбирною здатністю, і показані засоби «лікування» цієї «хвороби» ґрунту. Протитрутою проти такої кислотності ґрунту є відновлення насиченості його кальцієм і внесення достатньої кількості вапна.

Прихованою (пасивною) кислотністю дерново-підзолистих ґрунтів пояснюється неуспіх дослідів з мінеральними добривами в Московській губернії (1908—1915 рр.): ненасичені кальцієм ґрунти при внесенні добрив підвищували кислотність ґрунтового розчину, бо пасивна кислотність переходила в активну, а величина рН ще більше падала:

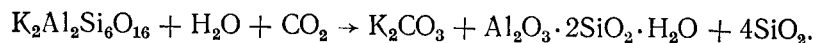


Тим-то спроби підвищити урожай конюшини, чутливої до кислотності ґрунту, дали ефект лише після попереднього вапнування, тобто після того, як усунули кислотність, ненасиченість ґрунту кальцієм.

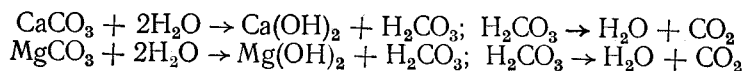
#### ЛУЖНІСТЬ ҐРУНТУ ІІ УТВОРЕННЯ В НЬОМУ СОДИ

Інший випадок впливу вбирання на реакцію ґрунту — поява лужної реакції.

Уже під час вивітрювання польового шпату — навіть при розтиранні з водою його порошку в агатовій ступці — можна спостерігати реакцію з фенолфталеїном (малинове забарвлення):



Так само призводить до появи лужної реакції гідроліз карбонатів кальцію і магнію:

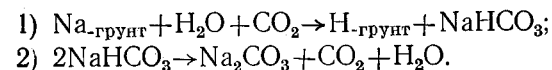


Величина рН розчину залежить від співвідношення вільної  $\text{CO}_2$  і  $\text{HCO}_3^-$ . Чим більше  $\text{HCO}_3^-$  гідрокарбонату кальцію, Mg чи Na, тим вища величина рН; навпаки, чим більше вільної  $\text{CO}_2$ , тим величина рН нижча.

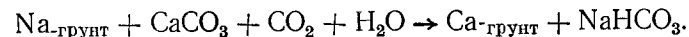
Тому величина рН у профілі чорнозему міняється так: у верхніх горизонтах вона дорівнює 6 — 6,5, підвищуючись донизу, і досягає 8 — 8,2 у карбонатному горизонті. У содових солончаківих солонцях величина рН більша за 10,0. Лужна реакція ґрунту в основному зв'язана з появою в ньому соди — карбонату або гідрокарбонату натрію (звичайної, нормальної або двовуглекислої соди). Динаміка процесу утворення соди в ґрунті була відкрита Гедройцом, який виявив, що коли засолені ґрунти промивати водою, то спочатку соди не буває або буває незначна кількість, а потім починає з'являтися сода, причому кількість її чимраз збільшується.

Цей процес Гедройц пояснює тим, що ґрунти, засолені солями натрію, містять в увібраному стані (тобто у колоїдах ґрунту) натрій замість того кальцію, яким чорноземи насичені на 80 — 90%. При діянні на такий ґрунт води, що містить ту чи іншу кількість вуглекислоти, відбувається реакція гідролізу, причому за рахунок увібраного натрію в розчині утворюється сода спочатку у вигляді гідрокарбонату натрію, а потім і карбонату, а разом з тим виникає лужна реакція ґрунтового розчину.

Реакцію, що відбувається при цьому, можна написати так:



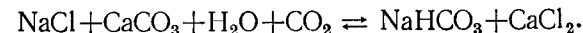
Успішніше відбувається реакція утворення соди у ґрунті в тому випадку, коли в ньому є карбонат кальцію. Тоді відбувається такий процес (з участю карбонату кальцію, що частково розчиняється в воді, яка містить вуглекислоту):



Цікаво, що в солончаках, тобто в ґрунтах, де є значна кількість розчинних солей натрію —  $\text{NaCl}$  і  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , які не дають витіснити натрій, сода не утворюється. Якщо ж такий ґрунт промивати дистильованою водою і тим вилучити розчинні солі, у розчині починає утворюватися як двовуглекисла, так і нормальна сода. Найменша кількість соди буває на початку процесу промивання, з часом збільшуючись до певної межі.

Зовсім іншу картину спостерігаємо, якщо ґрунт містить уже готову соду: тоді перша порція розчину дає найбільшу кількість соди, в наступних же порціях вміст її різко зменшується. Тут же в ґрунті ми бачимо процес, так би мовити, «фабрикації» соди під впливом води, якою промивається ґрунт, або з якою ми його зов'язуємо, процес, який дає все нову кількість соди доти, доки не вичерпається запас увібраного натрію. Інколи на поверхні ґрунту сода починає вицвітати у вигляді нальоту або навіть корочки. На стінках свіжовикопаної ями, особливо на боці, освітленому сонцем, під впливом нагрівання утворюється білосніжний наліт, у якому легко пізнати соду.

У природі дуже поширені содові солончаки і є навіть чимало содових озер (у Західному Сибіру, Забайкаллі, Казахстані, в Угорщині, Китаї і США), що мають промислове значення. Безперечно, реакція, відкрита Гедройцом, багато в чім пояснює шляхи їх утворення. Бертоле 150 років тому показав інші способи утворення соди; він доводив, що сода може виникнути внаслідок обміну основ між сіллю натрію, з одного боку, й вуглекислим кальцієм — з другого:



У ґрунтах, які містять у собі достатню кількість  $\text{NaCl}$  і  $\text{CaCO}_3$ , під впливом води, насиченої вуглекислою, так само утворюється сода. У ряді випадків уже готову соду приносять підземні води; це — сода, яка утворилася у глибших геологічних відкладах. А що для культурних рослин оптимальна реакція нейтральна або слабокисла, то, природно, що присутність соди відбивається на них надзвичайно шкідливо.

### СОЛОНЧАКИ І СОЛОНЦІ

Серед, так званих, галогенних ґрунтів, тобто ґрунтів, які виникли під впливом засолення солями натрію, є, власне кажучи, три основні стадії — це солончаки, солонці й солоді. Відмінність між ними полягає в тому, що солончаки містять у собі багато вільних розчинних солей — переважно сульфату й хлориду натрію, які часто виступають на стінках ями або навіть і на самій поверхні ґрунту, коли він підсохне. Солонці — розсолені солончаки; колоїди їх різко змінили свої властивості під впливом обмінного натрію, який часто переважає  $\text{Ca}^{++}$  і  $\text{Mg}^{++}$ . Солоді — деградовані солонці, де місце Na займає водневий іон.

Солончаки, солонці й солоді відрізняються й зовнішнім виглядом, будовою профілю.

У профілі солонцю, внаслідок впливу Na-іона, верхній горизонт безструктурний, колоїди пептизуються й вимиваються, утворюючи неглибоко від поверхні ущільнений (ілювіальний) горизонт. Розчинні солі (крім соди) є тільки під ним, розміщуючись у глибині відповідно до своєї розчинності: чим більша розчинність, тим глибше.

У солончаку висока концентрація солей натрію перешкоджає пептизації; колоїди скоагульовані. Ґрунт не щільний, перерозподілу колоїдів немає, немає й ущільненого (ілювіального) горизонту. Порядок розподілу солей протилежний порівняно з солонцем: найбільш розчинні містяться зверху.

Різний солевий режим цих зв'язаних між собою ґрунтів залежить від водного режиму. Солончаки — ґрунти, зв'язані з ґрунтовими водами, які підіймаються до поверхні, виносячи сюди розчинені в них солі. Випаровуючись, вода залишає солі в ґрунті. Солонці ж зволожуються тільки атмосферними опадами, які вимивають солі вглиб.

При зниженні рівня ґрунтових вод солончаки починають промиватися атмосферними опадами, і, розсолнюючись, перетворюються на солонці — ґрунти, які у верхніх горизонтах позбавлені солей, але містять увібраний Na. Фізичні властивості їх несприятливі для рослин — вони безструктурні, при висиханні надто зв'язні, щільні, чіпкі у вологому стані, обробляти їх дуже важко.

При дальшому промиванні, внаслідок гідролізу Na-колоїдів, настає розсолонцювання (деградація) солонцю з заміщенням натрію воднем і наступним вилученням утвореної соди, а також інших розчинних солей. Отже, розчинних солей у профілі солонцю зовсім немає. Тепер тут утворюється солодь — ґрунт, подібний до підзолистого («степові підзоли», «несправжні солонці»).

Перехідне утворення між солонцем і солоддю — осолоділі у верхньому горизонті солонці, де поряд з залишками Na, Ca і Mg уже є  $\text{H}^+$ .

Залежно від характеру солей солончаки бувають хлоридні, сульфатні, карбонатні (содові), нітратні (селітряні).

Часто говорять, як про солончаки, про ґрунти, багаті  $\text{CaCO}_3$  і гіпсом. Проте це неправильне, суто формальне визначення, бо дія Ca на ґрунт і рослину зовсім відмінна від дії Na.

І в той же час ґрунти з великим вмістом соди деякі дослідники називають солонцями, що не відповідає умовам їх зволоження (ґрунтового). Відмінні також і заходи боротьби з дефектами солонців і содових солончаків. Крім того, в типових солонцях, принаймні у верхніх їх горизонтах, ніколи не буває такої великої кількості соди.

Звичайно, небагато рослин здатні жити на ґрунтах, засолених розчинними солями. До їх числа належать так звані солянки, типовий представник яких салікорнія зростає тим краще, чим більше у ґрунті хлористого натрію (досліди акад. Келера). Але таких рослин небагато. Через те першою умовою для сільськогосподарського використання засолених ґрунтів є вилучення промиванням вмічених у них солей.

Проте під впливом вимивання солей у ґрунті відбуваються своєрідні зміни фізичних і хімічних властивостей, шкідливі для рослинності.

### МЕЛІОРАЦІЯ ЗАСОЛЕНИХ ҐРУНТІВ

Здавалося б, що після промивання солончаку агрономічні властивості ґрунту повинні різко поліпшитися. Проте на ділі часто цього не буває: сприятливі наслідки такої меліорації бувають нестійкі, і через кілька років меліоровані солончакові ґрунти зовсім втрачають свою продуктивність. У зв'язку з цим меліорація солонцюватих і засолених ґрунтів західних штатів Північної Америки привела до численних розчарувань: майже 30% усіх зрошених ґрунтів досить швидко вибули з ладу (Шумаков).

\* Через нестійкість комплексу Na-ґрунту визначити ступінь солонцюватості з наявного вмісту обмінного Na не можна. Ступінь цей залежить від усієї кількості Na, будь-коли увібраного ґрунтом і втраченого ним при гідролізі Na-ґрунту.

Звичайна картина була така, що протягом 6—7 років на зрошених ґрунтах мали непогані врожаї, а потім вони різко падали; тому землю облишали, і колосальні капітали, вкладені в цю меліорацію (з гарантією від держави), заморожувалися. Американська зрошувальна меліорація, за висловом одного з її керівників, зайшла в глухий кут. Сталося зовсім незрозуміле явище; вилучення з ґрунту солей, які шкодили культурним рослинам, давало лише короткочасний результат. І це зрозуміло. Справа була не тільки в розчинних солях натрію, яких уже не було, а в тому «прихованому ворогові», яким був увібраний натрій. Тільки ознайомлення з теорією Гедройца показало, в чому тут річ.

Справді, розберімося в цьому явищі. Воно особливо важливе для нас не лише теоретично, але й практично, бо зрошувальна меліорація в СРСР, просуваючись у посушливі райони, стає вічною з неосяжними просторами засолених і солонцюватих ґрунтів, які зрошуватимуться від велетенських водосховищ Куйбишева і Сталінграда.

У цьому явищі можна виділити кілька стадій. Насамперед у ґрунті може бути достатня кількість розчинних солей або ж може бути постійне їх надходження (знизу з ґрунтовими водами чи згори внаслідок занесення вітрами солоного пилу з морських узбережів або з солончаків). Рослини своїми коренями можуть перекачувати солі із глибоких солених горизонтів у свої наземні частини (біологічне засолення); тоді при розкладі рослин уміщені в них солі вимиваються і діють на ґрунт.

У всіх цих випадках відбувається взаємодія між розчинами цих солей і колоїдним комплексом, яка обумовлюється витісненням увібраного кальцію, заміщенням його натрієм з усіма відомими нам наслідками. Поки в ґрунті ще є концентрація солей вища за поріг коагуляції, ґрунтові колоїди лишаються скоагульованими. Після ж вимивання розчинних солей, правильніше тоді, коли концентрація їх спадає нижче порога коагуляції, ґрунтові колоїди, позбавлені увібраного кальцію і не зазнаючи більше коагуляційного впливу розчинних солей, починають замулюватися, набрякати, пептизуватися, переходити у розчин і пересуватися у глибші горизонти ґрунту\*. Такий перехід від солончаку в солонець спостерігався, наприклад, у Західному Сибіру.

Описи американських зрошувальних систем являють собою прекрасну ілюстрацію до цього процесу. Води, що витікають із дренажних систем, забарвлені в інтенсивно темний колір. Це —

\* Звичайно, у тих випадках, коли в ґрунті містяться, крім солей Na, також і гіпс, ці явища зовсім не позначаються або виявляються мало. Треба лише сприяти активізації іонів Ca (гній, можливо кислування).  $\text{CaCO}_3$  не впливає на цій стадії, бо при лужній реакції (сода) він нерозчинний. Після відокремлення соди починається його активізація, а разом з тим і «остепення» колишнього солонцю.

саме той дорогий гумус, що вимивається із зрошуваних ґрунтів. Таким чином, нехтування динаміки ґрунтових колоїдів приводить у цьому разі до невдачі всього заходу в цілому.

Коли з ґрунту вимито розчинні солі і залишається увібраний натрій, який сильно впливає і на фізичні властивості ґрунту, і на його хімічні особливості, ґрунт набуває всіх негативних рис, властивих колоїдному комплексові, насиченому натрієм: він стає дуже в'язкий у вологому стані, замулюючись під впливом поливу і дає дуже міцну корку при висиханні. Більше того, при висиханні ґрунт перетворюється у тверду, неначе кам'яну масу, недоступну ніяким культурним впливам.

### ЗНАЧЕННЯ ДЛІА ҐРУНТУ НАСИЧЕНОСТІ КАЛЬЦІЕМ

Із сказаного видно, що зменшення насиченості ґрунтів кальцієм, чи то в північних чи в південних районах, все одно приводить до шкідливих з сільськогосподарського погляду результатів. Всяке порушення насиченості ґрунтів кальцієм не тільки псує властивості орного шару, але й цілком змінює будову профілю ґрунту. Нестійкість колоїдного комплексу в такому разі приводить до переміщення його в ґрунті, до перерозподілу колоїдів, до утворення ущільнених горизонтів, які не дають змоги ні воді пересуватися вглиб, ні корінню рости. Ці явища спостерігаються і в підзолистих, і в солонцевих ґрунтах.

Ґрунти не насичені кальцієм поводять себе цілком своєрідно навіть щодо гнойового і інших органічних добрив, створюючи умови, що заважають повному використанню цих добрив. Гній, внесений у такі ґрунти, швидко «перегоряє», мінералізується.

Нестійкість гумусу особливо яскраво виявляється у підзолистих ґрунтах, які мало нагромаджують у собі органічних речовин у вигляді колоїдного гумусу (перегною). Тут щовесни відбувається колосальне вимивання гумусу із ґрунту. В цьому легко переконатися, спостерігаючи колодязні води, які кожної весни забарвлюються у темний колір вимитим згори перегноем. Так само в багатьох ріках не лише підзолистої зони, наприклад р. Велика (біля Пскова), р. Уж (біля м. Коростеня), але й у тропіках, р. Нігер (Африка), р. Амазонка (Південна Америка), впадає в очі колір їх води, що іноді нагадує колір чаю.

Таким чином, ґрунти всієї території суші щороку втрачають понад  $2 \cdot 10^{12}$ , або 2 трильйони тонн органічних речовин. Для Фінляндії, наприклад, такі втрати доходять до 1 мільйона тонн на рік. Якщо перевести ці втрати на гній, то вони відповідатимуть 4 мільйонам тонн гною — кількість для невеликої площі Фінляндії досить значна. Те саме маємо і в Карело-Фінській РСР і в усій підзолистій зоні. Таким чином, господарське значення цих втрат

без сумніву колосальне. В умовах соціалістичного сільського господарства вони не повинні мати місця. Так само і в солонцевих районах води часто бувають забарвлені в темний колір, як і водняні витяжки із самих солонців.

Природно, що всякі спроби збільшити вміст перегною в таких ґрунтах заздалегідь приречені на невдачу. Адже саме в них і відчувається нестача кальцію, який міг би затримати, коагулювати й підтримувати у нерозчинному стані цей перегній. Адже ж пептизований колоїд гумусу діє як захисні колоїди, сприяючи переходу часток глини у рухомий стан і вимиванню їх углиб. Так відбувається прискорення руйнування ґрунтового тіла.

Тимчасом доводиться відзначити, що на поля у підзолистій зоні, там, де тільки є можливість, вивозять зовсім виняткові дози гною. При ознайомленні з дореволюційною статистикою нас вражає різноманітність норм гною у різних районах. Можна побачити і 20, і 40, і до 300 (на підзолах) тонн на гектар. На піщаних же ґрунтах українського Полісся бувало, що на поля вивозили до 83 тонн гною. Цілком очевидно, що бажаного наслідку — збагачення ґрунту органічними речовинами й поживними елементами з гною — при цьому не здобули: ґрунт, нездатний затримувати свій власний гумус, не в силі затримати й продукти розкладу внесеного гною. Ґрунт, мало насичений кальцієм, не може закріпити продукти розкладу гною, водяна витяжка з нього забарвлена в яскравожовтий колір — зайвий доказ розчинності вміщеної тут органічної речовини.

Тим-то найкатегоричніше слід підкреслити потребу раціоналізації застосування гноєвого добрива на північних підзолистих ґрунтах, а надто на піщаних і супіщаних, де треба створити належні умови для повного використання всього того, що може дати гноєве добриво, а також і сидерація (зелене добриво). Продукти розкладу заораного в ґрунт люпину не менше потребують закріплення у формі гумусу, ніж гній.

При теперішньому стані справи ефективність використання гною, а надто тривалість його дії на підзолистих ґрунтах надзвичайно мала, особливо якщо порівняти їх з чорноземами, де (за дослідями Харківської дослідної станції) і через 20 років ще помітний вплив внесеного гноєвого добрива. На підзолистих же ґрунтах дія гною, різка спочатку, через 2—3 роки настільки зменшується, що врожай не окупає затраченої праці. Недарма ж на півночі склалося прислів'я, що «земля без гною не родить».

### ВАПНУВАННЯ Й ГІПСУВАННЯ

Вбирна здатність ґрунту викликає такі зміни його хімічних і фізичних властивостей, які потребують у відповідних випадках рішучого втручання. Воно потрібне і для урегулювання реакції

ґрунту, і для поліпшення його фізичних властивостей, насамперед, структури ґрунту. Методом для цього є *«хімічна меліорація ґрунту»* — внесення у ґрунт сполук, які збільшують запаси кальцію та насиченість їх. Заходами такого втручання є, насамперед, вапнування й гіпсування на півночі, вапнування й гіпсування на Півдні. Вапнування ґрунту являє один із найстаріших агротехнічних заходів, відомих Європі уже понад дві тисячі років тому. Наводять ряд районів СРСР, Німеччини й Франції, де культура хлібів і конюшини стала можливою тільки після вапнування ґрунтів. Одна з перших у нас агрономічних дисертацій — робота І. А. Стебута (1865) була присвячена саме вапнуванню ґрунту. Однобічне розуміння теорії мінерального живлення та гра інтересів на ринку добрив привели до того, що на деякий час було забуто це старовинне добриво, яке вже виправдало себе. Як ми вже згадували на початку нашого курсу, у період великого й одностороннього захоплення мінеральними добривами вапнування було взято під сумнів; його намагалися дискредитувати як спосіб, що сприяє «збагаченню батьків, але зубожує дітей».

Проте господарська практика дуже швидко відновила попереднє становище, закріпивши за вапнуванням належне місце в практиці хімізації сільського господарства у Західній Європі.

Слід нагадати, що вже перші кроки хімізації у нашій країні, зв'язані з іменем Д. І. Менделєєва, показали колосальну роль вапна для врожайності полів. Менделєєв з властивою йому геніальною проникливістю не тільки правильно показав причини дії вапна (потребу відновити втрати його від вимивання, нейтралізацію ним кислотності ґрунту, поліпшення фізичних властивостей ґрунту), але й прийшов до висновку, що в «сумі вплив вапна можна визначити тим мало точним, але для практика, який знає землю, зрозумілим виразом, що воно сприяє *стигlosti ґрунту*». Тому, на його думку, вапно для наших нечорноземних ґрунтів «найпристойніший спосіб удобрення». Менделєєв зазначав, що «наші північні ґрунти не такі вже бідні порівняно з західноєвропейськими», що «наші землі, говорячи не про чорнозем, якщо й терплять від чого по своїй природі, то аж ніяк не від нестачі чогонебудь зокрема, а переважно від загальної нестачі добрив і обробітку, поліпшень і особливо нестач не в кількості складових частин, а так би мовити, у їх якості, одним словом, від нестачі того, що називають *спілістю* або *стиглістю ґрунту*... Вапно і робить ту зміну в якості, яка потрібна для наших земель»; нашим ґрунтам «не вистачає порівняно з багатьма відомими європейськими ґрунтами *та тешньої обробки*». «Нам треба і ті поживні елементи, які є в ґрунті, перетворити у вигляд споживний; вапно і зробило це, хоч почасти; але, мабуть, не завжди і не всюди воно діятиме так. Проте, судячи з усього мені відомого, це добриво я й вважаю найбільш імовірно корисним, тобто з ним певніше,



ніж з іншими неповними штучними добривами, одержати повернення затрати з вигодою». Ті ж самі думки в трохи іншій формі були висловлені такими корифеями нашої агрономії, як Костичев, Енгельгардт і Стебут (батько).

Певна річ, вапнування само по собі не забезпечує потреби рослин до поживних речовин: поліпшуючи фізичні властивості ґрунту, його хімізм, воно полегшує і поліпшує хід мікробіологічних процесів, допомагає краще використати ті поживні речовини, що є в ґрунті, а тому витрата внутрішніх ресурсів ґрунту при вапнуванні відбувається енергійніше, даючи і більший господарський ефект, ніж без нього. Звичайно, з часом це приведе до виснаження ґрунту. У зв'язку з цим разом з вапнуванням треба відповідно вносити і основні поживні речовини. Мало того, воно є умовою ефективності мінеральних і органічних добрив і необхідною передумовою культури конюшини на підзолистих ґрунтах.

Згадані вище настанови Менделєєва, Костичева, Енгельгардта, власне кажучи, уже намічали основні шляхи хімізації північної частини нашої країни. Проте весь комплекс соціально-економічного ладу старої Росії, який не створив умов для розвитку сільського господарства на наукових основах, з одного боку, і гіпноз чужих агрикультурхімічних настанов, що прийшли до нас із Заходу — з другого, привели до того, що цей шлях був забутий на довгі роки, поки його не поставила на порядок дня радянська влада, радянська наука.

Дослідження, проведені в СРСР, дали сталі основи для того, щоб вважати вапнування ґрунту одним із найістотніших заходів для підвищення ґрунтової родючості і підтримання його на достатній висоті. Тому у перші ж роки після Великої Жовтневої соціалістичної революції (1919 р.) завдяки групі вчених, що об'єдналися для загальних завдань у Науковому інституті добрив у Москві, питання про вапнування ґрунтів у Союзі РСР було поставлено на правильний шлях. Через якийсь час уряд РРФСР і, особливо, XVIII з'їзд партії поставили вапнування в число основних заходів боротьби за урожай на підзолистих ґрунтах так само, як гіпсування — на солонцюватих.

До недавнього часу панувало уявлення, що збільшення запасів вапна у ґрунті потребують лише північні підзолисті райони, що південніші ґрунти такої потреби не відчувають. Проте прекрасні результати від вапнування маємо на деградованих опідзолених чорноземах і сірих лісових ґрунтах. Та це й зрозуміло, бо ці ґрунти не цілком насичені кальцієм і тому фізичні властивості їх погані, структура частково зруйнована і т. д. Внесення вапна виправляє ці недоліки.

На південь і південний схід від чорноземної зони розміщені райони солонцюватих ґрунтів. Щоправда, у підґрунті і в нижніх горизонтах ґрунтів є досить вуглекислого вапна, але в той же час

на цих ґрунтах більше чи менше позначається присутність у них розчинних солей натрію. Внаслідок низької розчинності вуглекислого кальцію і доброї розчинності солей натрію переважає у конкуренції за місце в колоїдному комплексі належить іону натрію. Тим-то, посуваючись на південь, починаючи вже від частини так званих «південних» чорноземів, «каштанових» ґрунтів, не кажучи вже про бурі ґрунти і солонці, яких тут багато, ґрунти виявляють усе більшу ненасиченість вапном, іоном кальцію. Звідси постає цілий ряд шкідливих наслідків, уже почасти знайомих нам, і виникає потреба гіпсування ґрунтів.

Вплив гіпсування на солонець видно з таблиць 15 і 16.

Таблиця 15

Зміни складу обмінних катіонів після гіпсування у корково-стовпчастому солонці  
(Оболонь, Полтавської області)

Глибина (см)	Ділянка дослід	Обмінні катіони в мілі-еквівалентах				
		Ca	Mg	Na	Сума	Na—% від суми
0—10	Негіпсована . . . . .	8,4	0,9	3,6	12,9	27,1
	Через 3 роки після гіпсування	10,8	0,8	1,4	13,0	10,7
	Через 10 років після гіпсування	14,8	2,4	1,6	18,8	8,5
20—30	Негіпсована . . . . .	9,9	2,6	7,2	19,7	36,5
	Через 3 роки після гіпсування	17,9	1,2	3,2	21,5	14,8
	Через 10 років після гіпсування	20,4	2,0	2,4	24,8	2,6
30—40	Негіпсована . . . . .	14,7	3,0	8,4	26,1	32,1
	Через 3 роки після гіпсування	16,9	2,7	5,4	25,0	21,6
	Через 10 років після гіпсування	24,4	2,4	2,7	29,5	8,5

(Дані О. М. Грінченка).

При гіпсуванні відбувається, по-перше, розчинення гіпсу водою атмосферних опадів (розчинність — 2 г на літр); по-друге, реакція обміну між Na-ґрунтом і розчином; по-третє, витіснення увібраного Na з заміною його на Ca.

Як видно з наведених даних, після гіпсування дуже зменшується процент увібраного натрію; вміст обмінного кальцію зростає значно швидше, ніж зменшується процент натрію — очевидно, почасти через те, що у цих осолоділих ґрунтах утворюється обмінний Н-іон, а почасти, внаслідок перебудови міцели глини.

Збільшується і загальна місткість вбирання — ознака збільшення кількості і зміни якості колоїдного комплексу ґрунтів.

Разом з тим різко кращають агрономічні властивості ґрунту, — знижується рН, збільшується структурність, падає дисперсність, ґрунт стає пухкіший, краще піддається обробітку; а з покращан-

ням водяно-повітряного й фізичного режиму збільшується й його продуктивність.

Таблиця 16

Зміни складу обмінних катіонів після гіпсування на сильносолонцюватому чорноземі  
(Оболонь, Полтавської області)

Глибина (см),	Ділянка досліді	Обмінні катіони в мілі-еквівалентах				
		Ca	Mg	Na	Сума	Na—% від суми
0—10	Негіпсована . . . . .	8,8	1,5	2,9	13,2	21,9
	Через 3 роки після гіпсування	11,3	1,4	1,0	13,7	7,3
	Через 10 років після гіпсування	16,0	2,7	1,1	19,8	5,5
20—30	Негіпсована . . . . .	13,3	2,0	7,1	22,4	31,0
	Через 3 роки після гіпсування	20,8	1,8	2,1	24,7	8,5
	Через 10 років після гіпсування	25,4	2,8	1,2	29,4	4,1

(Дані О. М. Грінченка).

#### ХІМІЧНА МЕЛІОРАЦІЯ — ЕЛЕМЕНТ АГРОТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ

У боротьбі за врожай на широких просторах посушливих степів вирішальне місце, звичайно, надається зрошуванню. Проте, зрозуміло, що жоден з агротехнічних заходів не можна розглядати відірвано від їх загального комплексу. Ефективність кожного з них залежить від того, як ми вплинули й на всі інші елементи комплексу.

Старі досліді Богдана на Валуйській станції (Заволжя) показують, що відмінність у врожайності не вирівнюється навіть і при зрошуванні солонцюватих і несолонцюватих ділянок. Без зрошування ж, як відзначив ще Костичев і як це можна спостерігати всюди, де є солонцеві комплекси, строкатість їх уже відбивається на вигляді хлібів, що зростають у полі. Кожна більш-менш солонцювата пляма виділяється надзвичайним погіршенням травостою хлібів.

При зрошуванні всі питання, зв'язані із структурою ґрунту, її впливом на врожай, постають особливо гостро, бо вода є сильний фактор, який різко змінює всі ґрунтові властивості, увесь ґрунтовий режим.

Це цілком підтверджує досвід зрошуваного господарства як у нас, у Середній Азії і на півдні України, так і в Єгипті. З дією води зв'язане розмивання поверхні ґрунту, замулювання його, утворення корки при висиханні; а звідси — цілий ряд додаткових робіт, потрібних для боротьби з посушенням ґрунту.

Не дивно, що при зрошуванні хоч трохи неструктурних глинистих ґрунтів число обробітків при догляді, наприклад, за бавов-

ником у Єгипті доходить до 4 — 5, а у нас, у Середній Азії, інколи й до 7 — 8 (Студьонов). Це зрозуміло, бо ті грудочки ґрунту, які створюються в процесі його обробітку, тут внаслідок недостатньо виявлених факторів структури сильно розпливаються, зі всіма результатами, що з цього постають. До того ж ущільнений ілювіальний горизонт у цих ґрунтах (природний або створений при зрошуванні) надзвичайно шкідливо відбивається на житті культурних рослин; адже тут і коріння, і вода не можуть проникнути вглиб. Вода застоюється над ущільненим горизонтом, створюючи тимчасове заболочування ґрунту, анаеробні умови, шкідливі як для бажаних нам мікробіологічних процесів, так і для наших рослин. Під впливом нагрівання сонячним промінням ця вода випаровується, не використана належно для створення урожаю.

Спроби боротися з ущільненим горизонтом глибокою оранкою у досліді Богдана в Заволжі не привели до бажаних наслідків. Справа в тому, що звернутий на поверхню дуже глинистий ілювіальний горизонт з різко виявленими колоїдними властивостями при зрошуванні і від дощу відразу ж замулюється, утворюючи корку. Отже, становище ще погіршувалося порівняно з тим, яким воно було до глибокої оранки \*. Мало того, виявилось, що років через два ґрунт відновив свій попередній вигляд. Перенесені на поверхню колоїдні частки, нічим не закріплені, внаслідок недостатньої насиченості кальцієм знову вимивалися дощовою або зрошувальною водою і відкладалися на тій самій глибині, де вони були до оранки, зводячи нанівець усю попередню роботу. Цікаво, що те ж саме сталося й на підзолах у Північній Німеччині, де ілювіальний щільний шар не давав змоги їх заліснювати, а коли його вивернули з глибини 50 см, він швидко відновився на попередній глибині. Щоб запобігти цьому, почали застосовувати вапнування.

Так само глибока оранка солонців збільшувала урожай лише в поєднанні з гіпсуванням. Без цього урожайність на солонцю від глибокої оранки набагато знижувалася.

Тут причина «хвороби» ґрунту цілком ясна, ясні й способи боротьби з нею.

Ось чому поставлено питання про хімічну меліорацію південних солонцюватих ґрунтів і солонців у комплексі з зрошуванням. На каштанових солонцюватих ґрунтах Чонгару вапнування й гіпсування на фоні зрошування дали збільшення урожаю люцерни на 60% і бавовнику — на 48%. Те саме дали досліді в Середній Наддніпрянщині. До того ж зміни фізичних властивостей ґрунту після гіпсування полегшили механізований його обробіток, про що скажемо далі.

\* Це аж ніяк не заперечує потреби глибокої оранки як способу боротьби з бур'янами, використання зимових опадів і створення кращих умов для зростання рослин. Але без гіпсування вона не ефективна й потребує величезної затрати енергії; наслідки її нестали й нестійкі.

Досліди гіпсування солонців, проведені Мокіївською дослідною станцією (Чернігівська область) під керівництвом академіка Гедройца на солонцях Лівобережжя України, дали разуючі наслідки. На цих ґрунтах, де деякі технічні рослини зовсім не могли рости або давали занадто мізерні урожаї, яких не можна було підвищити (в умовах досліду) ні гноєм, ні мінеральними добривами, — гіпсування іноді збільшувало урожай у десятки разів. Добрі наслідки також дали досліди Лабораторії ґрунтознавства Академії наук УРСР у Придніпровських районах Полтавської області.

Досвід показав, що без ґрунтової хімічної меліорації від дорогого зрошування не можна сподіватися сталої і достатньої ефективності. Маючи на увазі, що на півдні України, у Заволжі і Прикаспії зрошування проводитиметься на сотнях тисяч гектарів, а також і те, що в умовах соціалістичного господарства кожний кубометр води і кожна НР механічної і живої тяглової сили повинні найкраще застосовуватися і дати найбільший можливий ефект, слід з усією категоричністю підкреслити цілком ясну потребу широко застосовувати хімічну меліорацію з допомогою вапнування та гіпсування як неодмінну умову ефективності зрошування в районах з великим поширенням солонцевих і засолених ґрунтів. Вапнування солонців і солонцюватих чорноземів протягом сторіччя відбувалося в Угорщині. Поліпшувати солонці можна і за рахунок їх власних запасів гіпсу, застосовуючи надглибоку оранку до 60 см (плантаж) як докорінну меліорацію. Проте вона потребує дуже міцних плугів і великої витрати пального.

На солонцях зі значним вмістом соди позитивний вплив дають також галуз, сірчаний цвіт і сірчана кислота.

#### МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ ҐРУНТІВ У ВАПНУВАННІ

Як відомо, не всі ґрунти мають однакову насиченість кальцієм і не всі вони мають однакову кислотність, яку треба нейтралізувати вапном. Тому, природно, перше ніж вдатися до цієї хімічної меліорації, треба визначити, з чим ми маємо справу. Тут може бути кілька випадків. Якщо в ґрунті є готова кислота, наприклад, сірчана (див. розділ про хіміко-біологічні процеси в ґрунті), то досить зробити водяну витяжку із такого ґрунту і обчислити кількість вапна, потрібного для нейтралізації кислоти. У випадку ж прихованої кислотності, зв'язаної з наявністю в ґрунті увібраного водню, то, взявши замість чистої дистильованої води для витяжки розчин солі ( $KCl$ ,  $BaCl_2$  або  $(CH_3COO)_2Ca$  — уксуснокислий кальцій), легко визначити і цю приховану, пасивну кислотність (на відміну від першої форми — активної) і так само обчислити потрібну кількість

вапна. Проте потреба ґрунтів у вапнуванні не обмежується тільки випадками, де є в наявності та чи інша форма кислотності: ґрунт може виявляти підвищену «пожадливість» до іона кальцію, енергійно вбирати його із розчинів солей, не будучи явно кислим. Це стосується насамперед солонців і солонцюватих ґрунтів, де нестача кальцію обумовлена витіснюванням його натрієм протягом усього періоду розвитку цих ґрунтів.

Для визначення місткості вбирання і насиченості запропоновано ряд методів (Гедройц, Каппен, Соколовський, Бобко, Аскіназі, Грінченко). Для різних ґрунтів різні методи дають неоднакові наслідки. Це свідчить про те, що загального, універсального методу тут не може бути (див. про енергію вбирання). Це видно із даних таблиці 17, де місткість визначалася двома методами — за сумою еквівалентів витіснених катіонів (Гедройц) і за формулою Соколовського (див. стор. 61).

Таблиця 17

Місткість різних ґрунтів щодо кальцію

Ґрунти	Місткість для Са	
	за Гедройцом	за Соколовським
Деградований чорнозем полтавський 0—10 см . . .	15624	15696
Підзолистий суглинок Бутирського хутора під Москвою 0—10 см . . . . .	4452	4816
Солонцюватий південний чорнозем 0—10 см . . .	4920	7490
Той же самий, 26—36 см . . . . .	6890	8710
Той же самий, 36—46 см . . . . .	7840	24640

Співвідношення обох рядків цифр говорить про те, що якість колоїдної частини ґрунту під впливом солонцевого процесу ґрунтоутворення різко змінилася. У таблиці 14 маємо як дані про вміст у ґрунтах обмінного кальцію, так і величини, потрібні для визначення насиченості цих ґрунтів, а також і величини, які показують потребу ґрунтів різних типів у вапні. Ми бачимо, що ця потреба для чорнозему незначна проти того запасу вапна, який в ньому уже є. Та й ця нестача вапна частково компенсується магнієм, що міститься у ґрунті в увібраному стані.

Значно більша відносна потреба у вапні в підзолистих ґрунтах, незважаючи на незначну величину їх колоїдного комплексу. У солонцюватих ґрунтів ця величина ще більша; у солонців вона сягає особливо високо. Розбіжність місткості вбирання у солонцюватих ґрунтів при визначенні різними методами переконує нас у тому, що фактори ненасиченості ґрунтів вапном обумовлюються не тільки наявністю в них увібраного іона водню або натрію, а що тут відіграють роль ще й відмінності у будові і властивостях їх колоїдів. У всякому разі для нас ясно одно, що, раніш ніж

починати вапнування або гіпсування ґрунтів, треба спочатку визначити розміри потреби ґрунтів в іоні кальцію і, визначивши цю величину, при відповідних дослідках брати її всю, половину або четверту частину, добираючи найвигіднішу економічно норму.

Щоб здобути економічний і навіть реальний технічний ефект, зовсім немає потреби насичувати ґрунт вапном до тієї межі, яка відповідає повній насиченості. Повне насичення кальцієм ґрунту може бути з господарського погляду не вигідним, бо при незмінності або відносно повільній зміні всіх інших сторін агротехніки відносно зростання ефекту зменшуватиметься, а крім того, потрібна відповідна увага й до інших обмінних катіонів, наприклад Mg (Гедройц).

Ще одне зауваження. Способи, які застосовують у підзолистій зоні для визначення потреби ґрунту у вапні, оснований на виявленні ступеню кислотності ґрунту, очевидно, непридатні на ґрунтах південніших зон, а надто на солонцях, де величина рН внаслідок присутності у них соди часто-густо досить висока\*. Крім впливу на реакцію ґрунту, вапнування й гіпсування безперечно діють на фізичні властивості глинистих і суглинистих ґрунтів, а тому можна було б визначати потрібні кожному ґрунтові дози вапна, спостерігаючи зміни фізичних властивостей ґрунту (наприклад, фільтраційної здатності) після внесення різних доз вапна або гіпсу.

#### ВИКОРИСТАННЯ НЕНАСИЧЕНОСТІ ҐРУНТУ КАЛЬЦІЄМ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Не слід думати, що ненасиченість ґрунтів вапном завжди і всюди є негативною їх властивістю. У природі немає нічого абсолютно корисного або абсолютно шкідливого. Оцінка явищ природи залежить від того, у якому відношенні вони стоять до наших планів і як ми можемо їх використати. Явища насиченості й ненасиченості ґрунтів вапном не становлять винятку.

Ненасиченість ґрунтів вапном, «пожадливість» їх до іона кальцію буває корисною у тих випадках, коли доводиться використовувати нерозчинні або важкорозчинні сполуки кальцію з фосфорною кислотою. Такі сполуки містяться у фосфоритах. Адже добре відомо, що за останні десятки років питання про використання бідних курських і інших «самородів», «сухарів» тощо з невеликим вмістом фосфорної кислоти й іншими якостями, які не виправдують витрат на перероблення їх у суперфосфат, поставлено на твердий

\* Деякі дослідники пропонують визначати «потребу» ґрунтів у гіпсуванні (вапнуванні), виходячи із змісту в них обмінного Na, з чим не можна погодитися, бо погані фізичні властивості солонців зв'язані не тільки з вміщенням у них обмінним натрієм, але й впливом натрію, який пройшов крізь ґрунт протягом усього його вікового існування.

ґрунт дослідженнями Лебедянцева на Шатилівській дослідній станції. Та й старі досліді Енгельгардта у кол. Смоленській губернії, які набули широкого господарського застосування, і досліді Прянішнікова та Гедройца свідчать про те, що на ґрунтах, ненасичених або мало насичених кальцієм, фосфоритова мука з успіхом може замінити розчинні фосфати. Разом з тим і на солонцях, де ненасиченість кальцієм залежить від зовсім інших причин, ефективність фосфориту не підлягає сумніву.

В обох випадках дія фосфориту на врожай полягає в тому, що ненасичений кальцієм ґрунт віднімає «зайвий» кальцій від тих фосфатів, які від діяння води з вуглекислою переходять у ґрунтовий розчин. Крім того, є ще випадок, де застосування фосфориту, безперечно, повинно знайти собі відповідне місце: це ті лучні й болотні ґрунти, в яких після осушування, під впливом окислення вміщеного в них піриту, виникає цілком реальна активна кислотність від утвореної там сірчаної кислоти. Тут фосфорит відіграє роль і нейтралізатора цієї кислоти і разом з нею дає «природний суперфосфат» без участі в ньому заводського процесу.

На ненасичених ґрунтах Полісся, без сумніву, з успіхом можуть застосовуватися як джерело калію відходи каменобробної промисловості (калій польових шпатів).

#### ТЕХНІЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ НЕНАСИЧЕНОСТІ ҐРУНТУ КАЛЬЦІЄМ

Ми вже бачили, яке велике значення має ґрунтова структура; далі не раз ще матимемо змогу в цьому переконатися: структура — одна з найважливіших ознак культурного ґрунту. Її треба домагатися в наших агрономічних заходах; проте в меліоративно-гідротехнічних завданнях структура виступає вже як негативний момент.

Справді, водопроникність структурного ґрунту в землеробстві є бажаний фактор, який полегшує проникання води вглиб, збереження там запасів вологи на період посухи і не дає змоги заболочуватися поверхні ґрунту. Проте саме ця водопроникність шкодить нам там, де, навпаки, треба затримати воду зверху, збудувати водоймище, зробити ставок, греблю, дамбу, прокласти іригаційні канали, зробити силосну яму і т. д.

У цих випадках наше завдання — зробити ґрунт менш проникним для води, не дати воді змоги просочуватися, розтікатися на шляху до зрошуваних полів (при більш-менш довгих каналах значна кількість води не тільки втрачається марно по дорозі, але часто прямо шкодить, сприяючи підвищенню ґрунтових вод, заболочуванню й засоленню зрошуваних ділянок).

Цілий ряд районів з супіщаними ґрунтами буває непридатним для зрошування внаслідок великої фільтруючої здатності їх ґрунтів.

У багатьох випадках не можна збудувати водоймища, ставка тощо через ту ж саму здатність ґрунтів (супіщаних, піщаних або структурних чорноземних) легко пропускати крізь себе воду.

У меліоративних спорудженнях для боротьби з цією властивістю ґрунту використовують різні штучні заходи, як, наприклад, бетоновий або глиняний «одяг», дерев'яну обшивку, гудронування тощо. Але, не кажучи вже про те, що застосування цих заходів дорого коштує, у багатьох випадках їх не можна здійснити або через територіальну віддаленість, або через дефіцитність матеріалів (як, наприклад, бетону, потрібного для інших фундаментальних споруджень). Ось тут і треба згадати про здатність ґрунту різко міняти свої фільтруючі властивості, коли він втрачає свій увібраний кальцій, насичуючись іоном натрію. Працюючи над цим питанням, наша лабораторія прийшла до висновку (1930 р.), що дуже швидко можна зробити непроникними для води не тільки важкі чорноземні суглинисті структурні ґрунти, а навіть і супіски і глинисті піски, витративши порівняно небагато кухонної солі на обробіток відповідної ділянки.

Перевірка цього методу в польових умовах на півдні України, в степу й лісостепу УРСР, РРФСР та в Середній Азії показала, що підготовані методом «осолонцювання» іригаційні канали і водоймища прекрасно тримають воду і не так терплять від зимових морозів, як вкриті бетонним одягом. До цього ж висновку прийшли Український і Всесоюзний інститути меліорації й інші організації у Заволжі, Середній Азії. Застосування цього методу дає широкі можливості як при будівництві водоймищ, незважаючи (як це було досі) на механічний склад ґрунту і порід, так і при зрошуванні величезних просторів Середньої Азії, Закавказзя, Заволжя, Прикаспійської низини і великих супіщаних площ по долинах рік. Витрати, потрібні для цього, набагато менші від звичайних витрат на різні «одяги». Це — один з найефективніших і найдешевших методів боротьби з фільтрацією.

Ще одне можливе застосування цього способу передбачено у шляховій справі, де однією з вимог, які ставляться до полотна ґрунтової дороги, є нездатність її вбирати в себе дощову воду і розмокати. Саме ґрунти, насичені натрієм, надзвичайно повільно й довго вбирають воду. Очевидно, що, обробивши полотно дороги кухонною сіллю (у розчині), при умові відповідного профілю його, можна мати шлях, з якого вода швидко стікатиме, не вбираючись у полотно, і воно не розкисатиме після дощів. Спостереження у районах середньої Наддніпрянщини і у районах соляних промислів біля Сивашів підтверджують цю думку. Це положення потребує ще глибшої практичної перевірки.

Тепер, коли передбачено будівництво значної кількості колгоспних ставів і зрошувальних каналів, ці місцеві «резерви» боротьби за воду набувають особливого значення.

### УВІБРАНІ КАТІОНИ І РОСЛИНИ

Лишається сказати ще про безпосереднє значення увібраних (обмінних) катіонів для самих рослин. До останнього часу багато працювали над в'ясненням питання про те, наскільки доступний рослинам азот увібраного амонію. Результати були позитивні. В останні роки свого життя Гедройц провів великі досліді, з'ясовуючи вплив на ріст рослин і урожай різних увібраних катіонів. Виявилось, що обмінні катіони доступні рослинам, що різна насиченість кальцієм неоднаково відбивається на різних рослинах, що для ряду рослин важлива наявність, крім кальцію, також і магнію.

Вище ми говорили про те, яке величезне значення мають колоїди ґрунту для ґрунтових процесів: і генезис ґрунтів, і агрономічні властивості їх — не тільки хімічні, але й фізичні — тісно зв'язані зі змінами ґрунтових колоїдів.

Фізичні властивості ґрунту залежать від хімічних властивостей колоїдів і насамперед від характеру увібраних катіонів; водостійка структура ґрунту утворюється лише при достатній насиченості ґрунту кальцієм і присутності дуже важливої частини ґрунту — гумусу.

Одна із основних властивостей колоїдів — їх здатність вбирати — має значення, як було показано вище, не тільки і не стільки «для затримування у ґрунті добрив» (більшість ґрунтів вбирає лише катіон), скільки тому, що, змінюючи склад обмінних катіонів, можна змінити ряд найважливіших фізичних властивостей ґрунту.

Знання особливостей явищ вбирання дає змогу правильно застосовувати форми, наприклад азотних добрив. Так, азот сульфату амонію —  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  — майже цілком вбирається ґрунтом і навіть у супіщаному ґрунті Полісся повністю закріплюється в верхньому його шарі (не глибше 30 см); тимчасом як азот селітри, зв'язаний з аніонною частиною солі, цілком вимивається вглиб. Ось, за даними одного досліді, розподіл амонійного азоту в ґрунті: через 30 діб у горизонті внесення було амонію 453 мг на 1 кг ґрунту, а на глибині 12 см — 5,6 мг. Навіть через 125 діб амонію лишалося вгорі 365 мг на 1 кг ґрунту і 11 мг у шарі на 12 см (за Гіллісом).

Звідси висновок: застосовуючи добрива, діюча частина яких зв'язана з увібраними ґрунтом катіонами ( $\text{NH}_4$ , К, Са...) і аніонами ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), треба зважати і на характер ґрунту, і на водний режим місцевості, і на особливості поширення коріння рослин. Повний ефект від добрив буде забезпечений лише тоді, коли коріння сільськогосподарських рослин одночасно матиме як поживні речовини, внесені в ґрунт, так і вологу.

## ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ

### МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ

До фізичних властивостей ґрунту належать ті особливості його, які впливають на консистенцію ґрунту, на його здатність до обробітку, які зв'язані з його липкістю, чіпкістю, поруватістю, зв'язністю, твердістю в сухому стані, з тертям об знаряддя, з опором під час обробітку, із здатністю зберігати більш-менш тривалий час наслідки обробітку тощо.

Досі фізичні властивості зв'язували звичайно з самими лише кількісними показниками — з механічним (гранулометричним) складом ґрунту. Визначаючи вміст у ґрунті часток тих чи інших розмірів, розподіляючи ґрунт на механічні фракції, вираховували співвідношення між піском, глиною і пилом, приймаючи умовні межі між піщаними, супіщаними, суглинковими, глинистими і іншими ґрунтами. Фізичною глиною при цьому вважали всі частки, менші від 0,01 мм.

З другого ж боку, фізичні властивості залежать не тільки від механічного складу ґрунту, бо ми вже бачили, що при тому ж самому механічному складі той самий чорнозем може мати діаметрально протилежні властивості залежно від того, чим насичена його колоїдна частина — кальцієм чи натрієм. Навіть у ґрунтах супіщаних і піщаних заміна кальцію на натрій і навпаки різко міняє їх властивості. Якщо для чорноземних, досить структурних і розсипчастих, ґрунтів заміна кальцію на натрій різко підвищує в'язкість, зв'язність, прилипання цих ґрунтів, то й у піщанистих ґрунтах цей фактор сприяє збільшенню «колоїдності» їх і створенню водонепроникного горизонту. Тут це відбувається завдяки незначним домішкам колоїдних часток, які трапляються і в пісках у вигляді тонкої колоїдної оболонки навколо піщинок. Засолення, так само як і поява лісів, різко змінює властивості чорнозему.

При надмірному зволоженні, як це буває на заболочених ділянках, навіть супіскувати ґрунти під впливом процесу оглеювання набувають (знов-таки завдяки згаданій вище плівці) значно більшої в'язкості

і чіпкості у вологому і твердості в сухому стані, ніж ґрунт того самого механічного складу на сухіших ділянках. Процеси опідзолювання, зв'язані з колосальним виносом колоїдних часток із верхніх горизонтів ґрунту, приводять до різкого зниження глинистості ґрунту. Таким чином, при великій ролі механічного складу ґрунту властивості колоїдної частини мають колосальне значення для його фізичних властивостей. Ці особливості колоїдної частини залежать насамперед від характеру ввібраних катіонів, далі від того чи іншого виявлення процесів оглеювання і, нарешті, від співвідношення гумусу й глини у ґрунті, а також від усього комплексу процесів ґрунтоутворення, що кінець кінцем обумовили створення того чи іншого типу ґрунту.

На фізичні властивості ґрунту в основному впливають особливості механічного складу. Ми уже говорили, як ділять механічні елементи ґрунту на фракції (див. стор. 25). Раціональні підстави для поділу ґрунтової маси на фракції такі (Вільямс, Аттерберг): піску властива добра водопроникність, слабо виявлені капілярні властивості, так само як і нездатність затримувати в собі велику кількість води. На межі між піском і пилом відбувається певний перелом, де (в пилюватих частках) зменшується водопроникність і починають чимраз більше виявлятися капілярні властивості. При зменшенні розміру до 0,01 мм ґрунтові частки починають різко уповільнювати темпи капілярного руху води. Коли частинки стають менші 0,02 мм, кореневі волоски злаків між ними уже проходити не можуть. Для бобових такою межею буде діаметр 0,03 мм. Більшість бактерій не проходить крізь ґрунт, коли частинки стають менші 0,003 мм. При розмірі частинок 0,002 мм уже помітний (під мікроскопом) броунівський рух, тобто частинки уже такі дрібні, що реагують на удари молекул води.

Знати механічний склад ґрунту треба для розв'язання цілого ряду практичних питань у сільському господарстві, що стосуються переважно їх фізичних властивостей, особливо при меліорації (водні властивості ґрунту). Вивчаючи механічний склад ґрунту, ми зацікавлені в тому, щоб пройти якомога далі вглиб величин, що лежать за межами 1 $\mu$ , тобто, щоб, крім механічного складу, виявити також і ультрамеханічний склад наших ґрунтів (склад «мулу» — фракції, меншої за розміром 0,001 мм).

Не менш важливу роль, ніж сам механічний аналіз, відіграє підготовка ґрунту для аналізу.

Тут можна намітити дві основні групи способів. В одному з них для виділення ґрунтових фракцій обмежуються розтиранням ґрунту в ступці, кип'ятінням його і потім відмучуванням через певний час виділених таким чином фракцій (класичний спосіб Вільямса). Розтирати і кип'ятити ґрунт доводиться тому, що ми звичайно дуже

рідко маємо в ґрунтах частки різних розмірів, не зв'язані одна з одною (це буває лише в сипких кварцових пісках). Здебільшого ж ґрунтові частки зв'язані між собою в агрегати. Факторами цього зв'язку є ґрунтові колоїди (глина і гумус з їх різними властивостями) і ввібраний кальцій (іноді — залізо), які при сприятливому сполученні дають агрономічно важливу дрібнозернисту структуру.

Очевидно, для відокремлення часток одна від одної треба заздалегідь зруйнувати цю структуру, а цього можна досягти лише при впливі на фактори структури, про які ми говорили вище. Позбавити ґрунт цих факторів структури суто механічними методами не можна, потрібна певна хімічна обробка, без якої виділити цілком ґрунтові фракції, особливо найбільш дисперсну колоїдну фракцію, неможливо. Це привело до створення методів хіміко-механічного аналізу ґрунту, де в числі операцій, спрямованих на роз'єднання часток ґрунту, маємо також певну хімічну підготовку. Питання про цю підготовку останнім часом стало основним питанням механічного аналізу.

Виходячи з того, що нам відомо про фактори, які створюють агрегати в ґрунті, надають ґрунтові структури, перед тим, як почати сортувати частки ґрунту за їх величиною, очевидно, треба спершу вилучити з нього увібраний кальцій (а на ґрунтах, багатих на залізо, —  $\text{Fe}^{++}$  і  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) і скоагульовані ним ґрунтові колоїди, а потім і той гумус, який під впливом висушування і, так би мовити, «старіння» надає водостійкості ґрунтовим грудочкам, заважаючи виділенню глинистих часток. Вияснення цього факту дало авторові змогу встановити, що колоїдна фракція ґрунту може бути двох видів: одна частина її зв'язана з увібраним кальцієм і після вилучення його з ґрунту цілком пептизується, переходячи в «розчин», а друга лишається зв'язаною в органо-мінеральному комплексі ґрунту.

При цьому виявилось, що самим тільки вилученням увібраного кальцію не можна виділити усю колоїдну частину ґрунту, що, старанно відмивши від нього «активну» частину колоїдного комплексу (див. про структуру), ми одержимо все ж таки залишок, який має значну вбирну здатність і ще досить (у чорноземі) багатий гумусом. Ця незалежна від увібраного кальцію частина колоїдної фракції ґрунту не міняє своїх властивостей від додавання до неї сполук кальцію у протилежність «активній» частині. А проте, якщо до ґрунту, який втратив тільки увібраний кальцій і через це набув нових властивостей — велику липкість у вологому, велику зв'язність і твердість у сухому стані, додати, скажімо, вапняної води, то він швидко відновлює свої попередні якості, знову стає структурним, розсипчастим, менш в'язким, менш липким.

Не те буває, якщо з ґрунту вилучити не тільки ввібраний кальцій, але й той «активний мул», який був з ним зв'язаний;

після цього в ґрунті залишається із всієї колоїдної фракції тільки «пасивна» її частина, «пасивний мул». У цьому випадку, як і в першому, утворюється безструктурна маса — тільки значно світліша, ніж первісний ґрунт: після висушування, якщо на неї злегка натиснути, дає горизонтальну подільність. Створити в ній структурність уже неможливо навіть з допомогою вапна. Чим дужче був підсушений ґрунт, тим більша величина цієї пасивної частини. Вона являє своєрідну сполуку глини з дегідратованим гумусом, який вкриває частки глини. Виділити з неї глину можна тільки при умові руйнування того гумусу, який ще в ній залишився. Як цього досягти? Способи, зв'язані з застосуванням прожарювання, коли гумус вигоріє, тут не придатні: при високій температурі різко міняються властивості глини — вона переходить у форму, яку ми маємо в цеглі. Для вилучення гумусу 40 років тому я застосував перекис водню. Після недовгого нагрівання з його шестипроцентним розчином частина гумусу, що залишилася, окисляється і зв'язані з ним частки глини можуть бути цілком відокремлені.

Виходячи з цих явищ, ще в 1923 році я запропонував метод хіміко-механічного аналізу ґрунту (правильніше, новий метод підготовки ґрунту до аналізу), який полягає в попередньому вилученні із ґрунту увібраного кальцію розчином  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , у відмучуванні «активного мулу», окисненні лишку перекисом водню і в наступному поділі відмучуванням частини ґрунту, яка залишилася, на механічні фракції. При такій підготовці уникають того викривлення справжньої картини, яку маємо при інших способах хіміко-механічного аналізу, зв'язаних з застосуванням соляної кислоти і луку. Поширений метод діяння на ґрунт розбавленою  $\text{HCl}$  і  $\text{NH}_4\text{OH}$  має ту хибу, що застосування сильних реактивів обумовлює помітне розчинення заліза, алюмінію і тому викривлює справжню картину механічного складу ґрунту.

### Поділ часток ґрунту за їх розміром

Коли тим чи іншим способом зруйнувати зв'язок між ґрунтовими частками, поділ їх за крупністю зерна, так би мовити, сортування їх на фракції, не являє особливих труднощів. Це робиться різними способами, описаними в підручниках механічного аналізу ґрунту. Крупні частки до піску включно відокремлюються від дрібніших і діляться на фракції з допомогою сит з дірочками відповідного діаметра. Дрібніші ж частки поділяються (відмучуються) з допомогою різної швидкості падіння часток у стоячій воді (Вільямс). В основі цього способу лежать закономірності падіння часток однакової форми, виражені формулою Стокса; швидкість падіння частки визначається такою формулою:

$$V = \frac{2}{9} \cdot \frac{(D-d)r^2g}{z},$$



де  $g$  — прискорення сили тяжіння;  $r$  — радіус частки;  $D$  — щільність часток;  $d$  — щільність середовища, в якому вони падають;  $z$  — в'язкість рідини, де відбувається відмучування.

На зовсім іншому принципі — на відмінності гідростатичного тиску і питомої ваги чистої дистильованої води і суспензії ґрунту — побудовані методи безперервного механічного аналізу, які дають криві розподілу часток за їх величиною. Найновіший із них — метод седиментиметричного аналізу Фігуровського.

Перевага безперервних методів полягає в тому, що вони дають змогу урахувувати всі переходи від крупних часток до дрібних, які справді існують у природі, через побудову кривих розподілу.

Відміна методу відмучування — так званий піпетний спосіб. Полягає він у тому, що, знаючи швидкість падіння часток, із скаламученої суспензії ґрунту через певний час беруться піпеткою проби певного об'єму. Їх випаровують, сушать і визначають процентний вміст кожної фракції. Перевага піпетного методу полягає в тому, що замість надто довгих операцій відмучування, які потребують великої кількості води і часу, тут береться лише одна проба. Це дає змогу швидко одержувати масові результати, необхідні при обслуговуванні великих будівництв і під час ґрунтових знімань значних територій.

### Фактори, що визначають механічний склад ґрунтів

На механічний склад ґрунту впливають як геологічні фактори — материнські породи, на яких утворилися ґрунти, — так і фактори ґрунтоутворення і напрям ґрунтоутворних процесів. Так, текуча вода залежно від сили потоку щоразу сортує частки, які трапляються їй на шляху, лишаючи на місці крупніші і відносячи дрібніші. Тому, ідучи поперек річкової долини, ми бачимо, що зовсім близько від русла ріки утворилися піщанисті відклади; в міру ж віддалення від нього механічний склад стає чимраз більше дрібноземлистим, досягаючи в тихих заводях найбільшої глинистості.

Тим-то в місцях найшвидшої течії, в місцях колишніх потоків, ми й тепер бачимо великі піщані простори, позначені на ґрунтовій карті жовтими плямами і смугами. Райони великих розливів, що витікали з-під льодовика, відзначені поширенням більш суглинкових відкладів. Розвіювання вітрами відкладених водою порід так само приводить до сортування цих відкладів. При цьому вітер, як і вода, крупніші частки (крупний пісок і дрібні камінці) перекочує по поверхні землі, а дрібніші піщинки несе на невеликій висоті над поверхнею. Чим дрібніші частки, тим вище вони підіймаються в повітря, тим далі заносяться вітром. Вітер і вода сортують переносуваний ними матеріал. Зміни сили вітру або течії обумовлюють зміни шарів різної крупності зерна. Звідси (особливо

в річкових, морських і озерних відкладах) — їх шаруватість, яка іноді дає правильні річні зміни.

Льодовикові відклади, принесені самим льодовиком, характеризуються відсутністю сортування, бо в них можна бачити частки найрізноманітніших розмірів, починаючи від великих каменів, іноді розміром в десятки кубічних метрів, піску різної крупності, до пилу і колоїдної глини. Вода, збігаючи з поверхні схилів, змиваючи дрібні частки, відкладає їх біля підніжжя схилу, залишаючи в верхніх частинах його грубіші, піщанисті, а часом, і щебінисті ґрунти.

Великий вплив на механічний склад ґрунту мають і процеси ґрунтоутворення. У тих випадках, коли під впливом підзолистого процесу з верхніх горизонтів виносяться іноді (у підзолах) майже вся колоїдна частина, у верхньому орному шарі залишаються тільки пилювата і піщана фракції ґрунту; інакше кажучи, глинистий ґрунт перетворюється на пилюватий, а легкі суглинки і супіски — на піщанистіший ґрунт. З другого боку, якщо на схилах були підзолисті ґрунти або сірі лісові суглинки, то після вирубки лісу (найважливішого фактора підзолотворення) відбувається надзвичайно сильне змивання верхнього горизонту ґрунту, відслонення ілювіального горизонту з різко вираженою «колоїдністю» завдяки більшому вмістові глинистих часток. Тут на механічний склад верхнього шару «змитого» ґрунту вплинув не тільки природний процес ґрунтоутворення, але й діяльність людини, що вирувала ліс.

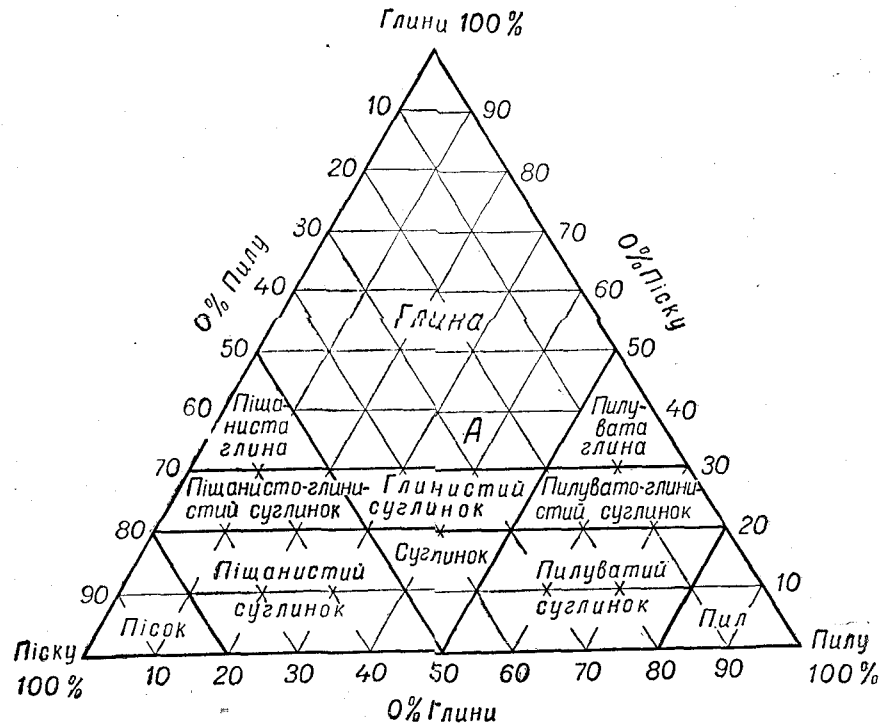
Для визначення механічного складу ґрунтів запропоновано кілька способів, в яких на підставі співвідношення між піском, пилом і глиною визначається належність ґрунту до тієї чи іншої механічної відміни.

Робочим методом може бути спосіб нанесення даних механічного аналізу на рівносторонній трикутник (мал. 5), вживаний у будівельній (шляховій) справі. Механічний склад ґрунту визначається нанесенням його на ту чи іншу точку в середині трикутника. Відстань від відповідних сторін його дає процент піску, пилу і глини в складі ґрунту.

Так, для точки А це буде: піску — 28%, пилу — 33%, глини — 39%. Класифікацію ґрунтів за механічним складом дали проф. Замятчинський, Охотін, українські ґрунтознавці і інші. Залежно від механічного складу різко міняються фізичні властивості ґрунтів. Так, глинисті ґрунти в сухому стані дуже щільні, при розтиранні їх між пальцями або зовсім не відчувається піску, або його небагато. У вологому стані глини липкі, в'язкі. Ніж при розрізі лишає блискучий слід. Грудку глинистого ґрунту при достатньому зволоженні можна розкачати в тонкий шнур і гнути його як загодно; при висиханні він розтріскується, утворює щільну корку і дає щільні брили. Корені рослин важко проникають у глинистий

субстрат. Обробіток ґрунту вимагає затрати великої енергії. Ґрунт легко заболочується. Біологічна активність його мала.

Навпаки, піщані ґрунти — пухкі, розсипчасті. Вони не мажуться, не липнуть до знарядь обробітку, не утворюють корки. Обробляти їх дуже легко. Легко проникає в них і коріння рослин. Із них не можна скочувати шнура.



Мал. 5. Діаграма для визначення механічного складу ґрунтів.

Суглинкам належить проміжне становище. Шнур, скочений із суглинкового ґрунту, при згинанні розтріскується.

Певна річ, здатність глинистих ґрунтів утворювати структуру різко зменшує їх несприятливі сільськогосподарські властивості. До цього слід додати, що глини сильно вбирають воду, набухаючи при цьому, і мало проникні для води. Суглинки ж, не затримуючи в такій мірі воду, краще її й пропускають. Це зв'язано з тим, що в суглинках значно менше колоїдних часток, ніж у глині.

Характерною ознакою ґрунту є ступінь його *пластичності*. Пластичністю називається здатність ґрунту давати з водою масу («тісто»), яка під впливом тиснення може набирати усякої форми і зберігати її після того, як тиск припиниться.

Ця здатність належить глинистим ґрунтам; вони, залежно від вмісту води, можуть бути у трьох станах: твердому, пластичному й рідкому, тоді як піски — у пухкому й рідкому.

Пластичність залежить від величини колоїдної частини ґрунту (глина + гумус) і характеру обмінних катіонів.

Ступінь пластичності визначають різним поводженням ґрунту при різній вологості.

Розрізняють 1) верхню межу текучості, коли вміст води такий великий, що ґрунт уже тече, як рідина; 2) нижню межу текучості, коли дві половинки проби ґрунту, вміщені в чашку, від легкого удару зливаються до купи; 3) межу розкошування, коли вміст води у пробі зменшується настільки, що проба при розкошуванні перестає липнути до рук. Це — нижня межа пластичності.

Число (міру) пластичності одержимо, як різницю між вмістом води при нижній межі текучості і при межі розкошування. Наприклад, якщо нижня межа текучості відповідає 45% вмісту води, а межа розкошування — 22%, то число пластичності буде  $45 - 22 = 23\%$ . Межа розкошування відповідає стану ґрунту, коли він найлегше піддається обробітку, не липне, добре кришиться, тобто вистигає для обробітку. Для харківського чорнозему ця межа дорівнювала приблизно 27%, а після насичення на вона зменшилася до 22%. Тому чорнозем навесні раніше вистигає для обробітку й довше зберігає свою «стиглість»; солонець і підзол, навпаки, пізніше вистигають і швидше втрачають «стиглість».

Для характеристики механічного складу ґрунтів наведу кілька прикладів. У орному шарі більшості ґрунтів Московської області глина — мул (частки 1 $\mu$ ) становили 2—5 процентів, вся інша маса належала або пилуватим (більше 70% пилу при незначній кількості піску), або піщаним часткам (тут кількість пилу не перевищувала 10—20%). У чорноземах же України звичайно піщаних часток не буває (за винятком просторів, які межують з річковими долинами): глини в них містяться часто-густо понад 30%, решту складає пил. Ґрунти давніх річкових терас, як, наприклад, третьої дніпровської, відрізняються від ґрунтів основних вододілів невеликим процентом мулу (для Носівки 7%, для Драбова — трохи на південь від Носівки — 10%). Тут переважають пилуваті частки.

Від різного співвідношення часток, які належать до різних груп, ґрунт може бути глинистий, глинисто-пилуватий, піщано-пилувато-глинистий, пилувато-глинистий, супіщаний і піщаний, залежно від того, яка група часток переважає і, певніше сказати, яка група часток надає своїх властивостей усій масі ґрунту. Піщаний ґрунт відзначається пухкістю, розсипчастістю, доброю проникністю для води. Пилуватий при далеко більшій зв'язності все ж таки значно відрізняється від глини; воду він затримує менше, ніж глина, пропускаючи її дужче, як глина, але менше, як пісок,

від якого він відрізняється тільки меншим розміром часток і вужчими порами, тоді як від глини його відділяє фізична інертність самих часток, нездатних набухати, давати структуру, непридатних для формовки. Чим більший процент пилюватих часток за рахунок вмісту глини, тим менша його пластичність, тим менша його здатність давати структуру. Негативні властивості пилюватих ґрунтів важко виправляти, бо на них не можна вплинути тими способами, які різко міняють властивості глини (вапнування), хоч збагачення перегноем, збільшуючи вміст колоїдів, поліпшує їх.

Щождо глинистих ґрунтів, то дуже повчальна різна оцінка їх у північних і південних районах. У північній частині СРСР, так само як і в північній Європі взагалі, важкі глинисті ґрунти вважають найменше придатними для культури. Тимчасом ми бачили, що навіть у найбільш глинистих зразках північних підзолистих ґрунтів вміст глини у кілька разів менший, ніж у чорноземах, а чорноземи вважають за найкращі ґрунти. Цю суперечність легко розв'язати, якщо звернути увагу на те, що «нормальні» (тобто не деградовані й не солонцюваті) чорноземи — це ґрунти високої структурності, а підзоли — низької. Здатність давати структуру, виявляється, не тільки усуває шкідливий вплив великого вмісту глини в ґрунтах, а й робить структурні глинисті ґрунти найкращими за родючістю.

На фізичні властивості ґрунту значно впливає гумус, внаслідок тих особливостей, про які ми вже говорили (висока дисперсність, часткова необоротність). Клейка здатність гумусу далеко більша, ніж глини. Так, у одному досліді Шлезінга виявилось, наприклад, таке: щоб зробити пісок зв'язним, до нього треба додати 11% глини; гумусу ж потрібно було для цього трохи менше 1%. У даному разі цементуюча здатність гумусу була в 12 разів більша, ніж у глини.

Проте вплив гумусу на фізичні особливості ґрунтів не обмежується лише тим, що він зв'язує пухкі маси піску, тобто надає йому більшої зв'язності. На глинисті ґрунти вплив його протилежний; як давно відомо в землеробстві, глинисті ґрунти гумус розпушує. Як пояснити таку протилежну роль гумусу в обох випадках? Тут слід нагадати те, що було сказано про гумус, як про частково необоротний колоїд. Якщо взяти пробу структурного чорнозему з водостійкими грудочками й розтерти її на порошок, то, зліпивши з неї нові грудочки, легко переконатися, що механічна міцність їх буде менша, ніж у попередніх грудочок.

Це сталося тому, що при утворенні первинних структурних агрегатів — зерен чорнозему або зернистої структури — основну участь брав «активний», «розчинний» гумус, розчинність якого після висушування цих первинних грудочок зменшилася, бо зменшилися дисперсність і гідрофільність, а разом з тим і клеюча здатність його.

Тим-то глинисті ґрунти, які містять у собі досить гумусу, уже

під впливом висушування\* (і проморожування) стають багато пухкіші, менш щільні і чинять менший опір при обробітці, ніж ґрунти того ж механічного складу, але позбавлені гумусу. Це доводиться мати на увазі в усіх тих випадках, коли верхні горизонти ґрунту змиті і на поверхню виходить важка глина, або ж на поверхню ґрунту вивернуті більш глибокі, дуже глинисті безгумусні горизонти, як це буває поблизу великих будівництв, або у районах, поритих окопами й протитанковими ровами під час першої імперіалістичної, а тим більш Великої Вітчизняної війни. Такі ділянки впадають в очі своїми низькими фізичними властивостями. Щоб поліпшити їх, треба вапнувати, а в тих випадках, коли вони містять вапна досить, вносити належну кількість органічної речовини. Такі явища спостерігаються на схилах балок і на узбережжях річок, а надто там, де вони оголені людською рукою від лісів, які раніше тут росли; тоді на поверхню виступає ілювіальний горизонт з дуже виявленими колоїдними властивостями (змиті ґрунти).

Фізичні властивості ґрунтів залежать не тільки й не стільки від кількісних показників — механічного складу ґрунту (та ще в межах до 0,01 мм — «фізичної глини»), скільки від якісних — вмісту колоїдів і їх поводження, яке залежить від характеру обмінних катіонів, від віку колоїдів, від ступеню їх гідрофільності і, нарешті, від ступеню вологості ґрунту.

Фізичні й хімічні властивості ґрунтів тісно зв'язані між собою і їх не можна розглядати ізольовано, як це робили до недавнього часу.

Крім того, фізичні властивості усякого ґрунту не такі вже постійні й незмінні, як часто їх уявляють. Кожну властивість слід розглядати в динаміці. Тим-то намагання укласти їх у прості формули призводить на практиці до великих помилок.

Зрозуміло, що фізичні властивості ґрунтів дуже міняються залежно від типу ґрунтоутворення. Якщо, наприклад, взяти чорноземні ґрунти з досить добре виявленою структурністю, то поява лісу на даній території, зайнятій спочатку чорноземом, і зв'язані з цим процеси деградації (опідзолювання) погіршують структуру, а з нею і фізичні властивості ґрунту в землеробстві. Ще дужче діє осолонцювання чорнозему. І в тому і в другому випадку зміна фізичних властивостей зв'язана передусім з погіршенням структури ґрунту.

#### Роль обмінних катіонів

Виходячи з сказаного, фізичні властивості ґрунту слід розглядати як похідну їх хіміко-механічного складу. Основна роль належить тут таким мінливим колоїдам — найдрібнішим часткам, які мають величезну відносну поверхню.

Значення хіміко-механічних властивостей ґрунту для його зв'язності або міцності (обчислюваної з навантаження, при якому проби ґрунту роздавлюються), які визначають опірність при обробітку, видно з таблиці 18, де показані наслідки наших дослідів з харківським чорноземом, у якому кальцій заміщений різними катіонами:  $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Fe^{+++}$ ,

Таблиця 18

Зв'язність ґрунту (південний варіант глибокого чорнозему з Харківської дослідної станції) залежно від роду увібраних катіонів (Соколовський і Лукашевич)

Спосіб виготовлення проб (циліндриків 2,8×18 см)	Проби насичені						Контроль (проби у природному стані ґрунту, насиченому кальцієм і магнієм)
	Ca ··	Mg ··	NH <sub>4</sub> ·	Na ·	H ·	Fe ···	
	Навантаження в кг/см <sup>2</sup> , потрібне для роздавлення циліндриків						
1. За Лукашевичем (на-сипкою) . . . . .	4,4	12	28	—	1,8	1,4	6,4
2. За Аттербергом (замі-шуванням) . . . . .	—	—	—	62 *	—	—	13

Ми бачимо, що заміна кальцію навіть на магній збільшує опірність ґрунту проти роздавлення майже утричі, заміна на амоній — у 6,3 раза, а при заміні на натрій зв'язність зростає більше як у 10 разів. Заміна ж кальцію на іон Fe різко знижує зв'язність, що пояснюється більшою коагулюючою силою іона заліза порівняно з іоном кальцію. З цього ясно, що і в польових умовах усяке зменшення кількості увібраного кальцію із заміною його на натрій, амоній або магній відповідно погіршує фізичні властивості ґрунтів, утруднюючи їх обробітку. Цілком очевидно, що це погіршення, зв'язане із зруйнуванням структури, обумовлює надзвичайне збільшення витрат на обробітку ґрунту: збільшується у кілька разів потрібна жива й механічна тяга, збільшуються витрати пального при тракторній оранці, швидко виходять з ладу плуги і т. д.

#### Опірність ґрунту залежно від його складу і стану

Рациональне господарство вимагає стандартизації заходів обробітку ґрунту, а вони дають неоднакові показники залежно від опірності ґрунту, від його зв'язності. Ці властивості інколи надзвичайно міняються, особливо в районах з неоднаковими ґрунтами, неоднаковими за їх природними властивостями або культурним минулим (різний обробіток, засміченість бур'янами). Динамометрич-

\* Циліндрик не роздавлюється.

ні виміри, проведені в різних місцях Союзу, добре відбивають відмінності у механічних властивостях ґрунту.

Як видно з мал. 6 (стор. 120) в умовах Мелітопольського зернорадгоспу при оранці твердої зарослої стерні опір мінявся з 1000 до 2800 кг; стерня після ячменю давала коливання від 1550 до 2600 кг і т. д. Цей радгосп розташований у тій частині України, де різко виступає на сцену комплексність ґрунтового покриву, де чергуються на невеликих відстанях ґрунти різної солонцюватості: від несо-лонцюватих і мало солонцюватих чорноземів до справжніх со-лонців.

Г. А. Маландін наводить дані, здобуті в Макушинському (Че-лябінська область) зернорадгоспі при оранці на глибину 12 см трактором «Інтернаціонал» потужністю на 30 HP (табл. 19).

Таблиця 19

Опір ґрунту і витрати пального залежно від характеру ґрунтів

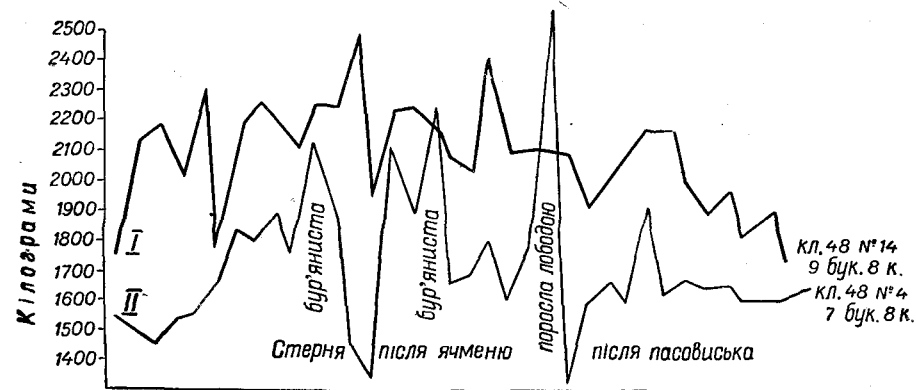
Ґрунти	Опір на ґанку (в кіло-грамах)	Продуктив-ність (ген-тарів за 8 годин роботи)	Витрата (в кілогра-мах на гектар)	
			гасу	води
Мало солонцюватий чорнозем . . . . .	657	3,9	16,6	17,7
Корково-стовпчастий солонець . . . . .	1617	2,8	22,4	25,4

Тут видно різку відмінність в опорі ґрунту, незважаючи на мілку оранку; при більшому заглибленні вона була б ще більшою. Збільшення солонцюватості — наслідок насичення ґрунту натрієм — надзвичайно погіршує агротехнічні властивості ґрунту.

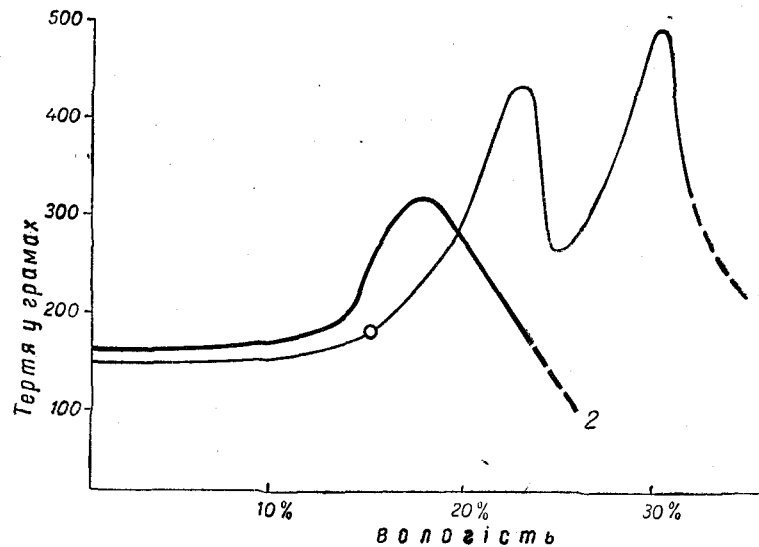
Оскільки при зменшенні насиченості ґрунтів кальцієм насамперед псується структура ґрунту, яка саме й надає пухкості важким глинистим ґрунтам, для нас стає зрозумілою величезна роль структури, що впадає в очі з першого ж моменту обробітку ґрунту: чим гірша структурність ґрунту (глинистого або суглинкового), тим більший опір ставить ґрунт і обробіткові і росту коріння рослин. Тому уже давно (у нас у 90-х роках, проф. Богданов) звернули увагу на опір як важливий фактор агротехніки і показник родючості ґрунту. Озимина Perezимовує тим гірше, чим вищий був опір ґрунту під час обробітку. З структурою ґрунту зв'язано також зниження в'язкості його, прилипання до знарядь обробітку і тертя його з ними. Чим більше зв'язаний ґрунт у сухому стані, тим менше він структурний, тим більша його в'язкість, тим дужче він прилипає до коліс, знарядь і ніг, тим пізніше починається його стиглість весною, тим коротший сприятливий для якісної роботи період його стиглості.

Важливе значення в процесах обробітку ґрунту має тертя зна-рядь обробітку з ґрунтом. Величина тертя залежить від розміру ґрунтових часток і вологості.

Тертя вологого ґрунту (глини, суглинку) більше, ніж сухого; з дальшим збільшенням вологості воно знову знижується, коли волога уже відіграє роль мастила.



Мал. 6. Криві опору ґрунту в Мелітопольському зернорадгоспі (за Львовим).



Мал. 7. Тертя між металічними полозками і ґрунтом при різних вологості:

1 — крива для глини; 2 — крива для піску (за Гейнесом).

Глина, як показує мал. 7, має друге підвищення тертя, зв'язане з прилипанням ґрунту до металу, коли виявляється уже тертя не ґрунту з металом, а ґрунту з ґрунтом.

Прилипання ґрунту до знарядь обробітку так само залежить і від механічного складу ґрунту і від його вологості. Прилипання найдужче буває в глині, найменше — в піску, пилувата фракція займає середнє місце, проте наближається до глини. У піщаних ґрунтів прилипання збільшується зі збільшенням проценту води в них. У глини ж воно досягає свого максимуму в середньому при 80% загальної вологомисткості. Так само й тут збільшення насиченості кальцієм сприяє зниженню величини прилипання.

Прилипання ґрунту різко збільшується з заміною кальцію і магнію на натрій; у солонцях воно вище, ніж у чорноземах.

Прилипання ґрунту в грамах на 1 см<sup>2</sup> металічної пластинки при повній капілярній вологомисткості визначається такими величинами:

	У горизонті А <sub>1</sub>	У горизонті В <sub>1</sub>
Вилугований зернистий пилувато-суглинковий чорнозем . . . . .	1,19	—
Мало осолоділий пилувато-глинистий чорнозем . . . . .	1,55	1,36
Дуже солонцюватий чорнозем . . . . .	2,66	3,39
Глибоко-стовпчастий солонець . . . . .	6,55	7,03

На величину прилипання впливає ступінь структурності ґрунту. Вадюніна наводить такі дані:

	Прилипання структурних агрегатів (в %)	розпорошено по ґрунту (в %)
Червонозем . . . . .	100	320
Карбонатний чорнозем . . . . .	100	200

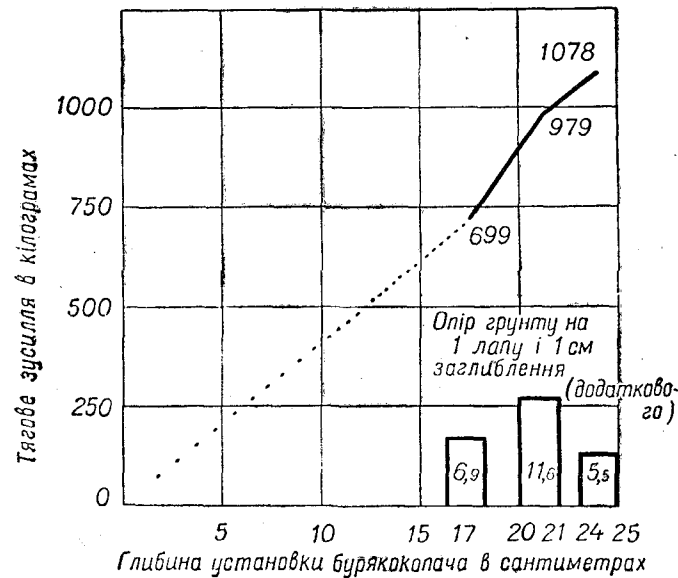
### Орна «підшва». Корка

Серед явищ, зв'язаних з фізичними властивостями ґрунтів, слід зупинитися на утворенні так званої орної «підшви», яка виникає на орних ґрунтах (особливо при недостатній насиченості їх кальцієм) при оранці на ту саму глибину. У цьому випадку внаслідок промивання орного шару дощовими і сніговими водами і посиленого розкладу, а також вивітрювання ґрунтових часток, які відбуваються в орному горизонті ґрунту разом зі зниженням насиченості його кальцієм, відбувається вимивання колоїдних часток, що виносяться до верхньої межі неораного шару (до того ж ущільненого, а іноді і замазаного п'яткою плуга). Відкладаючись там, вони утворюють неначе мікроілювіальний горизонт, який шкідливо впливає на водний режим ґрунту, бо цей останній сприяє тимчасовому поверхневому заболочуванню ґрунту, особливо шкідливому під час відлиг ранньою весною або наприкінці зими.

У складному явищі загибелі озимини це відіграє свою роль, обумовлюючи в одних випадках вимокання посівів, а в інших —

утворення (при новому замерзанні) льодової корки, під якою хліб задихається. При боротьбі з загибеллю озимини це треба мати на увазі.

Знаючи причини утворення «підшви», природно одним із перших засобів боротьби з її утворенням слід вважати відновлення насиченості орного шару через вапнування, а в районах розташування цукроварень — через застосування дефекаційної гязі («дефекату»).



Мал. 8. Утворення «підшви» на чорноземі. Зміна опору ґрунту під час роботи бурякокопача залежно від заглиблення. «Підшва» на глибині 20—21 см (дослід Прокопала, ХСГІ).

На мал. 8 показано утворення «підшви» на чорноземі, а на мал. 9 — вплив ґрунтової «підшви» на просочування води й ущільнення ґрунту.

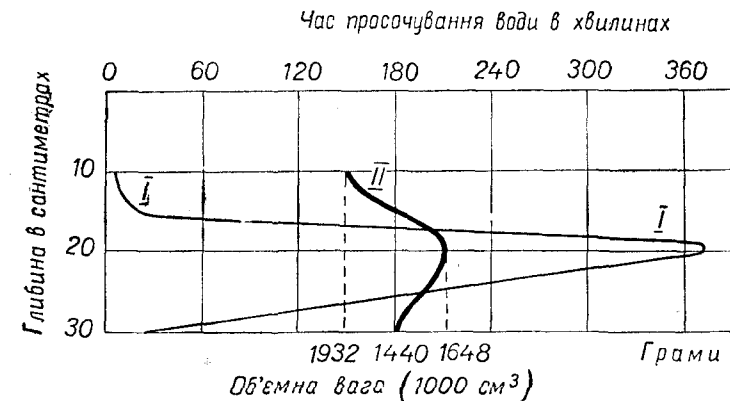
При догляді за посівами і на парах доводиться мати справу з «коркою», яка утворюється на поверхні ріллі.

Корка утворюється внаслідок замулювання, запливання поверхні під впливом води і наступного висихання.

Чим гірша структура ґрунту, чим рясніший був дощ (особливо злива), чим дужче й швидше нагрівалася й висихала поверхня, тим товща (іноді до 3—5 см), тим міцніша утворювалася корка.

Висихаючи і тріскаючись, вона сприяє швидкій втраті води; відзначаючись великою щільністю, вона не дає змоги проникати в ґрунт і повітря, і воді атмосферних опадів, і утворенню ґрунтової роси. Для сходів молодих рослин вона іноді буває непереборною перешкодою.

Чим гірша структура ґрунту, тим частіше треба знищувати корку (в Середній Азії на бавовняних полях до восьми разів доводиться руйнувати корку — Студьонов).



Мал. 9. Вплив ґрунтової «підшви» на просочування води й ущільнення ґрунту:

I — крива просочування стовпа води висотою 10 см; II — крива зміни об'ємної ваги залежно від глибини (за Ремером).

Поліпшення структури забезпечить зниження витрат на обробіток ґрунту і підвищення продуктивності праці в землеробстві.

### Питома і об'ємна вага ґрунту

У дослідній справі і практичному землеробстві часто доводиться переобчислювати питому вагу на об'ємну вагу ґрунту. Наприклад, потрібно буває обчислити кількість затраченої під час оранки роботи на те, щоб перевернути орний горизонт певного об'єму. З вагою ґрунту в одиниці об'єму доводиться мати справу і при визначенні пористості ґрунту.

Коли б ґрунт був компактним суцільним тілом, подібним, скажімо, до граніту, то цілком очевидно, що його об'ємна вага збігалася б з величинами, одержаними для питомої ваги, тобто, коли, наприклад, відомо, що питома вага граніту дорівнює 2,7, то це значить, що й кубічний дециметр його важить 2,7 кг. Але ж ґрунт, як сипке тіло, має пористість; отже, вага 1 л ґрунту складається з ваги твердої частини цієї маси і ваги повітря, яке міститься в її порах (якщо ґрунт сухий), або води (якщо він вологий), або того й того разом. Тому для ґрунту не може бути такого збігу, як для граніту. Співвідношення між вагою одиниці об'єму й питомою вагою дає величину твердої частини даного об'єму

ґрунту. Так, якщо об'ємна вага ґрунту 1,7, а питома вага 2,5, то об'єм пор, які містяться в даному ґрунті, дорівнюватиме 32% загального його об'єму  $[(2,5 - 1,7) : 2,5]$ , а об'єм твердої частини ґрунту буде 68%  $(1,7 : 2,5)$ .

Об'ємна вага різних ґрунтів дуже міняється як залежно від типу ґрунту, так і залежно від глибини залягання горизонту ґрунту, з якого взято зразок.

Так, наприклад, за даними Качинського, підзолистий суглинок з полів Московської дослідної станції мав у верхньому горизонті об'ємну вагу 1,34, на глибині 32—55 см — 1,56, а на глибині 185—200 см — уже 1,77. За тими ж даними об'ємна вага ґрунту під лісом для верхнього (0—12 см) горизонту дорівнювала 1,08, досягаючи на глибині 200 см — 1,63. За даними Лебедева, об'ємна вага передкавказького глибокого чорнозему для верхнього горизонту (0—5 см) становила 0,974, для глибини 5—10 см — уже 1,115, для глибини 25—30 см — 1,355. Для цілинного чорнозему Хрінського степу (ЦЧО) верхній горизонт 0—10 см дав 1,135, 90—100 см — 1,384. Тут вага ґрунту глибини до 1 м дорівнювала 1231,8 кг для 1 м<sup>3</sup>; 1 м<sup>3</sup> кварцового піску, за Бараковим, важить 1710 кг, лесу — 1206 кг, насиченого водою торфу — близько 1000 кг, сухого торфу — 650—1800 кг.

Ґрунти долини р. Волхов, за Прасоловим, мали об'ємну вагу 1,1—1,3, а у верхньому горизонті (дернина) навіть 1,0. Залежно від культурного стану ґрунту об'ємна вага його так само міняється. За Бараковим, верхній горизонт цілинного ґрунту мав об'ємну вагу 0,811, а поле після вівса — 1,122. Ці дані дають можливість визначити об'ємну вагу ґрунту на потрібну нам глибину, маючи на увазі, що об'єм шару ґрунту в 20 см завглибшки на 1 га становить 2000 м<sup>3</sup>.

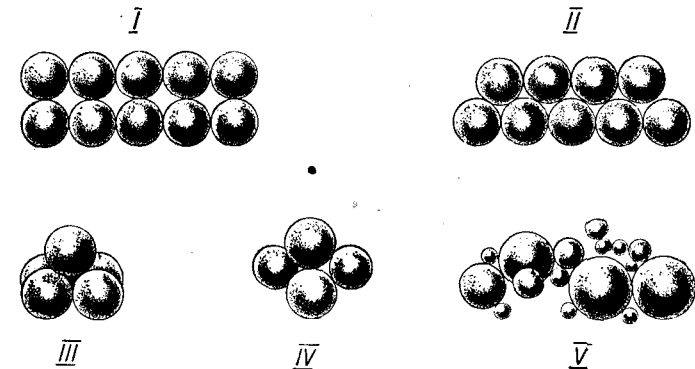
Питома вага різних ґрунтів неоднакова; вона залежить, головним чином, від вмісту гумусу і від питомої ваги мінералів, які входять до складу глини, пісків і пилу. Так, питома вага торфу береться від 1,26 до 1,3; питома вага гумусу має приблизно ті самі величини. Відповідно до цього питома вага верхнього горизонту чорноземних ґрунтів, про які ми згадували вище, коливається між 2,54—2,57, а для нижніх горизонтів 2,62—2,70.

### Пористість ґрунту

З механічним складом і структурністю ґрунту тісно зв'язана його пористість, тобто загальна величина об'єму усіх пор в одиниці об'єму ґрунту. Підходячи до розв'язання питання про можливі розміри пористості ґрунтів і використовуючи геометричні обчислення (припустивши для спрощення, що всі частки ґрунту і всі ґрунтові грудочки мають кулясту форму), ми маємо для взаєм-

ного розміщення часток ґрунту два основні випадки, показані на мал. 10.

З малюнку видно, що взаємне розміщення часток і грудочок буває різне: або кожний ряд часток лягає в проміжки між частками нижнього ряду (II, III), або ж вони розміщуються одна над одною (I). У першому випадку максимальна пористість (при однаковому діаметрі часток) може бути тільки 25,95% загального об'єму ґрунтової маси. У другому ж випадку вона доходить до 47,64%. У структурному ґрунті пористість ще збільшується, складаючись з об'єму



Мал. 10. Схема взаємного розміщення часток і агрегатів ґрунту.

пор, вміщених між окремими грудочками, плюс пори, які містяться всередині цих грудочок. Тоді при найщільнішому взаємному розміщенні структурних агрегатів пористість дорівнює 45,17% об'єму ґрунту, а при найбільш пухкому розміщенні грудочок цей максимальний об'єм пор доходить уже 61,5%\*.

Чим крупніші частки ґрунту, тим більший розмір пор. Між ними спостерігається така залежність: відношення середнього радіуса пор до радіуса часток в «ідеальному» ґрунті\*\* становить при щільній будові 1 : 5,6\*\*\*, а при пухкій — 1 : 3,1.

Розмір пористості структурного ґрунту далеко більший, ніж ґрунту того ж механічного складу, але позбавленого структури.

В дійсності добрі ґрунти мають пористість між 55 і 65% і, як виняток, до 80%. Звичайно, від обробітку ґрунту збільшується

$$* \text{ Для першого випадку: } 25,96 + \frac{25,96(100 - 25,96)}{100} = 45,17\%;$$

$$\text{а для другого випадку: } 47,64 + \frac{25,96(100 - 47,64)}{100} = 61,5\%.$$

\*\* «Ідеальний» ґрунт — складений з кулястих часток однакового діаметра з однаковою питомою вагою.

\*\*\* Інакше кажучи, у першому випадку середній радіус пор становить 0,18 радіуса часток, а в другому — 0,33.



кількість пилу і він більш або менш заповнює собою проміжки між грудочками і, таким чином, зменшує загальну величину пористості ґрунту. Значення пористості визначає її вплив на водний і повітряний режим ґрунту, на регулювання співвідношення між водою й повітрям у ґрунті.

Для обчислення загальної пористості ґрунту часто користуються співвідношенням між величинами її питомої і об'ємної ваги. Знати об'ємну вагу часто буває потрібно при практичних розрахунках.

### Набухання

Об'єм даної маси ґрунту непостійний, а надто для ґрунтів глинистих і багатих гумусом, оскільки їх колоїди від змочування дуже набухають і, навпаки, зменшують свій об'єм і дають усадку від висихання. Проте набухання залежить не тільки від механічного складу ґрунтів, але й від якості колоїдів, від складу обмінних катіонів: так, з дослідів Гедройца видно, що тульський чорнозем, насичений різними катіонами, давав і різний коефіцієнт набухання (в процентах до об'єму, який він мав на початку досліду), як це показано у наведених нижче даних.

Таблиця 20

Вплив увібраного катіона на набухання ґрунту

Види ґрунтів	Набухання	Кількість води, яку затримує ґрунт при повній вологості
Природний, ґрунт . . . . .	14	67
Ґрунт, насичений Na . . . . .	47	106
» NH <sub>4</sub> . . . . .	24	78
» вилугований водою з CO <sub>2</sub> . . . . .	20	74
» насичений K . . . . .	19	73
» Ca . . . . .	17	71
» Al . . . . .	6	63
» Fe . . . . .	4	54

Ще яскравіші дані одержано при штучній зміні складу обмінних катіонів.

I. Чорнозем, насичений Набухання . . . . .	Ca 100%	Mg 226%	Na 5384% (Брешковский)
II. Чорнозем. . Природний зразок	Насичений		
Набухання . . . . .	100%	K 174%	Na 676%
III. Підзолистий суглинок Набухання . . . . .	100%	145%	193% (Легостаев)

Отже, заміщення Ca на Mg і K, а тим більше на Na призводить до різких об'ємних змін, а при висиханні — до усадки, до розтріскування ґрунту, яке на південному сході доходить до того, що тріщини займають 11% поверхні.

Розпилення збільшує набухання (за Волковим):

Розпилення	Набухання (збільшення об'єму)
Лес природний . . . . .	7,5%
» розтертий . . . . .	12,5%
Чернозем природний . . . . .	3,2%
» розтертий . . . . .	8,3%

Структурний ґрунт мало набухає при зволоженні і зате не дає помітних тріщин (тільки мікротріщини). За Пігулевським, це явище спостерігається при величині структурних агрегатів у 2—3 мм.

При послідовному набуханні й висиханні в ґрунтах відбувається цілий ряд змін, до яких рослини не байдужі. При цьому земля тріскається й тріщини сприяють швидшому висиханню ґрунту. Далі при розтріскуванні розриваються корені рослин і пошкоджуються посіви. Із сказаного видно, що найшвидше такого розтріскування можна сподіватися у важких глинистих, торф'янистих ґрунтів, а також солонців. Щоб запобігти цьому, слід домагатися зменшення амплітуди змін об'єму ґрунту. Набухання й усадка (а, отже, й розтріскування) в структурному ґрунті далеко менші, ніж у тому ж ґрунті, але розтертому на порошок.

Особливе місце займає збільшення об'єму, зв'язане з замерзанням ґрунтів, насичених водою. Тут крім того що збільшується об'єм ґрунту внаслідок набухання, він ще додатково збільшується внаслідок замерзання вміщеної в ґрунті води, а це призводить до того, що поверхня ґрунту разом з рослинами підіймається на певну висоту (випирання посівів). При цьому відкривається вузол кушіння хлібів, коріння обривається. Що станеться потім, коли ґрунт відтане і висохне? Очевидно, піднятий угору вузол кушіння не піде за осідаючим ґрунтом і, таким чином, станеться явище, відоме під назвою випирання хлібів.

Із сказаного зрозуміло, де найбільше слід побоюватися цих несприятливих для перезимівлі рослин явищ: на піщаних ґрунтах їх не буває, а на чорноземах вони проявлятимуться менше, ніж на солонцях. Чим більше набухає ґрунт, тим дужче виявлене випирання. Боротьба з ним вимагає, щоб не було застою води в орному шарі, а отже, і причин, що сприяють випиранню (безструктурність, «підощва»).

### ЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ

В агрономічних колах існували деякі розходження в поглядах на роль фізичних властивостей ґрунту. Агрохіміки схильні були недооцінювати роль фізичних властивостей ґрунту і, зокрема, роль

структури для агрономічної її характеристики. Наприклад, говорили, що в наших умовах «порівняно рівного» клімату фізичні властивості ґрунту не мають такого значення для його родючості, як надмірне або недостатнє зволоження. Проте це базується на непорозумінні, бо в наших умовах континентального клімату навряд чи можна говорити про сталі показники зволоження. Це по-перше, а по-друге, саме в нашій країні ці крайності й виявляються: уся підзолиста зона характеризується, за формулою Висоцького, надмірним зволоженням, увесь же степ і південна частина лісостепу — недостатнім з дедалі більшим дефіцитом зволоження в напрямі на південний схід.

Недооцінювали роль фізичних властивостей і, передусім, структури ґрунту також і в зрошуваному господарстві. Проте, як ми вже мали нагоду відзначати, саме у зрошуваному господарстві під впливом води процеси руйнування ґрунту, замулювання, утворення корки ідуть особливо інтенсивно і для усунення їх потрібні великі затрати праці й коштів. Очевидно, поліпшення фізичних властивостей ґрунту і тут дало б більше заощаджень і можливість ефективніше використовувати зрошувальну воду.

У всіх випадках фізичні властивості ґрунту мають величезний вплив і на ефективність добрив і взагалі на продуктивність праці у сільському господарстві.

## ВОДНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ

### Основи водного режиму ґрунту

Усі життєві процеси, які відбуваються в живих організмах, зв'язані з присутністю в них води. Основною особливістю живих організмів є те, що найважливіші їх складові частини, їх протоплазма, ядро тощо являють собою колоїдні системи. Фізичні властивості колоїдів найтісніше зв'язані з вмістом у них води. До того ж і хімічні реакції в них відбуваються або в розчинах або ж на основі взаємодії розчинних речовин з колоїдами рослин. І в тому і в іншому випадку обов'язковою умовою для цих процесів є вода. Тим-то вміст води у ґрунті сам по собі уже становить для нас інтерес. Проте не всяка кількість води має однакове фізіологічне значення для рослин.

Для агрономічного ґрунтознавства мають велике значення не тільки явища, зв'язані з вмістом води в ґрунті, пересуванням її, надходженням води в ґрунт, але й, навпаки, з втратами її, з способами й умовами збереження її в ґрунті: сама маса ґрунту, як трифазна система, різко міняє властивості залежно від вмісту води.

Так, глинистий ґрунт може бути у трьох станах — твердому (сухий), який переходить при зволоженні спочатку в пластичний, а із збільшенням вмісту води — у рідкий стан.

Піщаний же ґрунт може бути тільки в двох станах — сипкому (сухий) і текучому (насичений водою).

Із змінами вологості ґрунту міняються його агротехнічні властивості — рано навесні спочатку зовсім не можна вийти в поле; потім, в міру втрати води, настає «стиглість» ґрунту, коли він уже не липне, легко орється, розсипаючись під впливом знарядь обробітку, і дає пухку ріллю; при дальшому висиханні ґрунт стає твердим, орється з великими труднощами, даючи брилисту поверхню поля, яку важко обробляти. Це позначається не лише на урожаї, але й на продуктивності праці в землеробстві.

### Форми води в ґрунті

**Гігроскопічна вода.** Ми уже бачили (див. стор. 23), що навіть сухий на дотик ґрунт, пролежавши рік у лабораторії, все-таки містить у собі певну кількість води, яку можна легко виділити при обережному нагріванні проби ґрунту на вогні. Якщо таку пробу нагрівати в накритій холодним склом фарфоровій чашці, то на склі помітимо росу. Це — та вода, яку ґрунт вбирає з повітря: у повітрі завжди є певна кількість водяної пари. Ґрунт вбирає воду з повітря так само, як і інші дуже подрібнені тіла (наприклад, дрібно потовчена сіль або тютюн, що відволожився у вогкій кімнаті і, навпаки, надзвичайно пересихає у сухому приміщенні). Вміст цієї гігроскопічної води залежить від вологості повітря, від напруги пари у атмосфері. Разом з його зміною міняється і кількість гігроскопічної води в ґрунті.

Певна річ, здатність ґрунту вбирати воду із атмосфери не безмежна. Для того щоб узнати її розміри, тобто величину максимальної гігроскопічності, пробу ґрунту в чашечці ставлять під ковпак, де стоїть чашка з 10-процентною або 2-процентною сірчаною кислотою \*, або з насиченим розчином  $K_2SO_4$  (за Ніколаєвим) \*\*. Тоді повітря під ковпаком буде насичене водяними парами, і ґрунт вбере найбільшу кількість парів води (розчин сірчаної кислоти беруть для того, щоб на частках ґрунту не осіла роса), що відповідає максимальній гігроскопічності її.

Якщо порівняти здатність різних ґрунтів вбирати воду, то виявляється, що вона далеко не однакова: глинисті ґрунти містять гігроскопічної води далеко більше, ніж піщані. Вміст гігроскопічної води найтісніше зв'язаний з ґрунтовими колоїдами — гумусом і глиною. Особливо сильно впливає в цьому розумінні гумус: тому найбільшу гігроскопічність виявляє торф.

\* 10-процентна  $H_2SO_4$  відповідає 96%, а 2-процентна — 99,8% насиченості повітря водяною парою.

\*\* Створює насиченість парою у 98—99%.

Гігроскопічна вода за своїми фізичними властивостями дуже відрізняється від вільної води. Насамперед, як диполі, молекули води зв'язані з активними точками поверхні ґрунтових часток, орієнтуючись до неї своїми Н<sup>+</sup>- і ОН<sup>-</sup>-іонами. Це — орієнтовані молекули води. Рентгенограми дають картину, подібну до рентгенограм льоду; це — своєрідна «тверда» вода. Її щільність вища від щільності води (близько 2,0); її діелектрична стала нижча (2), ніж у вільної води (80); гігроскопічна вода нездатна розчиняти речовини.

Гігроскопічна вода пересувається лише в формі пари від ділянок ґрунту з більшою напругою водяної пари туди, де вона нижча. Тому, поклавши у ґрунт, скажімо, кристалик селітри, знайдемо навколо нього більше вологи, ніж в останній масі.

Якщо змочувати водою сухий ґрунт, температура його підвищується тим більше, чим менше води в ґрунті. Теплота змочування становить на одну грам-молекулу увібраної води 2200 калорій. На 1 г гігроскопічної води, вбіраної колоїдом, в середньому виділяється 80 калорій (Думанський). Якщо довести вологість ґрунту до максимальної гігроскопічності, теплота змочування падає до нуля.

#### «Мертвий» запас і «критична вологість» ґрунту

Щодо значення гігроскопічної води для рослин, то треба сказати, що вона являє собою «мертвий запас», бо пружність пари ґрунтової води виявляється нижча, а осмотичний тиск вищий, ніж у клітинного соку коренів (Лобанов); колоїдні частки ґрунту утримують воду з надзвичайною силою, і рослини не можуть відняти її від часток ґрунту. А що вміст гігроскопічної води в ґрунті мінливий, то, очевидно, зв'язок її з ґрунтом треба собі уявити так, що навколо часток ґрунту є водяні оболонки, де молекули води налягають на поверхню ґрунту концентричними шарами, які потовщуються біля активних точок. Ті з них, які ближче до поверхні твердої частки, утримуються з надзвичайно великою силою, а далші — чимраз з меншою силою в міру віддалення від поверхні твердої частки. З другого боку, на поверхні часток ґрунту, які не мають правильної кулястої форми, є місця, що енергійніше утримують воду і інші речовини і менш активні з цього погляду. При якому ж проценті вмісту води в ґрунті рослини можуть використовувати її? Вивчення цього питання показало, що це настає тоді, коли вологість ґрунту стає в 1,5 — 3 рази більшою від максимальної гігроскопічності (табл. 21 і 22), при меншій же вологості рослини починають в'янути (досліди Богданова, Лобанова, Маслової, Красовської та ін.). Це — *критична вологість* ґрунту. Для різних рослин вона не однакова: для сорго, наприклад, нижча, ніж для проса; для проса — нижча, ніж для пшениці.

Таблиця 21

Приклади максимальної гігроскопічності і критичної вологості ґрунтів (Кузьмін)

Види ґрунтів	Горизонт	Максимальна гігроскопічність (%)	Обчислена критична вологість (%)
Слабо деградований чорнозем Ануцинської дослідної станції (Пензенської губернії)	A <sub>0</sub>	6,97	13,94
	A <sub>1</sub>	7,09	14,18
	B <sub>1</sub>	7,11	14,22
	B <sub>2</sub>	6,39	12,74
	C	6,45	12,90
Підзолистий ґрунт западин (солодь)	A <sub>0</sub>	4,48	8,96
	A <sub>1</sub>	3,30	6,60
	A <sub>2</sub>	7,70	15,40
	B <sub>1</sub>	7,32	14,64
	B <sub>2</sub>	7,45	14,90

У таблиці 22 дано порівняльні величини критичної вологості і «мертвого» запасу вологи для різних ґрунтів.

Таблиця 22

Співвідношення максимальної гігроскопічності і вологості, при якому починає в'янути овес

Види ґрунтів	Максимальна гігроскопічність (%)	Критична вологість для вівса (%)	
		рослини починають в'янути	рослини починають гинути
Пісок (за Мітчерліхом) . . . . .	1,05	4,11	1,37
Гумозний пісок . . . . .	2,01	6,58	2,51
Суглинково-піщаний ґрунт . . . . .	1,54	4,67	2,10
Піщанистий суглинок . . . . .	2,37	5,70	2,71
Торф . . . . .	18,8	65,0	26,0

Із розгляду таблиці 22 видно, що ця приблизна межа доступної рослинні води дуже міняється для різних ґрунтів; ґрунти з неоднаковою силою зв'язують перші запаси води, ще недоступні рослинні. Мало того, той самий ґрунт при різній відносній вологості повітря вбирає різну кількість води.

З підвищенням температури вміст увібраної, тобто гігроскопічної води зменшується. Таким чином, доступність рослинам тієї самої кількості води з підвищенням температури зростає.

Як міняється сила зв'язку води з ґрунтом? Чим менше води міститься в ґрунті, тим більша сила, що утримує цю воду. Якщо вміст води відповідає лише самій гігроскопічності ґрунту, то сила зв'язку досягає величини 1000 атмосфер.

Сила зв'язку води з ґрунтом залежно від кількості води міняється так:

в сухому ґрунті вона дорівнює . . . . .	1000	атмосферам;
збільшення вологості на 3,5% зменшує її до . .	375	атмосфер;
» » » 6,0% » » » . .	130	»
» » » 11,0% » » » . .	24	»
» » » 13,3% (критична вологість для даного ґрунту) зменшує її до . . . .	4	»

У міру того, як збільшується вологість ґрунту, послаблюється зв'язок води з ним; слідом за багатьма шарами гігроскопічної води, увібраної ним, починає з'являтися рідка вода, що обгортає суцільною плівкою тверду частку разом з наявною у ній гігроскопічною водою.

Тільки тоді ґрунт починає темніти і дає змогу відчувати вологість. Це — *плівкова* вода. Вона не підлягає діянню сили ваги: вона лишається в ґрунті після того, як він збезводнився з допомогою центрифуги або водоструйного насоса.

Цю форму води Лебедев визначав у ґрунті так. Узнявши високі двометрові трубки, складені з ланок по 10 см кожна, і наповнивши їх піском однакового механічного складу, згори їх заливав водою. Діждавши, поки вода перестала витікати з піску, Лебедев визначав ту її кількість, що затрималась у трубці на різній висоті. Розподіл води в трубці від верхнього кінця до висоти 30 см на диво був однаковий: він коливався загалом від 1,95 до 2,07%. Характерно, що нижні ланки взятої трубки містили набагато більшу кількість води. На висоті 30 см вміст води зростає до 6,51%, на висоті 20 см — до 15,47%, а на висоті 10 см — до 16,82%. Очевидно, в верхніх ланках трубки затрималася та вода, яку сила ваги не могла притягти донизу, — вода, що утримується поверхнею ґрунтових часток. Ті самі величини Лебедев одержав, закладаючи свій пісок з різним (7—10%) вмістом води у центрифугу, яка дає за хвилину 2000 обертів (прискорення у 400 разів більше від прискорення сили ваги). При цьому, після години центрифугування, процент води у ньому зменшувався в середньому до 2,04% (максимальна гігроскопічність піску була 0,33%). Отже, величина плівкової води становила 6 1,71%.

Цю воду можна визначити і без центрифуги, закладаючи «мокрый» ґрунт у бухнеровську лійку, з якої потім за допомогою водоструйного насоса відсмоктують воду; при цьому вилучається надлишкова вода і лишається тільки та, яку ми назвали плівковою, утримувана на поверхні ґрунтових часток.

Найпоширенішим методом визначення плівкової води є метод Лебедева; за цим методом зволожений ґрунт уміщують між шарами фільтрувального паперу і стискають з допомогою преса. При цьому в ґрунті лишається тільки плівкова волога, тоді як капілярна виходить у пори фільтрувального паперу.

Плівкова вода, як показали досліди Лебедева, пересувається від вологішої частки до сухішої, тобто звідти, де плівка товща, туди, де вона тонша. За Лебедевим, ця форма води не залежить від діяння сили ваги і від гідростатичного тиску; вона знаходиться під дією молекулярних сил.

Гігроскопічна вода, як ми вже бачили, являє собою «мертвий запас». Близько подвійної максимальної гігроскопічності настає той перелом в доступності води, який визначається терміном «*критична вологість*» (точка, коли починають в'янути рослини). Плівкова вода, при повному її вмісті, уже може бути джерелом живлення водою рослин; проте вона пересувається занадто повільно, щоб

своєчасно поповнювати витрату, яку роблять корені рослин. Цілком доступна і *капілярна вода*. Щодо *гравітаційної води*, то це вже надлишкова вода, яка, заповнюючи всі пустоти у ґрунті, закриває доступ туди повітрю, створюючи умови для заболочування і придушування коріння рослин. У польових умовах це — зайва, шкідлива вода, якої на заболочених ґрунтах намагаються позбутися з допомогою дренажу. Вона підлягає дії земного тяжіння.

Коефіцієнт гігроскопічності	Точка, коли рослини починають в'янути	Максимальна польова вологість
Гігроскопічна вода	Капілярна вода	Гравітаційна вода
Недоступна	Доступна лише при певних умовах	Доступна

Мал. 11. Різні форми води в ґрунті.

Різні форми води переходять одна в одну досить поступово і замерзають при різних температурах:

А — гравітаційна — вільна вода; замерзає трохи нижче 0°, не затримується ґрунтом, легко витікаючи з нього. З фізіологічного погляду — зайва;

В — (по старому — капілярна):

І — вільна, замерзає при — 1,5°. Міститься в ширших капілярах, легко доступна рослинам;

ІІ — зв'язана:

а) капілярно увібрана поверхнею колоїдних частинок і міститься всередині їх самих. Замерзає між температурами (—4°) — (—78°). Важко пересувається. Мало доступна рослинам;

б) зв'язана (вода гідратації). Не замерзає і при —78°. Рослинам недоступна.

Доступна рослинам лише вода, яка при охолодженні ґрунту замерзає між температурами — 1,5° і —4°. В останньому випадку ми маємо «критичну вологість», при дальшому зменшенні якої рослини в'януть. Зв'язок між критичною вологістю і процентом води, що не замерзає при —1,5°, видно з даних таблиці 23.

Таблиця 23

Співвідношення між величиною критичної вологості і кількістю води, яка не замерзає при —1,5°

Зразки ґрунтів	Процент води, що не замерзає при —1,5°	Критична вологість	Зразки ґрунтів	Процент води, що не замерзає при —1,5°	Критична вологість
1	3,5	3,3	4	10,22	12,1
2	7,05	10,0	5	12,30	14,1
3	9,63	10,6	6	20,00	17,7

### Розрахунок вмісту корисної води в ґрунті

У різних ґрунтах різні форми води містяться не в однакових співвідношеннях. Взагалі кажучи, у піщаних ґрунтах найменше зв'язаної води; її значно більше у суглинкових, глинистих і, особливо, в торф'янистих ґрунтах. Із цього виходить, що з агрономічного погляду основне значення має зовсім не абсолютний вміст води в ґрунті. Даної кількості води може бути й досить або надто мало залежно від того, з яким ґрунтом ми маємо справу, як наш ґрунт затримує воду. Як видно з таблиць 21 і 22, максимальна гігроскопічність, а значить і критична вологість у різних ґрунтів — різна. Знаючи її, можна в кожному конкретному випадку обчислити запас доступної рослині води. Це легко зробити, знаючи вагу шару ґрунту тієї чи іншої глибини і величину критичної вологості.

Певна річ, визначення величини критичної вологості залежить не тільки від властивостей ґрунту, але й від властивостей рослини і від умов погоди, в яких відбувається боротьба за урожай. Різні рослини мають різну межу критичної вологості. Так, при найбільшій гігроскопічності в 5% для вівса критична вологість становила 8,15%, а для проса — 7,5% (Михалченков).

Різні вимоги до вологості і під час проростання насіння. Наприклад, сорго дає корінець при вологості ґрунту, яка дорівнює 1,5 найбільшій гігроскопічності, коли у проса він тільки намічається, а у пшениці корінець починає розвиватися лише при подвійній гігроскопічності (Красовська).

Щождо рису, осоки і інших гідрофітів, то вони потребують цілкового насичення ґрунту водою. Як видно (стор. 132) критична вологість вища за максимальну гігроскопічність і потрапляє до тієї категорії води, яка названа плівковою. А ця остання затримується уже не з такою силою, як гігроскопічна, зате пересувається надто повільно для того, щоб своєчасно потрапляти на ділянки, висушені корінням рослин. Чим дужче відбувається транспірація, чим більше рослина витрачає води (це залежить не тільки від особливостей рослини, але й від більшої чи меншої вологості повітря), тим швидше повинен йти цей процес поповнення запасу води в сфері розташування коріння в ґрунті, інакше будуть перебої в постачанні рослинам води. Тому й ґрунти однакового механічного складу в різних кліматичних умовах або навіть той самий ґрунт у різні роки матиме різну межу «критичної вологості» в зв'язку з неоднаковою температурою і вологістю повітря, а значить і неоднаковим масштабом і темпами споживання води рослиною.

На величину критичної вологості доводиться зважати не тільки в сухі місяці влітку, але й зимою, коли після відлиг на півдні бувають холодні, сухі вітри, які висушують озимину і шкідливо впливають на неї. Звідси ясно, що навіть у трохи посушливі роки, стежачи

за станом вологості ґрунту, треба знати відповідні константи (хоч приблизно) для даного ґрунту. Очевидно, доведеться турбуватися про різні ґрунти, про різні ділянки при дуже відмінному вмісті води в них: для пісків це буде щось приблизно 1 — 1,5%, а для чорноземів (залежно від вмісту глини і гумусу в них) — 10 — 15%, для торфу — 40 — 50%.

На це треба зважати, проектуючи «поливку». Не всяка поливка піде на користь посівам: треба, щоб вона збільшила вологість ґрунту вище критичної; інакше вона буде марна, а інколи — і шкідлива. Крім того, якщо поблизу не буде великих водойм і воду доведеться возити, то потрібно буде точно підрахувати, яким ділянкам вигідніше давати воду. При інших однакових умовах це будуть легкі ґрунти, де більша частина води доступна рослинам.

Знати величину критичної вологості треба також і при господарстві на меліоративних землях. При зрошуванні і при осушуванні слід давати ґрунтові або лишати в ньому необхідну для урожаю оптимальну кількість води. Вона повинна бути такою, щоб було найефективніше використання води з найбільшим технічним і економічним результатом, з найменшими затратами. Цілком ясно, що вона повинна лежати між критичною вологістю і величиною повного насичення ґрунту водою. В умовах штучних дослідів такою оптимальною вологістю є 60% від повної вологомисткості ґрунту.

### Вологомисткість ґрунту

Кількість води, що може затримувати ґрунт, зветься вологомисткістю ґрунту. Величина її визначається або тією кількістю води, що може вміститися, якщо не буде стоку, між частками і грудочками ґрунту з додатком того, що вбирають самі колоїдні частинки, або ж тією кількістю, яка лишається в ґрунті при умові вільного стоку з нього. Під повною вологомисткістю ґрунту розуміють кількість води (в процентах), яку може містити ґрунт при повному насиченні його водою.

Щоб дістати цю величину, зразок ґрунту, вміщений у трубку, зав'язану знизу марлею, опускають у воду так, щоб верхній край трубки був трошечки вище води (на 2—3 мм). Це дасть кількість води, яка вміститься між грудочками ґрунту і в них самих.

Навпаки, н а й м е н ш о ю, відносно або *польовою вологомисткістю* зветься кількість води, яку затримує ґрунт (у перерахунку на об'єм або вагу) при умові вільного стоку вологи. Відрізняють ще *максимальну молекулярну вологомисткість* (Лебедев), яка відповідає тій кількості води, що затримується дією молекулярних сил — зчеплення між твердими частками ґрунту й води; це — *плівкова вода*. *Капілярна вологомисткість* визначається кількістю води, яку вбирає ґрунт при умові капілярної подачі знизу. При подачі

води згори (при поливі) капілярна вода лишається, тимчасом як при вільному стоку зайва (гравітаційна) вода стекла. Величина капілярної вологомисткості залежить не тільки від числа, але й від діаметра капілярів, а звідси — і від глибини шару ґрунту, взятого для дослідів, наприклад, в моноліті, покладеному горизонтально, вона буде набагато вища, ніж при умові, якщо той же моноліт поставити вертикально.

Для ґрунту, вміщеного в трубках при умові вільного збігу води, величина вологомисткості міняється залежно від того, на якій висоті взята проба ґрунту для аналізу на вміст води. Якщо чергуються шари ґрунту різного механічного складу, вміст води буде неоднаковий не тільки в нижньому і верхньому кінцях трубки, але і (при умові глинистих ґрунтів) на горішній поверхні стовпа і навіть усередині нього — при переході шарів різного механічного складу один в один. Тонкі шари того самого ґрунту затримують відносно (а іноді й абсолютно) більше води, ніж грубі (Лебедев). Це показує, що визначення вологомисткості ґрунту має відносне значення залежно від висоти стовпа ґрунту, взятого для дослідів, і віддалі проби від верхнього і нижнього його кінця. Повну картину здатності ґрунтової маси даного механічного складу затримувати воду можна мати тільки при умові, якщо взяти стовп ґрунту достатньої висоти.

**Розподіл води в стовпах ґрунту при чергуванні шарів  
різного механічного складу**

(За Лебедевим):

	Процент вологи		Процент вологи
200 см (суглинковий чорнозем)	39,2	100—99 см (дрібний пісок)	2,98
190 » » » »	36,2	90 » » » »	2,68
180 » » » »	35,2	80 » » » »	2,65
170 » » » »	33,6	70 » » » »	2,70
160 » » » »	34,0	60 » » » »	3,49
151—150 см » »	35,4	51—50 » » » »	5,30
150—140 » (пилуватий лес)	29,0	50—49 » (крупний пісок)	2,28
140 » » » »	27,6	40 » » » »	3,20
130 » » » »	28,8	30 » » » »	4,25
120 » » » »	28,1	20 » » » »	10,61
110 » » » »	27,2	10 » » » »	11,10
101—100 » » » »	33,5	0—1 » » » »	14,70

Визначення вологомисткості ґрунту у коротких стовпах (7—10 см), які звичайно практикують, не дають справжньої картини, бо в природі рідко так буває, щоб уся глибина даного шару ґрунту обмежувалася 7—10 см. Очевидно, ці визначення дають перебільшені дані, а тимчасом у меліоративних і інших роботах треба знати справжню кількість води, яку може затримувати ґрунт. Помилки у визначенні цієї кількості відбиваються на проектних обчисленнях і на роботі меліоративних систем. Тому важлива найменша вологомисткість кожного з шарів тієї або іншої ґрунтової товщі, бо це ті

реальні величини, з якими мають справу у природних умовах. Все ж наведемо кілька даних про здатність ґрунту затримувати воду, визначену звичайним способом. На Анненковській дослідній станції кол. Пензенської губернії виявили такий розподіл вологомисткості ґрунту.

**Таблиця 24**  
**Вологомисткість у різних горизонтах чорнозему Анненковської дослідної станції (Дворжак) (кол. Пензенської губернії)**

По горизонтах	Вологомисткість (у процентах)	
	до об'єму	до ваги
A (орний) . . . . . 0—18 см	24,3	27,6
A <sub>1</sub> . . . . . 18—26 »	23,0	28,5
B (A <sub>2</sub> ) . . . . . 26—55 »	19,0	27,2
C . . . . . 55—99 »	22,4	34,1

Найбільшу вологомисткість для полтавських (чорнозем і лісовий суглинок) ґрунтів, за Ізмайльським, видно з таблиці 25.

**Таблиця 25**  
**Вологомисткість ґрунту в різному культурному стані (у процентах)**

Глибина (см)	Ліс		Стерня овинини		Степ (переліг)	
	до ваги	до об'єму	до ваги	до об'єму	до ваги	до об'єму
0—9 »	44	55	48	53	39	49
9—18 »	44	49	54	54	43	51
18—27 »	48	54	42	49	38	48

Залежно від механічного складу і кількості колоїдів міняється і вологомисткість. У глини вона більша, ніж у пісків; у мохових торфах доходить до 1000—1500%, а в молодому сфагновому торфі — до 2500%. При тому ж самому механічному складі вологомисткість міняється залежно від будови й складу ґрунту, ступеню його пухкості, наявності щільних прошарків, кореневих ходів, червоточин, нор. Обробіток — розпушування або, навпаки, коткування різко міняють вологомисткість, як і весь режим ґрунту.

Більшість визначень вологомисткості ґрунту проводили у насипних зразках, де ґрунт втрачав свою природну будову. Щоб запобігти цьому, запропоновано ряд бурів, якими можна брати проби ґрунту у непорушеному стані (бур Геммерлінга, Качинського, Желіговського, Андріанова і інших).

Проте, як ми бачили, вологомисткість того ж самого ґрунту міняється залежно від ряду факторів.

Вище ми вже говорили, що для практичних цілей цікаві не абсолютні величини вмісту води у ґрунті, а відношення цих величин до тих важливих точок, про які згадувалося вище, — до критичної вологості, з одного боку, і до макси-

мальної (найбільшої) вологомісткості — з другого, бо, наближуючись до першої, рослина все більше й більше терпить від нестачі й неправильного надходження води, а до другої — від надлишку води й нестачі повітря. Перший випадок буває в умовах сухого землеробства, а другий — у вологих умовах (при зрошуванні й осушуванні).

Доля води, яка потрапила в ґрунт, і значення її для рослин визначається не тільки її кількістю, але й тим, скільки цієї води попадає в сферу розташування коренів — у шари ґрунту, звідки рослина всмоктує вологу, як довго вона там затримується і, нарешті, як швидко відбувається поповнення запасу води на ділянках ґрунту під корінням. Природно, що вода опадів, потрапляючи в ґрунт, пересувається під впливом сили ваги; це стосується вільної, незв'язаної, гравітаційної води.

Плівкова ж вода перебуває під впливом такого великого притягання до ґрунтових часток (а надто найдрібніших), що дія сили ваги на ній не позначається. Пересування плівкової води відбувається лише під впливом молекулярних сил, як це довів Лебедев. Проте і «плівкова» вода в ґрунтовій масі, де окремі частки взаємодіють між собою, зовсім не являє звичайної «плівки». Геометрія ґрунтових пор дуже впливає на розподіл води в ґрунті.

### Капілярні явища в ґрунті

Вода, яка заповнює пори ґрунту іноді надзвичайно складної форми, уже частково перебуває під впливом сили ваги, але ще дужче на неї діють капілярні сили. По суті, це — сили, зв'язані з поверхневим натягом, які в даному випадку особливо проявляються тому, що частки ґрунту змочуються водою. Вода підіймається по стінках волосяних ходів, притягуючись поверхневими молекулами речовини, з якої складаються стінки капіляра. При цьому поверхня води повинна була б дуже збільшитися. Але сила поверхневого натягу намагається зменшити поверхню, тому природно, що це підіймає стовпчик води до такої височини, що він своєю вагою врівноважує дію поверхневого натягу. Це саме те явище, яке ми спостерігаємо, опускаючи різного діаметра скляні трубки у воду. Чим менший діаметр трубки, тим вище підіймається в ній вода. Можна сказати, що капілярні сили діють, переборюючи дію сили ваги.

Капілярні сили (тобто, іншими словами, сили поверхневого натягу) діють у всіх напрямках, а тому, очевидно, і пересування води під їх впливом відбувається так само у всіх напрямках з тією тільки різницею, що при вертикальних і похилих напрямках сила ваги впливає на висоту капілярного пересування: якщо вода підіймається, висота його змен-

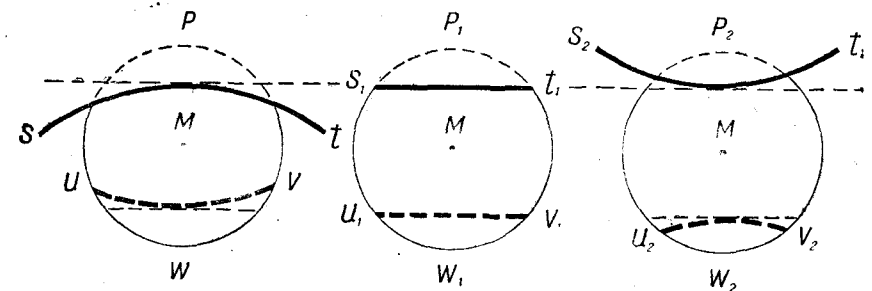
шується під дією сили ваги; навпаки, якщо вода опускається, пересувається униз, розміри пересування визначаються складанням дії капілярної сили і сили ваги; нарешті, при горизонтальному напрямі пересування не залежать від сили ваги. Це добре показали досліди у лабораторії ґрунтознавства Московського сільськогосподарського інституту (нині Сільськогосподарська академія імені К. А. Тімірязева), дані яких наводимо нижче.

Таблиця 26

Капілярне пересування води в піску залежно від положення трубки

За який час	Вода підіймалася угору в піску у вертикальній трубці (см)	Вода йшла в піску у горизонтальній трубці (см)
За 20 хвилин	16	29,0
» 30 »	18	39,5
» 1 годину	22,5	47,0
» 1 годину 30 хвилин	25	51,5
» 2 години	27	59,0
» 24 години	40	133,0

Із схеми, наведеної на мал. 12, видно, як впливає ступінь випуклості меніска на напрям діяння капілярних сил і на зміну величини капілярного тиску.



Мал. 12. Співвідношення між формою поверхні меніска і величиною тиску поверхневого шару рідини (Хвольсон).

Тут дана схема, що показує, як впливає форма поверхні (меніска) на тиск поверхневої плівки на кожну молекулу, що перебуває під поверхнею води. Тут  $st$ ,  $s_1t_1$  і  $s_2t_2$  — меніски випуклої, плоскої і ввігнутої форми. В об'ємі  $stou$ ,  $s_1t_1u_1u_1$  і  $s_2t_2v_2u_2$  рівнодіюча сил, що впливають на частку  $M$ , за симетрією дорівнює нулеві; таким чином, рівнодіючу всіх сил зчеплення, що діють на точку  $M$ , можна уявити собі вміщеною у відрізках  $uwv$ ,  $u_1w_1v_1$ ,  $u_2w_2v_2$ ; при цьому найбільша товщина їх дорівнює радіусові сфери



діяння молекулярних сил мінус віддаль частки від поверхні рідини. Звідси  $P > P_1 > P_2$ . Це значить, що тиск поверхневої плівки залежить від форми поверхні: чим вона випукліша, тим більша величина капілярного тиску на цю поверхню, чим вона більше ввігнута, тим капілярний тиск менший. Звідси виходить, що на випуклій поверхні вона більша, ніж на плоскій, а на останній більша, ніж на ввігнутій. Цим же пояснюється і той факт, що вода в капілярі, опущеному в воду нижнім кінцем, підіймається, — тиск на плоску поверхню води в посудині ( $P_1$ ) більший, ніж на ввігнуту в трубці ( $P_2$ ); звідси виходить лишок зовнішнього тиску, достатній для того, щоб рідина піднялася в капілярі на відповідну висоту.

В яких же напрямках пересувається вода при переміжних шарах ґрунту різного механічного складу або різної структурності? Іншими словами, як пересувається вода, якщо ми маємо пісок, підстелений глиною, або ж, навпаки, глину, підстелену піском, або ж чергування структурного і безструктурного шарів; як пересуватиметься вода — згори вниз чи знизу вгору — із вологого піску в суху глину чи з вологої глини в сухий пісок; із структурного шару в безструктурний чи навпаки? Дослід показує, що здійснюється перший випадок, а не другий, тобто вода пересувається в дрібнозернистий шар із грубозернистого, із структурного — в безструктурний, який має пори меншого діаметра.

Відомо, що найзвичайнішим агротехнічним способом боротьби за збереження вологості ґрунту є його підпушування і підтримування в розпушеному вигляді поверхневого шару ґрунту. Навпаки, у тих випадках, коли хочуть викликати приплив вологи до посіяного насіння, застосовують ущільнення, коткування поверхні ґрунту. Це має під собою саме ту підставу, про яку тільки що була мова. Очевидно, вода у капілярах може пересуватися і тоді, коли близько до поверхні немає водного дзеркала, тільки через різницю діаметрів пор, а отже, і радіусів менісків.

Висота капілярного підняття, як це вже ясно із сказаного, залежить від величини діаметра пор (з цим зв'язана кривизна меніска), тобто кінець кінцем від величини механічних елементів або структурних агрегатів. Це визначають такою формулою:

$$H = \frac{2\sigma}{RZ} = \frac{146}{RZ},$$

де  $R$  — радіус капіляра;

$\sigma$  — величина поверхневого натягу;

$Z$  — в'язкість рідини.

У зв'язку з цим здобуток  $RH$  вважають сталою величиною.

Звичайна думка така, що чим тонші капіляри, тим вище підіймається у них вода. Проте це буває тільки до певної межі, за якою (починаючи з діаметра часток у 0,01 мм) настає різке зменшення висоти капілярного підняття (табл. 27, за Аттербергом).

Таблиця 27

Висота капілярного підняття води залежно від величини часток кварцу

Величина часток кварцу (мм)	Висота підняття води (мм)			
	Через 24 години	Через 48 годин	Максимальна висота	Час, за який вода дійшла максимальної висоти
5,0 — 2,0	22	—	25	3 дні
2,0 — 1,0	54	60	65	4 »
1,0 — 0,5	115	123	131	4 »
0,5 — 0,2	214	230	246	8 днів
0,2 — 0,1	376	396	428	8 »
0,1 — 0,05	530	374	1055	72 дні
0,05 — 0,02	1153	1160	2000	—
0,02 — 0,013	485	922	—	—
0,01 — 0,005	285	—	—	—
0,005 — 0,002	143	—	—	—
0,002 — 0,001	55	—	—	—

Це явище давно відзначив Вільямс.

Щоб зрозуміти це явище, слід згадати, що стінки пор вкриваються орієнтованими молекулами води, і вільний просвіт звужується. При цьому тертя між водою і стінками капілярів настільки збільшується, що перешкоджає впливові капілярних сил.

Це добре ув'язується з тією залежністю, яка існує між швидкістю пересування води в трубках і порах ґрунту і їх діаметром: чим менший діаметр, тим повільніше пересувається вода, чим ширший діаметр, тим швидше відбувається пересування за формулою:

$V = \frac{PD^4}{Lz}$  (Бернуллі). За цією формулою швидкість витікання води з трубки (а, отже, і пересування води в трубці) прямо пропорційна величині тиску стовпа води ( $P$ ) і четвертому степеню діаметра трубки ( $D$ ). В той же час вона обернено пропорційна довжині її ( $L$ ) і в'язкості рідини ( $Z$ ). Рідкі вуглеводні, недипольного характеру, такого зменшення швидкості у мікрокапілярах не показують.

У ґрунті відбувається те ж саме. Для різних ґрунтів і порід висота підняття води, звичайно, буває різна. Наприклад, у піску, де 54% часток мали діаметр більший як 0,3 мм, вода піднялася лише на 33 см; при наявності ж 80% часток менших як 0,3 мм вода піднялася на 0,5 м.

У дослідях Косовича в глинистому лесі за два роки вода піднялася до висоти 4 м. У торфах капілярна вода пересувається дуже повільно; це зв'язане, по-перше, з тим, що розмір часток у них (особливо в землястих торфах) дуже малий і, по-друге, з тим, що торф погано змочується водою. Капілярне пересування води починається лише тоді, коли торф стає вологим. Але при цьому органічні частки, які містяться в торфі, так сильно розбухають, а просвіт

капілярів так зменшується, що це знижує водопідймальну здатність торфу. Тому цілком природно, що верхній шар торфу часто густо лишається сухий, тоді як ґрунтова вода залягає близько до поверхні. У таких випадках верхній шар дуже пересихає, і на торф'яних ґрунтах неодмінно треба регулювати поливання посівів.

Описане явище має колосальне агрономічне значення. Адже у літній період, коли рослини особливо енергійно випаровують воду, надзвичайно важливо, щоб запаси її навколо коріння поповнювалися досить швидко. Якщо пересування води йде надто повільно, відстаючи від потреб рослини, то рослина дуже терпить від цього, а інколи може й загинути. Добре відоме явище, коли широколисті рослини (наприклад, малина, гречка, баштанні культури) у занадто жаркі й сухі дні опускають листя, відновлюючи тургор в міру того, як вирівнюється розрив між їх потребами і темпами постачання їм води. У хлібів з цим зв'язане явище «захвату», «запалу». Тим-то як при плануванні дренажних систем, так і при зрошуванні слід вважати на це явище.

Проте теорія капілярного підняття води має на увазі наявність водної поверхні, що, справді, має місце в природі на знижених частинах рельєфу з близьким рівнем ґрунтових вод. Але ж у звичайних польових умовах глибина залягання ґрунтових вод більша від висоти, якої може дійти капілярне підняття води.

У такому випадку ґрунт одержує воду тільки зверху, з атмосферних опадів. Вода просочується вглиб під спільним впливом сили ваги і капілярних сил, вбирається ґрунтом і затримується ґрунтовими колоїдами й менісками в капілярах.

Дослід показує, що тоді в капілярах затримується «підвішена» вода. Висота стовпа її для пісків більша від  $H$  — висоти капілярного підняття води, для крупного пілу вона зменшується до половини  $H$  (Васильєв). Пересувається вона під впливом молекулярних сил дуже повільно.

Пересування ґрунтової вологи в полі йде дуже повільно — для глинистого південного (Одеса) чорнозему — не більше як 2 м за рік. Навіть великі дощі в 30—40 мм промочували землю за 12 годин не глибше як на 20 см (Ротмістров).

Отже, не стільки вода йде до коренів рослин, скільки корені в силу гідротропізму йдуть до вологіших ділянок ґрунту.

Звідси зрозумілий надзвичайний розвиток кореневої системи у багатьох рослин, який інколи доходить для окремих екземплярів до кількох сотень кілометрів.

У вологому ґрунті капілярне пересування води йде значно швидше і вище, ніж у сухому.

Тим-то вказівка В. Р. Вільямса орати в сухі весни лише на глибину пересохлого шару має повне обґрунтування. Інакше не тільки швидко б висохла вивернута на поверхню волога земля,

куди має лягти насіння, прошарок сухого ґрунту був би перешкодою і для зародкових корінців, і для подачі води знизу. А все це, разом узятє, неминуче створило б дуже важкі умови для розвитку рослин.

До порівняно недавнього часу пересування води в ґрунті розглядали з позицій капілярної теорії за аналогією з добре відомими з фізики явищами підіймання води у капілярних трубках. Проте легко бачити, що проміжки (пори) в ґрунті далеко не схожі на капілярні трубки фізичних демонстрацій і навіть на чітчасті трубки Жамена: форма їх далеко складніша і мінливіша. Тому слід звернути увагу на геометрію ґрунтових пор. Вони становлять в «ідеальному» ґрунті (складеному кулястими частками) чергування тетраедральних і ромбоїдальних пор різних розмірів, зв'язаних між собою вузькими каналцями («шийками»). У ґрунті картина ще складніша. Тому й уявлення про розміщення води в цих мінливих ходах і порах ґрунту слід переглянути.

Після насичення повної (максимальної) гігроскопічності утворення нової категорії води — плівкової — проходить не так, як би ми мали поодинокі, ізольовані частки і агрегати ґрунту. У першу чергу рідка вода з'являється як кільця навколо контактів між частинками. Це — заклинена, защемлена, «підвішена» вода («пендулярна»). При збільшенні вмісту води окремі водяні «клини» з'єднуються між собою, утворюючи плівку на поверхні часток («фунікулярна» вода \*).

Потім заповнюються водою найвузчі «шийки» і, нарешті, увесь об'єм пори. Таким чином, утворюється безперервна водяна сітка, яка пронизує всю масу ґрунту.

При втраті води процес йде в зворотному порядку: спочатку втрачається вода, яка заповнює великі пори, а найпізніше — «защемлена» вода. Коли залишається тільки тонка плівочка на поверхні часток (фунікулярна вода), рух води стає дуже повільний, а коли залишаються самі ізольовані кільця навколо контактів і в тонких каналцях — «шийках», він зовсім припиняється.

Тим-то із зменшенням вмісту води різко зменшується швидкість її пересування і випаровування.

Із сказаного ясно, що окремі категорії ґрунтової води неоднаково відносяться до гідростатичного тиску, до дії сили ваги.

Плівкова вода Лебедева не залежить ні від гідростатичного тиску, ні від сили ваги.

Тільки тоді, коли вода заповнить капілярні проміжки й утвориться безперервна водяна сітка, стає можлива передача гідростатичного тиску і, з послідовно збільшуваною швидкістю, пересування води.

\* Від слова «фунікулус» — мотузочка, канатик (лат.).

Капілярні явища підпорядковані таким закономірностям. Вони залежать, по-перше, від механічного складу і структури ґрунту: у пісках висота підняття  $H$  менша, але швидкість більша, ніж у суглинках і глинах; по-друге, спочатку підняття йде швидше, потім уповільнюється ( $v = \frac{H-h}{H}$ ; де  $H$  — найбільша висота підняття води,  $h$  — висота його у даний момент,  $v$  — швидкість). Капілярний рух води залежить від вологості ґрунту: він іде від вологіших точок до сухіших; висота і швидкість капілярного підняття залежить від ступеню вологості ґрунту — у сухому ґрунті вони менші, ніж у вологому, бо повітря, увібране поверхнею часток ґрунту, утруднюючи змочування, затримує й уповільнює підняття води.

Як буде видно далі, це має значення у боротьбі з некорисним випаровуванням води ґрунтом, з ґрунтовою посухою.

### Водопроникність ґрунтів

Водопроникність ґрунтів, тобто здатність їх пропускати воду, так само залежить від пористості ґрунту, тобто, знов-таки, від його механічного складу і ступеню структурності. Найлегше пропускають крізь себе воду щебенуваті ґрунти, ріняки, піски (надто, крупнозерні); пилуваті ґрунти мають уже погану водопроникність; злам настає при діаметрі часток близько 0,1—0,25 мм; про глинисті ґрунти нема чого й казати. Взагалі, чим більше колоїдів у ґрунті, тим менша його водопроникність. Непроникні для води кристалічні і щільні осадові породи: там вода проходить тільки по тріщинах. Додавання солей кальцію збільшує водопроникність ґрунту, бо при цьому міняються властивості його колоїдів.

Звичайно, водопроникність згаданих вище ґрунтів до деякої міри відносна: при збільшенні гідростатичного тиску проникність ґрунту й порід збільшується\*. Усякий хоч би найменший прошарок глини в піску різко зменшує водопроникність ґрунту. Так, у дослідях Вольні, пісок, який пропускав за 10 годин 240 літрів води, після того, як у ньому був створений прошарок глини на 1 см, почав пропускати 29 л, а коли цей прошарок був доведений до 5 см — тільки 2 л. Цікаво, що так само діє й гумус, який міститься в ґрунті, бо, вбираючи воду і при цьому набухаючи, він робиться мало проникним для води. Ми часто бачимо у підґрунті наших чорноземів на деякій глибині темні прошарки гумусового ґрунту (так звані «поховані ґрунти»), які дуже затримують пересування і викликають тимчасовий застій води у ґрунті (верховодку).

Проте водопроникність залежить не тільки від кількісних по-

\* За формулою Бернуллі-Пуазейля:  $v = \frac{PD^4}{LZ}$ .

казників (механічного складу ґрунтів), але й від якості колоїдів (глини, гумусу), зв'язаної із складом обмінних катіонів.

Як показали наші досліді (1924), підтверджені іншими дослідниками, не тільки водопроникність, але й капілярні явища в ґрунті дуже міняються при зміні складу увібраних катіонів. Ми це бачили вже вище у розділі про вбирну здатність, де підкреслювалося різке зменшення фільтруючої здатності ґрунту (навіть супісків) під впливом заміни обмінного кальцію на натрій чи амоній.

Зміну водопроникності ґрунту залежно від роду обмінних (увібраних) катіонів бачимо з таких даних:

Ґрунт насичений	Fe	Al	H	Ca	Mg	K	Na
Швидкість фільтрації — куб. см. за хвилину . . . .	30	29	14	10	5,5	1,0	0,5
(Шавригін)							

	Природний	Насичений		
		Ca	Mg	Na
		У процентах		
Чорнозем	100	104	78	0
Солонець	100	1932	1038	
				(Сушко)

Зміни швидкості капілярного підняття води (орний шар глибокого харківського чорнозему) залежно від якості увібраного катіона характеризується такими даними (Лукашевич):

Ґрунти насичені	H	Fe	Природний ґрунт	Ca	Mg	NH <sub>4</sub>	Na
Час капілярного підняття на 2,8 см у хвилинах . . . .	2	2	3,5	3,5	5,5	600	43200
Середня швидкість:							
1) см за секунду . .	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$7,7 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$
2) см за годину . .	82,8	—	—	—	—	—	$3,6 \cdot 10^{-3}$

Отже, після осолонцювання чорнозему його здатність всмоктувати воду зменшилася в 13000 разів, що має величезне значення при будівництві поліпшених ґрунтових шляхів, земляних покриттів тощо.

Фільтрація води крізь ґрунт і швидкість пересування її залежить також і від температури води (чим більша температура, тим менша в'язкість води і навпаки); так, наприклад, через той самий ґрунт за 1 хвилину при температурі 9° профільтрувався стовп води в 6 см, а при 32,5° — в 10,5 см. Так само і в дренажних системах вода пересувається з неоднаковою швидкістю: уночі витікає з труб води менше, ніж удень.

10 О. Н. Соколовський

Внаслідок різного співвідношення між надходженням води і її просочуванням крізь ґрунт устанавлюються різні величини вологості залежно як від природних властивостей ґрунту, так і від культурного його стану. Так, за даними Ізмаїльського, після дощу в  $26 \text{ см}^3$  на площі  $100 \text{ см}^2$  земля увібрала в лісі  $355 \text{ см}^3$ , на ріллі —  $201 \text{ см}^3$  і на цілині —  $107 \text{ см}^3$ . Вологість при цьому відповідно збільшилася на 3,6, 3,0 і 1,6 процентів.

Проникність ґрунту для води зв'язана, звичайно, не з самими тільки його природними властивостями, але й з культурним станом: чим структурніша поверхня ґрунту, тим більше у нього входить води, тим краще ґрунт запасається водою, тим менше води марно стікає з поверхні, тим менша її кількість застоюється на поверхні, даремно випаровуючись; тим більша ефективність використання як атмосферних опадів, так і зрошувальної води. Головне — не в кількості опадів, а в повноті використання їх ґрунтом і рослиною.

Якщо поверхня ґрунту ущільнена, замулена і на ній утворилася корка, то очевидно тут буде протилежне явище: вода вглиб не проходитиме, застоюватиметься на поверхні і без будь-якої користі втрачатиметься через випаровування. Більше того, вона завдаватиме тоді явної шкоди культурним рослинам, бо створюватиме поверхневе заболочування, внаслідок чого рослинам не вистачатиме в ґрунті кисню. Якщо ж такий ущільнений горизонт утворюватиметься на невеликій глибині, доступній промочуванню (ілювіальний горизонт, плужна «підощва», про які ми вже говорили), то це призведе до замокання, заболочування шару розташування коренів.

Так, з двох розміщених поряд ділянок на каштановому солонцюватому ґрунті на одній, гіпсованій, після зрошування вода просочилася до глибини  $70 \text{ см}$ , тоді як на негіпсованій — тільки на  $18 \text{ см}$ , причому поверхня ґрунту залишалася під водою, аж доки вона не випаровувалася зовсім (Можейко).

Ще один приклад: у Заволжі, на Україні, в Угорщині на солонцях роблять ставки. Коли воду одного з заволзьких ставків спустили і пробурили дно, то на невеликій глибині його, як виявилось, був зовсім сухий ґрунт (Саваренський).

### Втрати води ґрунтом

Вода атмосферних опадів, яка попадає на поверхню ґрунту, далеко не вся ефективно використовується в сільському господарстві. Значна частина її втрачається марно, викликаючи при цьому часто величезні руйнування.

Зменшення втрат води з ґрунту набуває особливо актуального значення в боротьбі з посухою; тим-то треба знати причини втрат і способи, як з ними боротися.

Втрати води йдуть трьома шляхами. Перший з них — просочування води атмосферних опадів або зрошувальних вод за межі шарів розміщення коренів. Особливо воно дається взнаки на глибоких пісках, на хрящуватих ґрунтах, на дуже тріщинуватих вапняках, де нестача води у шарі розміщення коренів є головною причиною низької родючості ґрунтів.

Навіть сосна на піщаних ґрунтах дає тим кращий бонітет, чим вони дрібнозерніші (менша водопроникність, більша водомісткість).

Друге джерело втрати води — стікання. В умовах того ж самого клімату, при тій же кількості опадів деяка частина з них уже при незначному нахилі місцевості стікає по поверхні ґрунту. Особливих розмірів це стікання набирає на крутих схилах, якщо на них немає рослинності, при рясних опадах зливого характеру. Навіть на піщаних схилах у перші хвилини дощу можна бачити бурхливі потоки, які несуться вниз, бо пісок, пори якого заповнені повітрям, не встигає повністю вбирати воду. На зменшення стікання дуже впливає культурний стан поверхні цих схилів: на зораній поверхні стікання буває менше, на незораній — більше; вкрита рослинністю поверхня втрачає води менше, ніж оголена.

Дуже оберігає від втрат води лісова рослинність: у лісі ґрунт замерзає далеко менше і пізніше, ніж на полі, раніше відтає. Тим-то талі води вбираються ґрунтом майже цілком, просочуючись вглиб.

У лісі значно менше також стікання літньої води, особливо зливових опадів, бо стовбури дерев, як і лісова підстилка, уповільнюють рух води, даючи їй змогу просочуватися в ґрунт. Тому у лісі переважає підземне стікання води, яка виходить потім у яри, балки та долини у вигляді більших чи менших джерел.

Крім втрат води, стихійний стік води буває причиною колосальних руйнувань ґрунту через змив і розмив його поверхні — ерозію.

Розрізняють ерозію площинну, поверхневу (змив) дрібними струмками води, які з року в рік знімають з поверхні родючий шар ґрунту. Використовуючи найменші зниження, борозни на ріллі, колії на шляхах тощо, струмки зливаються до купи, утворюючи потоки. Ці останні обумовлюють уже інший вид ерозії — лінійну ерозію (розмив).

Потоки роблять вибої, перетворюються з часом у яри; втрати ґрунту при цьому бувають від 1 — 2 і до 200 і більше тонн на гектар. Внаслідок ерозії ґрунти нашої країни втрачають у багаті разів більше поживних речовин, ніж дає їх сільському господарству хімічна промисловість.

А надто великі втрати в США, де хижацьке господарювання призвело до зруйнування ґрунтів на величезних просторах. Зрозуміло, що боротися з руйнуванням ґрунту можна тільки борючись водночас і з стихійним стіканням води.

Дуже великі втрати води, супроводжувані страшним розмивом, відбуваються тоді, коли, як це часто буває, орють не впоперек схилів, не в горизонтальному напрямі, а вподовж схилів, згори вниз. Тут вода, не зустрічаючи ніяких перешкод на своєму шляху, мчить по готових борознах униз, зносячи також і верхній родючий шар ґрунту\*. Розмиваються поля, руйнуються шляхи, часто пере-різуючись ярами, або ж і самі перетворюються на яри. Бурхливі потоки зносять городи, розташовані на низьких місцях, а інколи й будови.

При цьому відбувається намулювання дрібних часток унизу схилів (делювіальні відклади), якщо тільки їх не зносить далі в ріки, водойми тощо. Цей знос інколи буває колосальний. Так, наприклад, Штерівське водоймище місткістю 2 млн. куб. м, з площею водного дзеркала 17 га за 5 років існування замулилося на 50%. У зв'язку з цим проблема створення системи забезпечення Донбасу водою, з одного боку, і захист його численних схилів від розмиву — з другого, являє собою не тільки питання раціонального використання схилів для сільського господарства (це стосується усіх гірських або дуже порізаних районів — Середньоруська височина, Правобережжя Дніпра, Молдавія та ін.), але й забезпечення водою величезних промислових комбінатів. Особливого ж значення набуває боротьба з ерозією у зв'язку з розвитком зрошування на півдні нашої країни.

У ряді республік і областей Радянського Союзу схили займають великі простори. Наприклад, на Середньоруській височині до 52% угідь; тим-то боротьба з ерозією є одним із найважливіших завдань упорядкування нашої землі, яка дуже потерпіла від хижацького господарювання в минулому і вторгнення німецьких фашистів у межі нашої Батьківщини.

Боротьбу з цими колосальними втратами треба проводити застосуванням комплексу заходів організаційних, агролісо-меліоративних, меліоративних і агротехнічних. Ділянки з крутішими схилами можна терасувати і займати далі плодовісними насадженнями, багаторічними трав'яними угіддями тощо. Така система не тільки дасть вищий коефіцієнт народногосподарського використання цих схилів, але й зупинить далі просування розмиву.

Води, які стікають по схилах, можна використати для зрошування, направивши їх на городні ділянки, сади, а в містах — у парки, сквери тощо\*\*.

\* При цьому, як показав досвід, при поперечній оранці урожай буває в 2—4 рази більший, ніж при подовжній; економія пального становить до 10% і, приблизно, на 10% прискорюється робота. Навпаки, при оранці вподовж схилу йде безперервне руйнування ґрунту і неухильне зниження урожаю.

\*\* Проте при цьому слід вжити заходів, щоб запобігти ерозії на схилах.

### Випаровування води з ґрунту

Розрізняють випаровування фізичне — з поверхні самого ґрунту і біологічне — через рослини, які своїми коренями всмоктують воду з товщі ґрунту і віддають її в атмосферу через транспірацію. Дуже велику шкоду тут дають бур'яни, які перехоплюють у культурних рослин вологу.

Проте у боротьбі за врожай не так важливо, скільки води одержать ґрунти, як зберігання і використання нашими культурними рослинами цієї води.

Тому і розрізняють *атмосферну посуху*, зв'язану з нестачею опадів, і *ґрунтову* — наслідок неправильного зберігання і використання води.

Основною причиною ґрунтової посухи є, передусім, втрата води ріллею через випаровування, а потім — і неповне використання її культурними рослинами.

Ґрунти починають втрачати воду згори, послідовно висихаючи шар за шаром. Замість води, що вже випарилася, знизу надходить все нова й нова кількість її внаслідок капілярного підняття, якщо ґрунтова вода близько.

Проте, здебільшого, коли ґрунтові води залягають глибоко, у ґрунті є лише «підвішена» волога. Капілярне переміщення її до поверхні обмежується певною глибиною — більшою для глинистих, меншою для піщаних ґрунтів.

Відомо, що на пісках, не вкритих рослинністю, сирий і навіть вологий шар виявляється уже на невеликій (20—25 см) глибині.

На глинистому чорноземі Одеси такою крайньою глибиною, як виявилось, була глибина в 40 см (Ротмістров).

У вологому кліматі Ротамстеда для піщаного ґрунту граничною глибиною, далі якої не відбувається втрата через випаровування і зменшення запасу води в ґрунті, була глибина в 35 см для піску і 80 см для суглинку.

Різно знижує випаровування пересихання поверхневого шару, при якому перестає існувати суцільна водяна сітка в ґрунті, а лишається тільки затиснута в чоточних капілярах вода.

Про це говорить такий дослід: над циліндрами з однаково вологим ґрунтом пропускали потік повітря: над одним — звичайної температури, над другим — нагрітий. Спочатку втрата води із другого циліндра була більша, але через кілька місяців після закінчення дослідів виявилось, що в першому втрати вологи були значно більші, ніж у другому.

Це підтверджують також спостереження на полі в надто посушливі роки, коли на ярих полях верхня частина орного шару так пересихає, що пшениця не дає постійного коріння від вузла кущіння,

тоді як нижня частина така волога, що виявляє пластичні властивості, легко міситься, ліпиться, розкочується, тобто має вологість вищу від нижньої межі пластичності.

Тому зрозуміло, що незначне зволоження поверхні ґрунту (невеликий дощ, бідний полив), відновлюючи водопідймальну здатність верхнього шару, замість користі завдає тільки шкоду. Справдуються слова Костичева про те, що в боротьбі за урожай доводиться турбуватися не лише про зволоження ґрунту, але й про підсушування його.

Втрати води поверхнею ґрунту залежать, по-перше, від напруги водяної пари над менісками, а по-друге, від невинності току води знизу, що поповнює ці втрати.

Коли б справа була лише в першому з названих факторів, то безструктурний ґрунт з більш увігнутими менісками, а тому й меншою напругою пари над ними, повинен мати менші втрати води через випаровування.

Проте на ділі бачимо зовсім інше, бо дрібнопориста безструктурна маса верхнього шару ґрунту, маючи високу всисну здатність, безперервно вбирає воду із нижніх шарів, створюючи тим самим умови для невинних втрат її через випаровування.

Фізичні втрати води ґрунтом через випаровування, як ми говорили, обмежуються невеликою глибиною, тому природно, що з глибших горизонтів вона втрачається лише через біологічне випаровування — через рослини, які висуюють ці горизонти. Звідси зрозуміло, чому чисті чорні і ранні пари здатні зберігати воду «про запас» і чому цього не буває на пізніх парах, де бур'яни з їх рясною кореневою системою естигають викачати воду, поки розвинуться посіви. Те саме спостерігається у посушливих районах після багаторічних трав.

Тому потрібно всіляко боротися проти шкідливих забобонів, ніби в сухе літо треба лишати незайманими бур'яни, бо вони, мовляв, оберігають ґрунт, а разом з ним і наші культури, від перегріву, адже вони непомітно для ока витрачають воду, яку землероб зберігає для своїх посівів.

Під час посухи слід особливо посилити боротьбу з бур'янами, які є однією з причин «ґрунтової посухи».

Треба боротися з утворенням на поверхні ґрунту корки, бо в цьому разі поверхневий тонкопористий шар відіграє роль того гнота, який висмоктує з глибших, пухкіших горизонтів, що мають більші пори, наявну в них воду. Відбувається таке саме явище, яке спостерігаємо, коли до вологого піску прикладемо суху глину або ж до вологої глини прикладемо фільтрувальний папір, — і в першому і в другому випадку дрібнопористіша маса витягатиме воду із шару з більшими порами (досліди Костичева).

Вплив корки на втрату води з ґрунту збільшується ще й тому, що, висихаючи, він тріскається з утворенням широких і глибоких

тріщин, внаслідок чого висихання ґрунту йде не тільки вгору, але й у сторони. Тому цілком обґрунтований той комплекс заходів агротехніки, який зводиться до утворення на поверхні ґрунту сухого розпушеного шару з досить стійкою структурою, бо тільки при цьому і створюються такі співвідношення капілярних сил, які, даючи змогу поверхні ґрунту вбирати воду і передавати її в глибший, щільніший горизонт, разом з тим не допускають зворотної, висхідної течії.

Невисоке капілярне підняття води в піску, пересування води в більших порах між піщинками лише на незначну віддадь надає піщаним ґрунтам цілий ряд надто сприятливих властивостей у боротьбі з посухою. Вода, що потрапляє на поверхню піщаного ґрунту, під впливом сили ваги і молекулярних сил дуже швидко розподіляється так, що головна маса її просочується вглиб; окремі горизонти затримують стільки води, скільки відповідає найбільшій молекулярній вологомісткості за Лебедевим, тобто вмістові плівкової води. Висихання ґрунту з поверхні не сягає далеко вглиб; отже, не тільки в піщаних борах, але й на безлісових пісках, навіть у пустинях Середньої Азії, на невеликій глибині пісок уже має значну вологість. Цим же пояснюється й утворення запасів води під пісками (і до того доброї, прісної води) там, де вони підстилаються непроникними або малопроникними породами.

Якщо чорноземні ґрунти занесені піском, то перед нами сприятливе для сільськогосподарських культур поєднання, бо при цьому вся вода атмосферних опадів у повній мірі використовується ґрунтом, а з другого боку, коріння знаходить на невеликій глибині не тільки воду, але й багатий поживними речовинами ґрунт. Цей випадок, важливий для умов посушливого клімату, спостерігається, наприклад, на пісках Нижнього Подніпров'я, у ґрунтах притерасних дібров на Хопрі і інших ріках. Проте у вологішому кліматі близьке підстилення піску непроникною для води породою приводить до заболочування, як, наприклад, на південний схід від Москви (Мещора) і на Поліссі.

### Водний режим і структура ґрунту

Як видно із попередніх розділів, водні властивості ґрунту (запасання води ґрунтом, пересування води в ньому, втрати води) залежать як від механічного складу ґрунту, так і від його структури, наявності стійких агрегатів, а також і від будови профілю ґрунту (наявність у ньому чергування шарів різного механічного складу, різної структури, утворення тріщинуватості при висиханні глинистих ґрунтів, наявність ущільненого горизонту або відсутність цих моментів). Ясна річ, що та роль, яку відіграє структура в водному режимі ґрунту, ще раз підкреслює її значення

для агрономічної характеристики ґрунту: якщо ґрунт має сталу структуру, він менше і важче замулюється, легше зберігає пухкість, яка надається поверхні механічним обробітком, краще вбирає в себе воду і довше її зберігає.

### Ґрунтові води

Ґрунтова вода — перший від поверхні горизонт підземної води, на який натрапляють, копаючи колодязі. Це — вода, що частогусто виходить біля круч до річкових долин, по ярах та балках у вигляді джерел. Дальші, глибші горизонти підземної води звуться *пластовими водами*.

Для зкупчення води під землею потрібне поєднання водоносного шару, в порах і тріщинах якого збирається вода, і підстилаючого його водотривкого. У тих випадках, коли підземна вода перебуває під тиском і підіймається по свердловині вгору з більшим чи меншим напором, утворюючи фонтан (або без нього), говорять про артезіанську воду. Очевидно, щоб мати таку воду, потрібна не тільки наявність водонепроникних постелі і покрівлі, між якими лежить водоносний горизонт, але ще й наявність гідростатичного тиску, зв'язаного з формою залягання шарів.

Ґрунтова вода в сільському господарстві досі ще відіграє роль головного джерела водопостачання; тільки в більш раціонально поставлених господарствах основою є вода глибших горизонтів — пластова вода.

Щодо походження ґрунтової води, то тут треба відзначити дві головні думки. За однією з них, джерелом утворення ґрунтової води є атмосферні опади: просочуючись крізь проникніші верхні шари землі, вони доходять до водотривкого прошарку і, збираючись над ним, створюють водоносний горизонт. Прихильники іншої теорії звертають увагу на те, що в цілому ряді районів верхні шари ґрунту настільки мало проникні для води, що про цей спосіб походження ґрунтових вод важко говорити; що справжнім шляхом збагачення підземних вод є процес згущення пароподібної води, яка попадає в ґрунт з повітря. Погляди, висловлені у перших згаданих тут теоріях, об'єднані під назвою *інфільтраційної теорії*, у других — *конденсаційної*.

На користь теорії інфільтрації говорить те, що в посушливі роки (наприклад, у 1921 р.) навіть на півночі рівень води у колодязях дуже знижується. До того ж в умовах підзолистої зони ґрунтові води забарвлені у темний колір вимитим з ґрунту гумусом. Очевидно, це було б неможливо, якби не було інфільтрації.

Проте дослідження Ізмаїльського і Висоцького у різних частинах чорноземної смуги показали, що, як правило, на деякій

глибині вологість ґрунту лишається незмінною протягом цілого року і навіть кількох років. Це — так званий «мертвий горизонт» Висоцького. Звичайно, цей начебто мертвий горизонт насправді є тільки горизонт більш або менш постійної вологості, який не міняється під впливом зміни ступеню зволоження верхнього горизонту. Але і в ньому, крім гігроскопічної води, є ще деяка кількість плівкової води, яка хоч і поволі, а все ж пересувається. За спостереженнями Висоцького у Великому Анадолі, Сталінської області і Ізмаїльського — у лісостепу під Полтавою і в херсонському степу просочування води відбувається не на всій площі, а тільки по западинах (блюдця, поди), а також по верхах ярів і балок. Ці знижені місця є начебто лійками, через які атмосферні води потрапляють у ґрунт і так поповнюють ґрунтові води. Крім того, вода проходить у ґрунт також по тріщинах, які утворюються після посухи, по червоточинах тощо.

На користь теорії конденсації говорить ряд спостережень Баракова, Лебедева, Томашевського, Яковлева, Вольні і інших. У дослідях Баракова загальна кількість води, яка затрималася у ґрунті і просочилася крізь бетонні ящики (лізіметри), була значно більша, ніж випадало опадів. Надлишок (інколи до 378%) він відносить за рахунок конденсації. Лебедев спостерігав під Одесою збільшення вологості ґрунту через конденсацію і вважав, що кількість води, яку при цьому одержує ґрунт, може дійти до 25% від загальної кількості атмосферних опадів. Томашевський на астраханських пісках, спостерігаючи хід вологості в ґрунті, прийшов до висновку, що конденсація там дає кількість води, яка відповідає 79 мм опадів (атмосферних же опадів там тільки 176 мм за рік).

Лебедев показав, що вода у вигляді пари пересувається з атмосфери в ґрунт і назад залежно від різної напруги водяної пари в атмосфері і в ґрунтовому повітрі в напрямі від більш високої до більш низької. Ця напруга міняється залежно від температури; тим-то, як показали досліді Лебедева, встановлюється течія пароподібної води у ґрунті влітку — згори вниз, а взимку — знизу вгору — з глибших шарів ґрунту і підґрунтя у верхні горизонти ґрунту. Добре відоме таке явище: навесні, після того, як зійшов сніг, поверхня ґрунту до вечора підсихає, але на другий день вона знову така волога, що працювати в першу половину дня не можна. Причина — надходження води знизу частково у вигляді пари, яка конденсується у поверхневому шарі, частково ж за рахунок підтягання рідкої води силами кристалізації льоду біля поверхні ґрунту.

За осінньо-зимовий період поверхневі шари ґрунту набули деякої зайвини води порівняно до одержаної за цей час від атмосферних опадів; ця зайвина походила від води, яка піднялася з глибших, тепліших горизонтів у холодніші, поверхневі.



Навіть у піщаних барханах в пустині Кара-Кум створюється вологість верхніх шарів піску за рахунок припливу пароподібної води знизу. Отже, для динаміки вологості ґрунту пересування пароподібної води і її конденсація мають неабияке значення.

Обидва зазначені вище шляхи — і конденсація і інфільтрація — відіграють певну роль у збільшенні запасу ґрунтових вод, але в кожному конкретному випадку питома вага обох цих процесів не однакова.

Крім того, у ряді випадків (особливо це правильно буде для глибших горизонтів пластової води) підземне скупчення води є наслідком минулих геологічних періодів, епох і віків (викопні води).

В інших випадках ґрунтові води живляться підземними потоками, які надходять від підвищених районів (води Дніпровсько-Донецької, Причорноморської і Передкавказької западин, Закавказзя, Середньої Азії тощо).

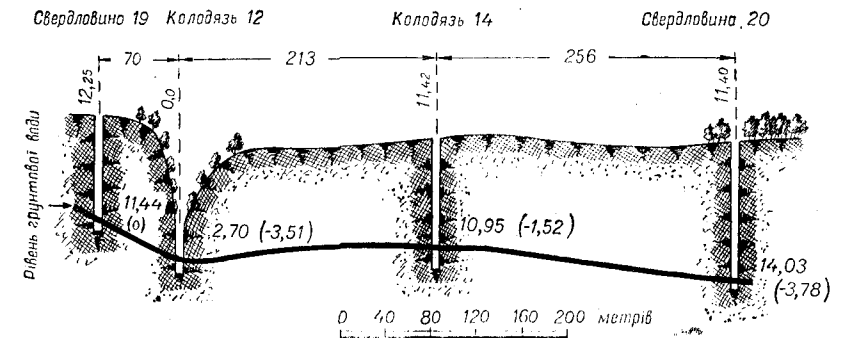
### Фактори, що впливають на ґрунтові води

Запаси ґрунтових вод, глибина залягання, їх хімічні властивості в значній мірі залежать від клімату, геологічних умов місцевості, рельєфу, від рослинності, яка вкриває дану територію, від фізичних властивостей і хімічного складу тих порід, через які вода проходить, з якими вона стикається. На крайній півночі ґрунтова вода перебуває в стані льоду. Це та «вічна» мерзлота, що залягає близько до поверхні й інколи заходить на глибину десятків і сотень метрів. У тундровій зоні, багатій на болота, ґрунтова вода найчастіше підходить до самої поверхні, часто-густо зливаючись з поверхневими і болотними водами. У підзолистій зоні (за винятком знижених місць) ґрунтові води залягають порівняно неглибоко (4—6 м). У чорноземній зоні вони лежать уже на великій глибині, іноді на глибині десятків метрів; у сухіших районах доходять до 100—120 м і глибше. У Прикаспійській западині ґрунтові води звичайно лежать неглибоко, але тут вони часто засолені.

ґрунтова вода — це той горизонт підземної води, рівень якого залягає вище середнього рівня гідрографічної мережі, що дрениє місцевість, тобто вище дна долин рік і крупних балок. Вона утворює всілякі джерела, криниці тощо. Річище ґрунтової води, звичайно, йде за змінами поверхні водотривкого шару, яка часто набуває дуже примхливих обрисів.

Тим-то у ряді випадків глибина залягання рівня ґрунтової води надто мінлива, навіть на коротких відстанях, бо водонепроникні прошарки з'являються і зникають у більш проникній породі. Якщо водонепроникні поклади займають великі простори і

не мають схилів, а навпаки, утворюють значні зниження, то внаслідок цього бувають багаті скупчення ґрунтових вод, які дають великий дебіт води, мало знижуючись при її витрачанні. Невеликі ж прошарки водонепроникної породи спричиняються до утворення малих підземних водоймищ, які швидко виснажуються. Нарешті, ущільнені або збагачені гумусом (як поховані ґрунти) горизонти, що лежать недалеко від поверхні ґрунту, сприяють утворенню верховодки, яка виникає після таяння снігу і зникає серед літа. Звичайно, останнє явище залежить від проникності для води нижніх горизонтів ґрунту.



Мал. 13. Вплив рослинності і рельєфу на рівень ґрунтової води в Чорному лісі поблизу Олександрії (Україна) (за Отоцьким).

Поверхня дзеркала підземної води має горизонтальне положення тільки в рівній місцевості. Якщо ж місцевість хвиляста, порізана балками, то і дзеркало ґрунтової води йде, хоч у трохи вирівненому вигляді, за надземним рельєфом, підіймаючись під високими місцями і знижуючись під зниженнями. Це можна спостерігати в степу, якщо робити буріння до рівня ґрунтової води, ідучи від вододільних плато до річкових долин і від міжбалочних просторів до балок.

Те ж саме явище можна бачити і в місцевостях, вкритих лісом, як це показали спостереження Висоцького і Отоцького.

Щодо впливу лісу на рівень ґрунтової води, то слід сказати, що тут були розходження між окремими дослідниками. Під час експедиції Докучаєва, спорядженої після посухи на початку 90-х років минулого століття, виявилось, що на південних межах лісостепу ґрунтова вода, як правило, стояла в степу вище, ніж серед лісу (мал. 13). Так само під посадками, зробленими експедицією Докучаєва, в Кам'яному степу (ЦЧО) вода стояла вище, ніж на оточених ними полях, а наприкінці літа, навпаки, нижче, ніж на просторах між цими посадками. Це відбувається через те, що ліс витрачає води більше, ніж степова рослинність. У зв'язку з цим

був цікавий випадок оздоровлення болотистої малярійної місцевості по ріці Тібру в Італії, коли тут посадили гаї з евкаліптів. Їх вплив на водний режим позначився незабаром; рівень ґрунтової води так знизився, що через кілька десятків років болота перестали існувати.

Цілком природно, що в лісовій підзолистій зоні, при спокійному рельєфі і вологому кліматі (відношення: опади до випаровування  $> 1$ ), на рівнині — суцільна вирубка лісів обумовлює підняття рівня ґрунтових вод.

У північній частині СРСР, де величина випаровування менша, ніж кількість опадів, вирубка лісу є причиною заболочування. Це особливо позначається, коли ліс знищений лісовою пожежею. Ліс впливає і на вологість самого ґрунту, збільшуючи її для верхніх горизонтів і зменшуючи для нижніх.

Г. Н. Висоцький ставить вплив лісу на вологість ґрунту в прямий зв'язок з віком насадження і поширенням його коріння вглиб. Наслідки своїх спостережень Висоцький формулює так (табл. 28):

1) поверхня ґрунту найдужче висихає на чорному парі, потім на цілині і найменше — в лісі;

2) ґрунт же сам найдужче висихає на цілині, потім під лісом і найменше на чорному парі;

3) підґрунтя пересихає найбільше в лісі, потім на цілині і найменше на чорному парі.

Таблиця 28

Вплив культурного стану ґрунту на розподіл вологості у глибинах  
(у Велико-Анадольському лісництві)  
(за Висоцьким)

Глибина від поверхні (в м)	Вологість ґрунту (у процентах від ваги вогного ґрунту)			
	Ліс	Цілина	Поле	Пар
Поверхня . . . . .	13,9	5,6	9,7	3,5
0,10 . . . . .	15,5	11,0	13,2	17,9
0,25 . . . . .	15,6	14,3	15,6	19,5
0,50 . . . . .	15,7	14,9	15,4	19,6
0,75 . . . . .	—	—	15,8	20,0
1,00 . . . . .	12,9	13,8	14,8	19,6
1,50 . . . . .	12,9	14,4	14,6	17,2
2,00 . . . . .	12,4	15,0	15,3	16,3
Загальний запас вологи (у мм) . . . . .	456	473	505	641
Мертвий запас вологи у тому ж шарі . . . . .	357	357	357	357
Доступний для рослин запас вологи . . . . .	99	116	148	284

Взагалі кажучи, вплив лісу на вологість ґрунту і на водний режим місцевості досить складний. Насамперед ліс затримує своєю кроною певну кількість опадів (особливо зимових), що міняється залежно від характеру породи і віку дерев. Ця затримана кроною волога в значній мірі втрачається для ґрунту, випаровуючись в атмосферу.

Проте ліс, притінюючи ґрунт і затримуючи вітер, разом з тим зменшує випаровування води, що потрапила на поверхню лісового ґрунту, сприяючи її зберіганню. Крім того, в лісі ґрунт, вкритий лісовою підстилкою і захищений від холодних вітрів лісом, пізніше замерзає (а іноді і зовсім не замерзає) і раніше розмерзає, ніж у полі; тому природно, що він значно повніше викристовує талі снігові води, ніж ґрунт безлісових просторів. Розтавання снігу в лісі відбувається рівномірніше, ніж у полі, починаючись уже в кінці зими, коли навколо деревних стовбурів, завдяки нагріванню їх і відбиванню від них сонячних променів, сніг тоне, утворюючи воронки.

Крім уже сказаного, слід відзначити роль лісів для збігання атмосферної води по поверхні ґрунту. На лісистих схилах це збігання буває значно менше, далеко повільніше, ніж на безлісних, порослих трав'яною рослинністю схилах. Це тому, що дощова й снігова вода в лісі насамперед просочує лісову підстилку, у якій потім пересувається більш або менш повільною течією, затримуючись стовбурами дерев і їх коренями, які виходять на поверхню. Слід зазначити ще й те, що в лісі атмосферні опади, а надто сніг, не видуваються так, як у степу, і лягають рівнішим шаром.

Щодо впливу лісу на кількість опадів, то сучасні дані дозволяють з певністю сказати, що в умовах рівнинної місцевості ліс ніяк не впливає на опади (не кажучи вже про інші впливи), на їх кількість. Думка, яка досі існувала, нібито ліс «притягає» опади, базувалася на тому, що порівнювали передгір'я, вкриті лісом, і рівнини, на яких його не було, тоді як відомо, що підвищення місцевості зв'язане із збільшенням кількості опадів незалежно від того, чи є на ній ліс.

Це підтвердили дослідні, проведені на двох сусідніх лісових ділянках, з яких одну після восьми років спостереження вирубили. Продовжені потім ще протягом семи років спостереження показали, що вирубка не вплинула на кількість атмосферних опадів, але, звичайно, дуже відбилася на рівні води у річці, яка протікала через вирубану ділянку, в період повені і межені. На невирубаній ділянці співвідношення рівнів було 7 : 1, а на оголеній 25 : 1.

Вплив лісових насаджень на ґрунтові води, на увесь гідрологічний режим залежить і від структури їх: узлісся і полезахисні смуги нагромаджують багато снігу — більше, ніж витрата води в них; суцільні масиви — навпаки.

Із сказаного видно, що вплив лісу на водний режим ґрунту і на водний режим місцевості досить складний. З одного боку, ліс — великий споживач води — знижує рівень ґрунтових вод, з другого ж боку, в умовах нерівного рельєфу він зменшує марні втрати води, які відбуваються внаслідок стікання. Тим-то роль лісу у водному режимі ґрунту залежить від рельєфу місцевості. У гірських місцевостях і районах, порізаних ярами й балками, роль лісу колосальна — він не тільки збільшує надходження води в ґрунт, але й охороняє його від ерозії, від катастрофічних наслідків розмиву збігаючою по поверхні водою.

Висоцький звертає увагу на гідрокліматичну роль лісу, яка полягає в тому, що ліси Білорусії, Литви, Польщі — великі випаровувачі води у вологих північно-західних районах, разом з тим постачають водяними парами сухіші райони лісостепу й степу, які лежать на південний схід від них.

Отже, регулювання лісових площ, визначення потрібного розподілу деревної рослинності на господарській території дає засоби керувати гідрологічним режимом місцевості, а ще більше — і місцевим кліматом (мікрокліматом). А це дуже важливо для боротьби з сухов'ями, видуванням снігу і посівів, зносом родючого ґрунту тощо.

Проводячи деревні насадження в степу (захисні смуги), слід розміщувати їх так, щоб одержати найбільший господарський ефект у конкретних умовах природи й господарства.

Тепер у СРСР створюється ціла система ползахисних деревних насаджень. Разом з літніми кулісними посівами (кукурудза, соняшник, сорго тощо) вони послаблюють силу вітру, допоможуть затримати і рівномірно розподілити сніг на полях.

### Хімічні властивості підземної води

Хімічні властивості ґрунтових і пластових вод нас дуже цікавлять, бо розчинні речовини, що в них містяться, мають значення як для людей і тварин, так і для промисловості.

У воді, як ми знаємо, є розчинні речовини. На півночі, у тундровій і часті підзолистій зонах, ґрунтові води надзвичайно слабо мінералізовані. Зате часто-густо у них міститься, іноді в значній кількості, гумус, вимитий із ґрунту. Крім того, смак колодязної або болотяної води інколи вказує на присутність у ній кислоти («вода кисла, як оцет»); це буває внаслідок окислення піриту — сульфіді заліза ( $\text{FeS}_2$ ), — що міститься в болоті або в породі і приходить в контакт з водою; цей пірит, окисляючись під впливом повітря, дає сірчану кислоту. Шахтні води часто бувають кислі.

Залежно від наявності або відсутності мінеральних домішок вода може бути або прісною, або солоною, жорсткою

або м'якою. Ідучи з півночі на південь, ми бачимо ряд змін у якості ґрунтової води. На півночі ґрунтова вода не солона і, звичайно, м'яка; це значить, що вона не тільки не містить у собі помітної кількості розчинних солей, але що в ній немає або дуже мало також і солей кальцію (карбонату і сульфату кальцію). Чим далі просуватися в чорноземну смугу, тим вода стає жорсткішою, тим вона більше містить у собі вапна, що утворює накип на котлах і обумовлює цілий ряд незручностей при домашньому ужитку і в індустрії\*.

Розрізняють непостійну жорсткість води, якої можна позбутися кип'ятінням (від  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  і постійну (від  $\text{CaSO}_4$ ).

Далі на південь, у напрямі до Чорного моря і Каспійської западини, спостерігається чимраз більше засолення ґрунтової води. Воно спостерігається також і в ряді солонцевих районів, на лівобережжі Дніпра, у Заволжі, у чорноземній частині Західного Сибіру, у Казахстані, Середній Азії, Забайкаллі, Азербайджані і т. д. Хімічний характер підземної води якнайтісніше зв'язаний з хімічним складом тих порід, з якими вона стикається. Тому в солонцевих районах часто-густо ми маємо таке явище, що колодязі з прісною і солоною водою чергуються іноді на віддалі кількох десятків метрів. Це пояснюється тим, що різні колодязі попадають на ділянки порід, різною мірою засолених, або ж зв'язані з підземними потоками, які йдуть від соленосних порід, соляних куполів, штоків тощо. Вода, що міститься в тріщинах гранітних масивів, м'яка.

Хімічні властивості ґрунтової води в степових районах видно, наприклад, з даних обслідування Запорізької області, в якій жорсткість води в окремих пунктах дорівнювала 4,5—31°.

У м. Жданові в залізничному колодязі загальна жорсткість води дорівнює 31°, місцями доходить до 80°, а постійна — дорівнює 20,7°. Вода криниці поблизу станції Вапнярки, Київської області, має жорсткість всього 3—8°.

### Вплив води на ґрунтоутворення

За характером водного режиму всі ґрунти, які є в природі, можна поділити на дві основні групи: одні ґрунти дістають воду лише з атмосфери — ґрунти *атмосферного зволоження* (Висоцький), *автоморфні* (Неуструєв); другі ж живляться, головним чином, водою ґрунтовою, яка надходить до них або під впливом гідростатичного тиску, коли підземна вода притікає з вище розташованих ділянок і, отже, впливає на підняття ґрунтової води в знижених місцях, або ж під впливом капілярного підняття, коли рівень

\* Жорсткість води вимірюється градусами — кількістю  $\text{CaO}$  в міліграмах на 100 куб. см води.

ґрунтової води лежить неглибоко. Це — ґрунти *ґрунтового* або ж надлишкового поверхневого зволоження — *гідроморфні*.

Ступінь зволоження і промочування ґрунту атмосферними опадами залежить і від клімату, і від властивостей ґрунту (механічний склад, структура, культурний стан), і від рельєфу, і, нарешті, від характеру рослинності. Тому в наших руках великі можливості керувати цим процесом.

Вплив води на ґрунт не обмежується самим лише постачанням рослинам потрібної їм води: всяка зміна вмісту води в ґрунті передусім міняє запаси в ній повітря, а разом з тим докорінно впливає і на хід мікробіологічних та хімічних процесів. *Вода і повітря в ґрунті — антагоністи*. При заболочуванні застійна вода припиняє доступ повітря у ґрунт і обумовлює цілий ряд небажаних явищ. Вода ж атмосферних опадів і зрошувальна вода в перші моменти зрошування, навпаки, постачає ґрунтовим горизонтам розчинений у ній кисень.

Крім того, розчиняючи в собі солі, наявні в ґрунті, підґрунті і в породах, що лежать глибше, вода неминує впливає на їх розподіл, на зміну вмісту розчинних речовин у ґрунті. Вода або вилуговує їх углиб або, навпаки, при умові близького залягання ґрунтової води викликає засолення поверхневого орного шару, якщо вона сильно мінералізована.

Вода також пересуває по профілю деяких ґрунтів колоїдальні речовини, обумовлюючи розчленування ґрунтової товщі — на генетичні горизонти (підзолисті, солонцюваті ґрунти і солонці).

### В о д а у з р о ш у в а н н і

Вода при зрошуванні посушливих районів, крім величезного сприятливого впливу на піднесення урожайності полів, при умові, якщо властивості ґрунту й клімату, геологічні особливості й рельєф в належній мірі не взяті до уваги, в деяких випадках може викликати надто небажані явища. Вони полягають у тому, що застоювана в більшій, ніж треба, кількості зрошувальна вода, збігаючи по поверхні, розмиває і змиває ґрунт, руйнує його або ж, просочуючись углиб, обумовлює підняття рівня ґрунтових вод, затоплювання і заболочування. Разом з тим до поверхні ґрунту підіймаються і захоплені нею по дорозі розчинні солі. В результаті маємо заболочування і засолення зрошуваних земель і, отже, їх псування. Так було, наприклад, у минулому в усіх країнах світу, які мали зрошувані господарства. Ось чому доконче потрібно виробити систему заходів для боротьби з цим злом і запобігати йому.

При розсолюванні засолених ґрунтів вода, вимиваючи розчинні солі із солончаків і солончакових ґрунтів, створює солонці з усіма

властивими їм несприятливими ознаками. Крім того, надмірне зволоження призводить до заболочування, до різкої нестачі аерації ґрунту, до розвитку анаеробних процесів, які створюють несприятливі умови для розвитку сільськогосподарських рослин.

Певна річ, у різних умовах під впливом зрошування бувають і різні наслідки. Проте в деяких країнах меліорація, як відомо, іноді давала замість позитивних негативні результати; це змушує нас з значно більшою увагою поставитися до природних (ґрунтових, геологічних, гідрогеологічних) умов районів проектного зрошування, ніж це було не раз у минулому.

Особливо важливо це тепер, коли грандіозні, небачені ще в світі, зрошувальні системи охоплюють площі з різноманітним ґрунтовим покривом, де велике місце займають галогенні ґрунти.

Слід пам'ятати, що доля води, яка потрапляє в ґрунт у різних гідротермічних умовах, неоднакова. В південно-західній половині Європейської частини СРСР, де співвідношення <sup>опадів</sup> випаровування більше одиниці, вода, підкоряючись силі ваги, намагається просочитися вглиб ґрунту, доходячи до ґрунтових вод. З цим зв'язане невпинне, протягом тисячоліть, звільнення верхніх горизонтів земної кори і, насамперед, ґрунту, від розчинних (навіть важкорозчинних) сполук. Навпаки, в другій, південно-східній частині, де співвідношення менше одиниці, тому кожна крапля води атмосферних опадів, проникнувши на невелику глибину, при висиханні ґрунту намагається знову повернутися на поверхню. Там, випаровуючись, вона лише вмищені в ній солі. Ці солі часто концентруються в верхньому горизонті ґрунту в такій мірі, що життя рослин стає неможливим, а іноді на поверхні утворюється справжня солева корка.

Боротьба з вторинним засоленням ґрунтів при зрошуванні розвивається разом з розвитком соціалістичного зрошуваного землеробства. Вона вимагає насамперед точного знання джерел засолення. Адже без цього не можна успішно розв'язати питання про боротьбу з ним. Тут не можна погодитися з думками, що панували до недавнього часу, ніби солі, які псують ґрунти, це — продукт сучасного вивітрювання гірських порід. Осадочні породи, що вкривають 75% площі суші, самі являють продукти вивітрювання, які не раз перевідкладалися (морем, текучою водою, вітрами і льодовиками) і значну частину розчинних сполук уже втратили. Незрівнянно більшу роль відіграють підземні скупчення солей (соляні пласти, засолені поклади, залишені морем, соляні куполи), якими багаті різні ділянки нашої території, починаючи від пустинь Середньої Азії і кінчаючи Північчю (Якутією). Підземні води, що омивають їх, розчиняють солі і часто виносять їх нагору.

Важливою умовою боротьби з вторинним засоленням при зрошуванні є правильне поєднання інженерно-меліоративних і агротехнічних заходів.

Це буде, по-перше, боротьба з марними втратами води через фільтрацію в водоймах, каналах і греблях. Реальним, доступним для широкого застосування можна вважати запропонований нами спосіб осолонцювання стінок і дна каналів, водойм і гребель.

По-друге, раціональне застосування зрошувальної води; не можна допускати надто великих норм поливу.

По-третє, треба запобігти нагромадженню в поверхневих горизонтах ґрунту солей, вимитих із нього або занесених зрошувальними водами. Засіб для цього — дренаж: природний (адири — передгір'я Середньої Азії, західного Азербайджану тощо) і штучний.

### Вода і ґрунтоутворення

Вода — могутній фактор ґрунтоутворення. Води атмосферних опадів, проникаючи вглиб, вимивають розчинні продукти ґрунтоутворного процесу, виносячи їх у ґрунтові води, або ж (залежно від розчинності їх і промочування ґрунту) відкладаючи їх на тій чи іншій глибині. Таким чином, створюються в ґрунтовому профілі своєрідні горизонти скупчення карбонатів, сульфатів, хлоридів, або ж внаслідок переносу колоїдів створюються ущільнені цими колоїдами горизонти.

У тих випадках, коли ґрунт утворюється в умовах ґрунтового зволоження, в ньому відбувається ряд дуже важливих змін. Ґрунтові води, приносячи в ґрунт розчинені в них солі, при випаровуванні лишають у ньому ці солі. Отже, в ґрунті збільшується запас солей.

У північній підзолистій зоні серед ґрунтів, бідних на розчинні солі, щовесни можна спостерігати в тих невеличких джерелах і криничках, які виникають у підніжжя схилів до річкових долин і знижень, значну кількість вапна й заліза, вимитих із ґрунтів і порід дощовими й сніговими водами і разом з ґрунтовою водою винесених у нижчі місця. В цьому випадку такі зниження збагачуються вапном, що виділяє їх серед підзолистих ґрунтів вододілів. При цьому відбувається збагачення ґрунтів знижених ділянок — лучних або болотяних (в останньому разі в периферичній частині болот) — не тільки вапном, але й залізом і фосфором, присутність якого можна бачити з зеленувато-синюватого забарвлення або ж з яскравосинього (на повітрі) віваніту. Таким чином, вплив ґрунтової води в підзолистій зоні створює найцінніші ґрунти лучного фонду.

Щодо південніших районів з посушливим кліматом і соленос-

ними породами, то тут ґрунтове зволоження призводить до створення солончакових ґрунтів, які містять уже не тільки сполуки вапна, проти яких з агрономічного погляду нічого заперечувати (проте див. розділ «Значення для рослин увібраних катіонів»), а й розчинні солі натрію в кількості, шкідливій для рослин.

Так, у північній частині України, на лівобережжі Десни і почасти Дніпра, ґрунтові води приносять до поверхні соду, яка надзвичайно шкідливо впливає на рослинність. Крім того, залежно від вмісту тих чи інших солей у підґрунті або ж у шарах, які омиває ґрунтова вода, ця остання збагачує ґрунт хлоридом і сульфатом натрію, що досягають іноді такої концентрації, при якій не тільки культурні, але й переважна більшість диких рослин не може рости. Як уже згадувалося, ступінь зволоження впливає і на повітряний режим, на провітрювання ґрунту; при надмірному зволоженні більш або менш різко виявляються ознаки ґрунтів болотяного типу.

### Значення водного режиму в утворенні солончаків і солонців

Солончаки, як сказано вище, утворюються під впливом вод, що гідростатично підіймаються до поверхні ґрунту, або внаслідок капілярного підняття з близького горизонту ґрунтової води; тому солончаки утворюються на зниженнях, де рівень ґрунтової води близький (на узбережжі морів або ж у притерасних частинах річкових долин — при переході від однієї тераси до іншої — або ж на заплаві), або в великих депресіях у сухих степах Казахстану. У солончакові максимум солей міститься вгорі профілю, мінімум — унизу.

При зниженні рівня ґрунтової води чи то під впливом природних причин (наприклад, коли ріка, що підпирає ґрунтову воду, поглибить своє русло, або ж рівень ґрунтової води буде прорізаний яром), чи то під впливом людини (дренаж) відбуваються різкі зміни і у властивостях цих солончакових ґрунтів, — починається промивання ґрунту, неможливе до цього моменту, і вимивання солей углиб (див. стор. 92). Слідом за цим при зменшенні концентрації солей нижче порога коагуляції починають пептизуватися і вимиватися також і ґрунтові колоїди, утворюється ущільнений горизонт вмивання (ілювій), з характерними структурними формами — стовпчастими, призматичними, тумбовидними окремостями; верхній горизонт втрачає структуру, утворюється своєрідний профіль солонцю, де верхній горизонт дає цілу гаму змін структури залежно від стадії ґрунтоутворення (злита — шарувата — лінзоподібна — пориста пухка корочка).

Вимиті солі виносяться глибше ілювіального горизонту. Натомість у верхній частині ґрунтового профілю відбувається реакція

утворення соди, про яку говорилося вже в розділі про вбирну здатність ґрунту. При цьому солончак переходить у солонець.

Фізичні, хімічні й агрономічні властивості цих двох ґрунтів зовсім відмінні. У солонці мінімум солей міститься вгорі, а максимум — унизу ґрунтового розрізу, в солончакові — навпаки. Ясно, що сприятливі сторони зниження концентрації солей у солонці цілком знищуються шкідливими змінами фізичних і хімічних властивостей ґрунту, які обумовлюють утворення солонцю. При меліорації солончаків це треба передбачити і, вилучаючи розчинні солі, слід потурбуватися про те, щоб фізичні властивості новоутворюваного ґрунту, а також і будова його профілю не мінялися.

Тут уся справа у поведінці ґрунтових колоїдів. Тому одночасно з промиванням ґрунту, який містить велику кількість солей, слід потурбуватися про закріплення колоїдів і про оструктурування ґрунту. Цього досягають одночасним внесенням у звільнений від солей ґрунт сполук кальцію\* у вигляді вапна або ж гіпсу (залежно від властивостей ґрунту). У деяких випадках, можливо, доведеться ставити питання про внесення швидшедіючих речовин — сірчаної кислоти і солей Al та Fe.

### Заболочування

До діяння води на ґрунт слід віднести також заболочування, зв'язане з надмірною кількістю води в ньому. Найпростіший випадок утворення болота — це заростання озер від берегів і з поверхні, внаслідок чого, кінець кінцем, увесь об'єм озера заповнюється рештками водної рослинності, яка опісля перетворюється в торф. При цьому завдяки величезній вологомісткості торфу із загального кругообігу вилучається колосальна кількість води. Отже, болота зовсім не можна вважати джерелом живлення водою, як раніше думали, а навпаки, вони обертають воду, що випадає в даному басейні, в мертвий капітал. Крім того, болота, завдяки величезній тепломісткості їх води і поганому прогріванню, охолоджують навколишню місцевість і тому на півночі на них довго тримаються заморозки.

Другий випадок заболочування зв'язаний з пересичуванням ґрунту водою в знижених місцях; це утруднює доступ повітря в ґрунт і сприяє появі спеціальних болотних рослин, які після відмирання дають торф. Коли вже почав утворюватися торф, то він, через свою високу вологомісткість, вбираючи в себе воду і утруднюючи дальший розклад органічних речовин, сам стає джерелом заболочування. З другого боку, коли на луках починає утворюва-

\* У цьому може й не бути потреби, якщо, крім солей натрію, в солончакові є гіпс —  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

тися шар органічної речовини, що складається з неперетлілих решток рослин, створюються зовсім відмінні умови для живлення їх нових поколінь. Чим вище нарастає торф, тим більше міняється склад рослинності в ньому.

Вище ми вже бачили, що в річкові долини виноситься з вододільних просторів значна кількість мінеральних поживних речовин. Тому в озерах, на заплавах і всюду, де виходить багата мінеральними речовинами ґрунтова вода, розвивається буйна рослинність, що використовує ці речовини. Кількість поживних речовин у заплавах ще дужче збільшується через щорічні наноси під час розливу рік.

У знижених і надмірно зволжених місцях утворюються трав'яні, чагарникові і лісові болота, на яких ростуть болотяні трави (осоки, болотяні злаки), верби, вільха тощо і зелений мох, що утворює тут свої подушки. В міру наростання товщі торфу поверхня ґрунту в таких місцях чимраз більше ізолюється від мінерального ґрунту і впливу ґрунтової води. Коріння рослин, які ростуть на торфі, не йдуть глибоко і змушені задовольнятися тим запасом поживних речовин, що є в торфі, а цей запас щораз більше набуває незасвоєваної форми внаслідок зменшеного розкладу органічних решток. Кінець кінцем, наші звичайні лучні рослини, які досі росли на заболоченому ґрунті, уже не мають для себе належних умов. Дедалі більше з'являється таких видів, які можуть задовольнятися найменшою кількістю мінеральних поживних речовин. Більше того, з'являються рослини, які не виносять присутності хоч трохи помітної концентрації поживних речовин у ґрунті і гинуть, коли вона підіймається досить високо; особливо вони чутливі на присутність у ґрунті значної кількості вапна (ряд видів білого моху — сфагнуму).

Поява на поверхні торфу рослин, невибагливих до поживних речовин, відкриває перспективу тривалого наростання торфу в товщину і завоювання чимраз більшої території, бо розклад цієї торф'яної подушки стає в дедалі несприятливіші умови через насичення її водою. В результаті цих процесів значна частина площі річкових долин стає заболоченою, укритою торфом.

Таким чином, нагромадження органічних решток з їх надзвичайно високою вологомісткістю є важливий фактор заболочування (Вільямс): те, що звичайно вважають наслідком заболочування, само стає його причиною.

### Підзолистий процес і заболочування

Третій тип заболочування — це заболочування суходолів, часто вододільних просторів і навіть схилів. Тут первопричиною заболочування є вже не первісний застій води. Насамперед слід зазна-

чити, що на суглинкових і навіть на супіщаних підзолистих ґрунтах ґрунтотворний процес призводить, внаслідок нестачі у ґрунті коагулятора і недостатньої насиченості кальцієм, а також впливу кислих продуктів розкладу лісової підстилki, до пересування ґрунтових колоїдів і відкладення їх на певній глибині (30—60 см). Так, на порівняно невеликій глибині утворюється водонепроникний горизонт, який надзвичайно змінює водний режим ґрунту і при достатній кількості опадів сприяє застою води і розвитку в ґрунті анаеробних процесів (див. розділ про хіміко-біологічні процеси в ґрунті).

У зв'язку з цим на невеликій глибині в нижніх горизонтах ґрунту, над ілювіальним горизонтом і в ньому самому, з'являються специфічні ознаки болотного процесу і, насамперед, оглеювання, яке характеризується появою дуже в'язких сизуватих ділянок ґрунту. Разом з тим безструктурність верхнього горизонту обумовлює тут поверхневий застій води, поверхнєве заболочування. Утворення непроникного або важкопроникного ілювіального горизонту діє на коріння культурних рослин, надто багаторічних, і як суто механічна перешкода і як фактор, що впливає на заболочування шару розташування коренів.

Тому можна стверджувати, що в північній частині СРСР ліси на підзолистих ґрунтах, будучи одним з факторів утворення цих ґрунтів, разом з тим крок за кроком готують собі загибель, готують метаморфози в самому ґрунті, які докорінно міняють і тип ґрунтотворення, і властивості ґрунту в бік заболочування, що кінець кінцем погіршує їх лісгосподарську цінність. Це особливо яскраво можна бачити тоді, коли ліси вигорять.

Процес заболочування лісових просторів особливо позначається після пожеж, дуже поширених у лісовій смузі. Найчастіше бувають вони у посушливі роки, коли горять не тільки ліси, а й болота, як це, наприклад, було у підзолистій зоні і, зокрема, у підмосковному районі 1921 року. Вплив лісових пожеж на ґрунт досить складний. Тут не тільки знищується ліс, як споживач волог: продукти, що утворюються після згоряння листя, глиці, сучків тощо, діють на ґрунт і хімічно. Справді, при цьому утворюється значна кількість золи, яка містить у собі карбонати калію (натрію), кальцію і магнію, майже не розчинні при лужній реакції.

Після розчинення складових частин золи дощовими й сніговими водами утворюються розчини, які промивають ґрунт. При цьому відбуваються відомі нам обмінні реакції між ґрунтом і розчином солей. А що розчинність вуглекислого кальцію в присутності карбонатів калію й натрію дуже незначна, то тут діючим фактором є тільки катіони калію (натрію), які витісняють з ґрунту залишки обмінного кальцію; кальцій переходить у нерозчинну форму ( $\text{CaCO}_3$ ). Внаслідок цього створюються умови для переходу в рухомий стан ґрунтових колоїдів, для появи розчинного темно-

забарвленого гумусу, який разом з глинистими частками вимивається у глибші горизонти ґрунту. Це обумовлює інтенсивне утворення ілювіального горизонту, повне знищення будь-яких слідів ґрунтової структури в поверхневому горизонті, його замулювання.

Поява значних концентрацій розчинних солей призводить до того, що на згарищах селяться своєрідні групи рослин, які переносять цю специфічну «засоленість». До числа їх належить пластинчастий мох — маршанція (*Marshantia polymorpha*), що вкриває своїми пластинками поверхню ґрунту і тим самим зменшує випаровування води. Далі з'являються так звані кислі злаки з грубим твердим стеблом (типу *Calamagrostis*), іван-чай (*Epilobium*) і інші рослини, а після промивання ґрунту дощовими водами починається інтенсивний наступ на згарища мохів, спочатку зелених, а потім білих — сфагнумів. Цікаво, що в північній половині СРСР на заболочених вододільних просторах, якщо підняти торфову подушку, завжди знаходимо на межі між торфом і мінеральним ґрунтом вуглилки, які свідчать про те, що торф утворився на поверхні лісового ґрунту після пожежі.

Людина, завоюючи в лісовій зоні простори для землеробства не тільки сокирою, а й вогнем, всюди сприяла зазначеним змінам ґрунту, чи то в тайзі сибірській, чи в лісах північної Європи, чи в європейській частині СРСР, чи у первісних лісах тропічної Африки. Наслідок усюди був той самий: ґрунт настільки мінявся, що відновити ліс звичайним способом ставало вже неможливо. На колишніх лісових площах, де росли лісові гіганти, оселялася чахла поросль дерев, кущів і твердих непридатних для тварин трав.

Лісові простори перетворилися в «пустощі», тобто перелogi, зарослі травою (дерновий процес), чагарником, осичиною, березняком, яких у північній частині самої тільки РРФСР до революції було 14 млн. га. На них не можна одержати молодняку природного походження, бо поблизу немає насінних дерев і ґрунт у поганому стані, або внаслідок спільної дії обох причин. Більше того, ще наприкінці 80-х років минулого століття Мертвого повідомляв, що у північній частині Росії на 1 десятину ріллі припадало 7 десятин занедбаних земель. Ці пустощі — здебільшого справа рук людських, це — орні землі, покинуті інколи понад 100 років тому.

Особливо цікаві процеси заболочування й утворення мохової торф'яної подушки в лісах на піщаних ґрунтах. Тут це відбувається не від великої вологості ґрунту, а лише з а в д а к и біологічними причинами — особливостям живлення рослин на цих ґрунтах. Ці ґрунти містять мало поживних речовин, особливо кальцію, через що в них і лісова підстилка бідна на зольні елементи. Лісова підстилка має тут цілий ряд властивостей, несприятливих для використання її нижчими тваринами (головно



комахами й черв'яками) і тому в природному стані мало піддається розкладу мікроорганізмами. Розклад лісової підстилки під лісами на бідних піщаних ґрунтах настільки відстає від темпів її утворення, що кінець кінцем в сприятливих умовах на поверхні ґрунту створюється більш чи менш щільний компактний шар лісової підстилки (іноді 10—20 і до 40 см завтовшки — утворюється «сухий торф» (грубий, кислий гумус).

За умовами утворення водного режиму і залягання розрізняють низові або долинні, трав'яні або очеретяні болота з високим вмістом поживних речовин і багатих на вапно, з одного боку, і верхові, вододільні, мохові, бідні на мінеральні речовини, кислі, з другого.

Третій випадок — переходові болота, коли в процесі розвитку болота разом з припиненням зв'язку з мінеральним ґрунтом на трав'яному, евтрофному торфі лежить моховий, оліготрофного характеру.

У неосушених торф'яниках, особливо в кислих, кількість мікробів надзвичайно мала, діяльність їх дуже слаба.

Склад торфу різних типів наводимо в таблиці 29.

Таблиця 29

Хімічний склад різних типів торфу  
(за Доктуровським)

Види торфу	У 100 частинах сухого торфу міститься					
	органічної речовини	чистої води	калію	вапна	фосфорної кислоти	азоту
Очеретяний торф	89,54	10,46	0,035	4,988	0,176	3,07
Сфагновий торф	98,08	1,93	0,119	0,288	0,066	0,89

Впадають в очі два протилежних за своїм складом типи торфу: бідний на мінеральні поживні речовини торф верхніх болот, моховий торф, з одного боку, і низовий трав'яний торф, багатий на них, з другого.

#### Поліпшення і використання заболочених ґрунтів

Заболочування території з сільськогосподарського погляду — процес негативний, бо воно створює несприятливі умови для зростання сільськогосподарських рослин і лісів. Проте після осушення заболочені землі дають великі можливості для сільськогосподарського використання: посіви трав, вирощування овочевих культур, видобуток торфу тощо. Використання осушених торф'яних просторів для сільськогосподарських потреб вимагає зважати на якість торфу і диференціювати методи культури торф'яників. Торф, як паливе, звертає на себе увагу і в комунальному господар-

стві, і в промисловості. Тим-то облік заболочених угідь і облік торф'яників набуває великого значення.

За даними Доктуровського у самій тільки європейській частині СРСР торф'яники займають 27 млн. га. Із всієї кількості площ торф'яників Європи (90 млн. га) європейська частина СРСР має 30% цього запасу. У Сибіру торф'яники займають близько 100 млн. га — інакше кажучи, зі всієї площі СРСР (22,2 млн. кв. км) торф'яникам належить 1,27 млн. кв. км (близько 5,6%). Торф займає друге місце серед наших паливних ресурсів.

Торф'яні болота у минулому — непридатні землі, в умовах соціалістичного господарства є джерелом величезних багатств, використовуваних в інтересах усього народного господарства. На торфі працюють потужні електростанції, використання торфу зберігає величезні лісові простори. Крім того, торф після сухої перегонки дає кокс вищої якості і смолу, з якої (як і з кам'яновугільної) добувають різні цінні хімічні речовини. Мала питома вага і велика громіздкість торфу спричинилися до того, що його почали переробляти на торф'яні брикети, які при меншому об'ємі мають значно більшу теплотворну здатність, ніж торф.

При сільськогосподарському використанні торфу є два основні напрями: по-перше, торф використовують як добриво і як матеріал для підстилки, що замінює собою солом у хлівах, на скотних дворах і в конюшнях. Цей спосіб використання торфу вже років 200 відомий населенню Північного краю, де розроблені способи заготівлі і застосування його. Торф дає гній, кращий своєю якістю від звичайного солом'яного гною, бо він вбирає сечу внаслідок своєї великої вологомісткості, зберігаючи усе, що дає тварина. Найкращим матеріалом для підстилки є «очіс», тобто верхній моховий нерозкладений шар; але для цього придатний і землистий торф, якщо вкрити його невеликою кількістю соломи. Використання торф'яних просторів для культури найтісніше зв'язане з сортом торфу, з його хімічним складом з його фізичними властивостями.

Як ми вже бачили, запас поживних речовин у торфі дуже коливається. Найбільше торф містить азоту, якого у ньому буває до 3%. Найгірше на верхових мохових торфах з вапном, калієм і фосфорною кислотою. Потім чимало торфів виявляють значну кислотність, яка заважає не тільки зростанню рослин, але й переходу волокнистої торф'яної маси під впливом процесів розкладу в землистий торф. У зв'язку з цим після осушки торфовищ необхідні відповідні заходи хімізації, на кислих торфах — передусім вапнування. Щодо низових торфовищ, збагачених — принаймні в своїх нижніх і середніх частинах — вапном, то там треба спершу дізнатися, чи справді там необхідне вапнування. Взагалі ж низові торфовища менше потребують удобрення, ніж верхові мохові. Останнім часом розроблена ціла система методів окультурювання торфовищ.

Щодо торфовищ лісостепу і степу, що трапляються подекуди в заплавах рік, то властивості їх дуже відрізняються від північних торфовищ і потребують для використання розробки особливих

методів. Недостатня увага до цього в минулому і навіть у після-революційний період часто-густо приводила до сумних наслідків; це, зокрема, спостерігається після меліорації торфовищ, наприклад, у південній частині Полісся і лісостепу України, в Барабі (Західний Сибір). Тут внаслідок засоленості торфу після осушування вони іноді зазнають своєрідних змін, які приводять до утворення «торфосолонців» (Годлін). Як і при меліорації засолених ґрунтів звичайного типу, «мінеральних» солончаків, так і тут при осушуванні треба заздалегідь вживати відповідних заходів, щоб запобігти цим непередбаченим згубним наслідкам осушування болота. Заходи ці, як і в зазначеному випадку, мають полягати у введенні в ґрунт коагулятора — сполук кальцію — і в попередженні лужності (утворення соди) через гіпсування, а іноді, можливо, і кислування.

## ПОВІТРЯНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ

### Повітря в ґрунті

Ми уже згадували про те, що в ґрунті майже завжди міститься певна кількість повітря. Воно міститься в порах, у структурних грудочках, в увібраному стані; це — повітря, що ввібралося на поверхні ґрунтових часток.

Повітря у ґрунті має для сільськогосподарських рослин не менше значення, ніж вода, бо коріння їх для дихання потребує кисню. Ми тут говоримо про звичайні культурні рослини, бо різні види рослинності не в однаковій мірі потребують кисню. Рослини, наприклад, що ростуть на болотах, обходяться дуже незначною кількістю його в ґрунті. Водяні рослини відкритої води дістають кисень, що міститься в воді в розчиненому стані. Крім того, вони мають ходи (аеренхіма), які дають змогу повітрю проходити через листки в стебло й коріння. Звичайні культурні рослини, що в переважній більшості являють собою мезофіти, потребують для проростання свого насіння достатньої кількості повітря і провітрювання ґрунту. Це зв'язане не лише з потребою кисню, але й з чутливістю насіння і рослин до газів, що утворюються в ґрунті. Тут же в результаті процесів розкладу органічних речовин, дихання коренів і мікроорганізмів утворюється не тільки вуглекислота, але інколи й інші гази, не байдужі для рослин.

У різних рослин неоднакова чутливість до кисню в ґрунті або ж до наявності в ньому тих чи інших газів. Гречка далі росла в водних культурах, коли крізь воду пропускали азот замість кисню; проте пропускання вуглекислоти убивало рослину. Ячмінь, навпаки, був чутливий до нестачі кисню. Порушення повітряного режиму в ґрунті припиняло споживання рослиною води й мінеральних елементів і приводило до її загибелі. Хоч як потрібна рослині вода, але не в меншій мірі потрібне також і повітря, потрібна аерація (провітрювання), зміна повітря в ґрунті для постачання достатньої кількості кисню, а також для вилучення шкідливих газоподібних продуктів.

Останнім часом вияснилося, що коли немає аерації, то не лише зменшується всмоктування води корінням рослин, але й погіршуються умови засвоєння мінеральних поживних речовин. Потрібна для цього енергія забезпечується диханням коріння; корені окисляють продукти асиміляції, що надходять згори, причому виділяють не тільки  $\text{CO}_2$ , але й органічні кислоти (наприклад, яблучну). Тому не тільки в природних умовах заболочених ґрунтів, але й при надмірному зрошуванні, коли створюється зайве зволоження, рослини терплять від нестачі повітря в ґрунті, від зв'язаних з цим несприятливих умов для їх життя. Спостереження говорять про те, що коли надто сильно заливати бавовник під час зрошування, він втрачає свої діючі корінці, які знову розвиваються після спаду води. Так само й пшениця при зрошуванні дає максимум урожаю при двох поливах, третій же полив іноді приводить до зменшення урожаю.

Різні рослини споживають неоднакову кількість кисню. Кожний грам приросту сухої маси урожаю потребував щодня для гороху й кукурудзи 0,38—1,37 мг кисню — максимум потреби падає на період цвітіння. Тим-то питання про забезпечення коріння рослин киснем займає видатне місце насамперед в агротехніці районів надмірного зволоження або зрошуваного господарства. Проте й поза ними воно зовсім не знімається.

Усі ті несприятливі явища, про які ми говорили, розглядаючи водний режим ґрунту, шкідливо відбиваються і на повітряному режимі. Корка, що утворюється на глинистих і суглинкових ґрунтах, шкідлива не тільки тим, що не дає змоги засвоювати і зберігати воду в ґрунті, сприяючи втратам її, але також і тим, що утруднює провітрювання (аерацію) ґрунту.

Різні сільськогосподарські культури неоднаково впливають на аерацію ґрунту: одні з них сприяють їй, а інші, навпаки, шкодять.

В умовах зрошуваного господарства, наприклад, на рисових поливних плантаціях, велику роль у постачанні кисню поверхні рисових посівів відіграють зелені водорості, які вкривають цю поверхню, бо вони, як і всякі зелені рослини, вбираючи вуглекислоту, виділяють кисень. Велику роль у провітрюванні ґрунту відіграють ті великі ходи (червоточини, ходи коріння, нори дрібних тварин), по яких пересувається гравітаційна вода, а також тріщини, що утворюються в ґрунті при висиханні. Проте агрономічне значення цих тріщин невелике, бо вони утворюються під впливом такого пересихання ґрунту, яке уже давно шкодить культурним рослинам.

Крім вільного повітря, що міститься між частками ґрунту, як ми уже згадували, є повітря, увібране ґрунтовими колоїдами. Неувібране повітря за своїм складом мало відрізняється від надземної атмосфери (в ньому лише вуглекислоти замість 0,03% буває 0,25% і кисню 20,06% замість 20,96%). Склад цієї частини повітря досить несталий. Особливо міняється кількість кисню під час сильного розвитку кореневих систем рослин і бактеріальних процесів (нітрифікації). Увібране ж повітря — не вільне, зв'язане — складається головним чином із вуглекислоти й азоту і зовсім не має кисню (Рассель). Так само бідне на кисень і повітря всередині структурних зерен — грудочок (Вільямс). Якщо між частками й грудочками ґрунту є атмосфера, що мало відрізняється від надземної, то, як бачимо, повітря, зв'язане з ґрунтовими колоїдами і

ґрунтовими грудочками, структурними агрегатами, має зовсім інший склад. Кількість кисню в ґрунті тим менша, чим буйніша на ньому рослинність, чим інтенсивніше розвиваються в ґрунті мікробіологічні процеси, чим більше вони споживають кисню.

Киснем збагачують ґрунт і атмосферні опади, які приносять розчинений кисень; надмірна ж вологість ґрунту, навпаки, перешкоджає аерації.

Велике значення для повітряного режиму ґрунту мають темпи відновлення ґрунтового повітря, збагаченого вуглекислотою в результаті біологічних процесів, що відбуваються в ґрунті, і заміна його свіжим. При уповільненому відновленні за кілька днів ґрунтове повітря буде так змінене, що рослини почнуть терпіти від цього.

Наприклад, кубанський чорнозем має обмежений запас повітря: 8—10% на цілині, 20% — під хлібами, 24—28% — під сояшником і 32—34% — на парі (Шмук); у харківському чорноземі запас повітря коливається від 38% на пізньому парі до 52% на ранньому (Маслова). У неструктурних підзолистих суглинках Тімірязевської сільськогосподарської академії запас повітря коливається від 23% на клеверищі до 35% під картоплею, збільшуючись після переорювання до 41% і зменшуючись весною на зябі до 26% (Дояренко).

Обмін ґрунтового повітря і відновлення запасів у ньому кисню відбувається, як уже говорилося, за рахунок принесення його атмосферними опадами, в процесі дифузії, а особливо в результаті щоденних змін нагрівання й охолодження ґрунту. Внаслідок цього ґрунтове повітря то зменшується в об'ємі, і нові порції повітря заходять в нього із атмосфери, то розширяється при денному нагріванні і частина його виходить з ґрунту. Так само діють постійні зміни атмосферного тиску: при зменшенні тиску частина повітря виходить із ґрунту, при збільшенні його свіже повітря заходить у ґрунт («дихання» ґрунту).

### Водно-повітряний режим і структура ґрунту

Повітря й вода — найважливіші фактори життя рослин і ґрунтових мікробів. Проте при повному насиченні ґрунту повітрям (сухий ґрунт) виключається вода і, навпаки, повне насичення водою веде до витіснення із ґрунту повітря. Вода й повітря в такому разі — конкуренти, антагоністи (Вільямс). Тому дуже важливо розв'язати питання про те, яким же чином забезпечити ґрунту одночасно достатню кількість повітря, достатній газообмін ґрунту з атмосферою, з одного боку, і достатній запас води, з другого.

Тут перед нами два випадки: у неструктурних ґрунтах буде або тільки плівкова вода, недостатня для задоволення потреб рослини, або (при збільшенні кількості води) неминуче позначиться зменшення кількості повітря, утруднення газообміну і погіршення умов постачання корінням кисню. Якщо ґрунти добре забезпечені повітрям, то вони терпітимуть від нестачі води, бо пори майже

цілком будуть заповнені повітрям, а при достатньому вмісті води вони, навпаки, терпітимуть від нестачі повітря.

Тільки на структурних ґрунтах, де поверхневий шар (мова йде про зораний ґрунт) складається з структурних агрегатів, можна забезпечити обидва важливі фактори життя рослин. Структурний ґрунт під час дощу поводить себе як велетенська губка, вбираючи воду насамперед у структурні агрегати. Тільки після насичення їх водою будуть заповнені також і пори ґрунту. Крім того, із структурного верхнього шару надлишок води капілярними силами передається у щільніший нижчий горизонт. Таким чином, тут маємо оптимальне співвідношення води й повітря: ґрунтові агрегати — структурні зерна, грудочки — містять достатню кількість води, а між ними і ґрунтове повітря, насичене на 100% водяними парами. В цьому випадку забезпечено поєднання а е р о б н и х у м о в і а н а е р о б н и х: перші є в ґрунтових порах і на поверхні грудочок, а другі — всередині грудочок. Таке поєднання — одна із найважливіших ознак сприятливих агрономічних властивостей ґрунту (Вільямс). Очевидно, боротьба за повітряний режим у ґрунті в такій же мірі зв'язана з структурою ґрунту, як і боротьба за воду. Все, що сприяє створенню доброї структури ґрунту, допомагає нормально забезпечити його не тільки водою, але й повітрям.

### ТЕПЛОВІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ

#### Основи теплового режиму ґрунту

Живі організми, зв'язані з ґрунтом, існують у певних для кожного з них межах температури. Тому велике значення має придатність ґрунту для сільськогосподарських рослин і з цього погляду.

*Тепломісткість ґрунту, теплопровідність*, здатність швидко прогріватися навесні, охолоджуватися взимку, перегріватися влітку надзвичайно мінливі через мінливість самого ґрунту, як трифазної системи, де кожна із фаз має свої показники цих властивостей.

Так, найбільшу тепломісткість має вода (1,00); повітря — в чотири рази меншу (0,2375); так само й кварц (0,191), і глина (0,233), і перегній (0,477) потребують менше тепла для нагрівання, ніж вода.

Теплопровідність же води (0,00130) у 23 рази більша, ніж повітря (0,000056), у кварцу вона ще більша (0,016—0,26).

Тому всі зазначені теплові властивості ґрунтів міняються, головним чином, залежно від вологості ґрунту, тобто від співвідношення таких різних своїми тепловими властивостями фаз, як повітря, вода і мінеральна та органічна частина ґрунту.

Джерелом тепла у ґрунті є насамперед сонце, промені якого постачають ґрунтові тепло як безпосередньо, нагріваючи його,

так і посередньо, через зелені рослини, що використовують енергію сонячного променя.

У середніх широтах  $1 \text{ м}^2$  поверхні землі одержує за рахунок сонячної енергії 1456—2366 калорій за 182 дні літнього півріччя (Давид).

Від внутрішньої теплоти землі поверхневий шар ґрунту дістає тільки 54 калорії на  $1 \text{ м}^2$  — кількість, якої вистачає лише для того, щоб розтопити шар льоду у 6,8 мм завтовшки (Клосовський).

А що частина увібраного ґрунтом за літо тепла випромінюється назад, очевидно, що тепловий баланс при інших рівних умовах залежить і від характеру живого й мертвого покриву. Особливе значення має пухкий сніговий покрив, який захищає ґрунт взимку і зменшує втрати тепла. Так само діє й мертвий покрив (лісова підстилка, степова повсть, укриття ґрунту соломкою, торфом або іншим пухким матеріалом).

Залежно від наявності й характеру зимового покриву ґрунт може рік у рік нагромаджувати тепло або, навпаки, втрачати його. В останньому випадку у ґрунті настає постійна («вічна») мерзлота, глибина якої буває від кількох сантиметрів до багатьох сотень метрів.

«Вічна» мерзлота займає площу близько 10 мільйонів  $\text{км}^2$ , тобто 47% території Союзу. Межа її проходить від Білого моря до пересікання р. Єнісею з державним кордоном СРСР. Область суцільного поширення вічної мерзлоти — Сибір на північ від  $61$ — $62^\circ$  північної широти. На півдні ж вона стикається з островами, які заходять у Забайкалля і в Монголію.

У районах мерзлоти ґрунт улітку зверху відтає, утворюючи актинний шар. Глибина його різна — наприклад, на пісках о. Колгуєва вона була до 1,6 м, на глинистих ґрунтах тундри понад 1,0 м, і найменша на торфовищах — 42—53 см.

Нагрівання ґрунту залежить від його кольору, механічного складу, ступеню розпушеності, вологості: темні ґрунти нагріваються дужче, швидше охолоджуючись, ніж світлі; сухі — легше прогріваються, швидше холонуть, ніж вологі; вкриті рослинністю нагріваються повільніше, ніж оголені, зате й холонуть повільніше.

У практиці іноді ділять ґрунти на холодні й теплі. Холодні — це ґрунти глинисті й суглинисті, які дуже затримують у собі воду. А що теплоємність води велика, вони потребують великої кількості тепла для нагрівання. Теплі — маловологомісткі, піщані ґрунти. Звідси — загальновідоме явище: коли на піщаних ґрунтах навесні уже цвітуть квіти, літають комахи, уже можна проводити польові роботи, сіяти — навколо на підзолистих суглинках, на глинистих чорноземах тощо не тільки невиласна грязь, а часом ще лежить сніг. Весна настає неоднаковими темпами

на різних ґрунтах. На це обов'язково треба зважати, складаючи виробничі плани радгоспів, МТС і колгоспів. Польові роботи на піщаних і супіщаних ґрунтах можна починати на 7—15 днів раніше, ніж на решті території (залежно від клімату).

Так само дужче прогріваються ґрунти на схилах, обернених на південь, південний схід і південний захід, ніж на північних, північно-західних і північно-східних, і навіть дужче, ніж на рівних місцях. Це зрозуміло, бо південний схил дістає більше тепла, ніж інші. Нахил місцевості на південь тільки на  $1^\circ$  уже начебто пересуває даний пункт на один географічний градус південніше, тобто на 110 км на південь, північний же схил відповідно створює температурні умови більш північних районів.

У місцевостях же, розсічених глибокими річковими долинами, як, наприклад, у правобережному лісостепу України, умови нагрівання на різних елементах рельєфу дуже міняються. Найвищі температури можна спостерігати на південних схилах і в долинах, середні — на плато, на рівних вододільних просторах і найнижчі — на північних схилах. Так само і в Донбасі з його порівняно великими (до 200 м) амплітудами висот зв'язані й відповідні зміни клімату: у долинах весна настає раніше, і ґрунт прогрівається краще й більше, ніж на висотах. Те ж саме спостерігаємо на Середньоруській, Приволзькій і Придніпровській височинах тощо. Ще різкіше ці відмінні мікроклімату позначаються у гірських місцевостях.

З відмінністю температур ґрунту на різних елементах рельєфу зв'язана й різна його вологість: чим краще ґрунт прогрівається, тим легше він пересихає, і навпаки. Тим-то, дбаючи про збереження вологи в ґрунті, слід погоджувати агротехнічні заходи також і з механічним складом, структурою ґрунтів і рельєфом оброблюваної території. Описана нами відмінність має місце не тільки в умовах макрорельєфу, але й на різних елементах мікрорельєфу, тобто тих змін, які вимірюються у висоту небагатьма десятками сантиметрів, або навіть сантиметрами. Це — численні «блюдця», «поди», «подики», зниження хвилястого степу — низинки, на які така багата поверхня ґрунту у кожному районі.

### Замерзання і розмерзання ґрунту

Якщо різне нагрівання й висихання ґрунту має істотне значення для визначення початку польових робіт, для боротьби з літньою посухою, то замерзання і розмерзання ґрунту відіграє часом істотну роль серед факторів, які визначають перезимівлю озимих хлібів. Замерзання ґрунту відбувається, як показують спостереження Качинського, при температурі, трохи нижчій від  $0^\circ$ . Це й зрозуміло, коли згадаємо, що ґрунтова вода — не чиста

вода; навіть гравітаційна вода містить розчинені речовини і тому замерзає при температурі, трохи нижчій від 0°, інші ж форми води потребують ще нижчої температури для замерзання. Досліди з охолодженням води у тонких кварцових трубках різних діаметрів показали, що чим тонші були трубки, тим більше було зниження точки замерзання. Вплив діаметра трубок на температуру заморожування води в них показали досліди Боровик-Романової.

Вплив діаметра капілярів на замерзання в них води

Діаметр у міліметрах	1,57	0,24	0,16	0,06
Температура замерзання води в них	-6,4°	-13,3°	-14,6°	-18,4°

Аналогічні результати одержано в дослідах з підзолистим суглинком (табл. 30).

Таблиця 30

Замерзання води в підзолистому ґрунті залежно від вмісту води  
(за Лобановим)

	Орпий шар A <sub>1</sub>		Підзолистий горизонт A <sub>2</sub>		Ілювіальний горизонт B	
Вода (у процентах)	15,7	8,5	14,5	3,8	14,9	9,1
Депресія замерзання (градуси)	0,277	0,747	0,067	1,220	0,131	1,990

Звідси видно, що чим тонші частки ґрунту, тим менше в ньому води, чим міцніше вода зв'язана з ґрунтом, тим важче він замерзає.

Замерзання ґрунту проходить неоднаково на різних елементах мікрорельєфу. Так, наприклад, за дослідями Качинського, глибина промерзання ґрунту під Москвою у 1924 р. була така: у мікрозападинці — 5—12 см, на рівному місці — 28 см, на невеликих підвищеннях — 38 см. У зв'язку з ізолюючою дією торфу на болотах довго триває зимова мерзлота. Добрим захистом від промерзання ґрунту є сніговий покрив: чим він товщий, тим краще захищає ґрунт від коливань температури. Неоднаково промерзає ґрунт також під лісом і в полі. Ліс взагалі пом'якшує крайності погоди і температурні зміни в ґрунті; затримуючи вітер, він разом з тим зменшує перехід тепла з ґрунту в атмосферу. Ще дужче збільшує цей вплив лісова підстилка, яка вкриває ґрунт покривом більшим або меншим завтовшки. Тому під лісом інколи ґрунт зовсім не замерзає.

Розмерзання починається в лісі раніше, ніж у полі. Навіть в умовах Москви у лісі воно потроху починається вже в січні, а в полі — тільки в лютому. Цьому сприяє нагрівання і снігу, і поверхневого шару ґрунту від стовбурів дерев, освітлюваних соняч-

ним промінням. Такі особливості лісових ґрунтів обумовлюють повніше вбирання талої води в лісі, ніж у полі. Льодова корка затримує розмерзання ґрунту зверху. На нерівному грудкуватому мікрорельєфі розмерзання теж затримується, бо грудки холодають землю.

На умови замерзання ґрунту, тобто, правильніше, на замерзання води в ґрунті дуже впливає і будова ґрунтового профілю. Якщо на невеликій глибині є ущільнений ілювіальний горизонт, то, затримуючи з осені воду, він сприяє утворенню великої кількості льоду в горизонті, який лежить над ним. Так, Лебедев у 1929 р. на Ростовській дослідній станції описує таке співвідношення вмісту вологи у ґрунті на різних глибинах: у верхньому шарі волога дорівнювала лише 10%, тобто була нижча критичної вологості, дальший же шар являв собою мерзлу льодову масу, в якій були вміщені частки ґрунту. Це — те саме явище, що буває у лісотундрі і заважає просуванню лісу на північ, у край тундри, бо тут у деревця (як у нашої озимини) «голова — в вогні, а ноги — в льоду».

### Замерзання ґрунту і озимина

Очевидно, що в боротьбі за озимі хліба зазначені властивості ґрунту відіграють не останню роль, бо з ними зв'язане утворення льодової корки, вимокання, випрівання і інші шкідливі для озимини явища.

Характерно, що загибелі озимих на піщаних ґрунтах не спостерігалось. На чорноземах загибель бувала завжди менша, ніж на підзолистих ґрунтах, не кажучи вже про солонці. Отже, виходить, що всі заходи, спрямовані на поліпшення структури ґрунту, на покращання властивостей ґрунтового профілю, на усунення ущільненого горизонту — чи то природного, чи ілювію або ж «підшови» — усі вони, поліпшуючи водний режим ґрунту, разом з тим відбиваються і на тепловому режимі його і сприяють збереженню озимини.

У найнебезпечнішому становищі буває озимина у «блюдцях» і інших мікронизненнях на полі, де збирається вода після передвесняної відлиги, і льодова корка, вимокання, випрівання загрожують озимині загибеллю. Такі небезпечні ділянки треба наносити на план полів, щоб своєчасно з них спускати воду у канавки, вбирні ями і колодязі, а також утеплювати їх гноєм, солом'яною січкою тощо.

Таблиця 31

## Розчинність різних солей

На 100 г води	розчинилося солі в грамах	На 100 г води	розчинилося солі в грамах
NaCl	36	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	54
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	13 при 12—13°	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0,20 при 18°
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	16 при 15°	CaCO <sub>3</sub> розчинний залежно від вмісту CO <sub>2</sub>	
NaHCO <sub>3</sub>	9 при 15°	Ca(OH) <sub>2</sub>	0,165 при 20°
NaNO <sub>3</sub>	80 при 10°	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	0,001% у чистій воді

## ХІМІКО-БІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ У ҐРУНТІ

## ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ ДИНАМІКИ ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ

## Розчинність хімічних сполук

У ґрунті, який має певний механічний склад, певну будову профілю, певну структуру кожного з горизонтів, як ми вже бачили, створюється різне співвідношення між водою й повітрям, ті або інші температурні умови; ґрунт набуває більш-менш сприятливих механічних властивостей, які відбиваються на його обробітку. Все це має пряме і дуже істотне значення для агрономічних операцій і життя рослин. Не менше впливають на агрономічні властивості ґрунту і хімічні та мікробіологічні процеси, які в ньому відбуваються. На деяких з них ми вже зупинялися, коли говорили про явища вбирання в ґрунті.

Крім цих явищ, у ґрунтовому «тілі» під впливом процесів гідролізу цілий ряд речовин переходить із нерозчинного стану в розчинний. Так само діють на розчинність зміни реакції — рН.

Розчинність хімічних сполук у воді неоднакова, як це видно з таблиці 31. Алюмосилікати (ортоклаз, плагіоклази і інші) нерозчинні; під впливом факторів вивітрювання вони руйнуються і стають частково розчинними. Перехід хімічних сполук у розчинний стан має велике значення для живлення рослин, а, крім того, впливає і на самий ґрунт. Окремі хімічні речовини, утворені в ґрунті, діють одна на одну, причому можуть утворюватися сполуки, нерозчинні у воді. Так, наприклад, при взаємодії соди й гіпсу створюється вуглекислий кальцій, уже далеко менше розчинний, ніж гіпс.

При внесенні у ґрунт розчинних фосфатів, внаслідок взаємодії їх із вміщеними у ґрунті сполуками кальцію, алюмінію й заліза, вони переходять у менш розчинну і менш доступну рослинам форму. Проте буває і навпаки: під впливом утворених у ґрунті кислот, зокрема вугільної кислоти, а також органічних кислот, які виникають внаслідок розкладу гною, органічних решток, гумусу, під впливом процесу нітрифікації відбувається розчинення важкорозчинних речовин (наприклад, фосфориту).

## Процеси окислення й розкислення (відновлення) у ґрунті

Крім процесів розчинення і осаджування, під впливом зміни рН, при різному доступі повітря у ґрунт і змінах умов аерації в ньому відбуваються також процеси окислення й розкислення.

Явища окислення й розкислення (відновлення) — це не тільки приєднання і втрата кисню  $\text{Fe} + \text{O} \rightarrow \text{FeO}$ ;  $2\text{FeO} + \text{O} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{H} \rightarrow 2\text{FeO} + \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{FeO} + 2\text{H} \rightarrow \text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$ .

Це — і втрата і приєднання водню:  $\text{H}_2\text{S} + \text{O} \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}$ .

Це — і втрата і приєднання електронів:

$\text{Fe}$  мінус 2 електрони  $\rightarrow \text{Fe}^{++}$  мінус 1 електрон  $\rightarrow \text{Fe}^{+++}$ ;  $\text{Fe}^{+++} + 1$  електрон  $\rightarrow \text{Fe}^{++}$ ;  $\text{Fe}^{++} + 2$  електрони  $\rightarrow \text{Fe}$ .

Сполуки, які трапляються у різних ступенях окисленості, чутливо реагують на всі зміни повітряного режиму, на зміни аерації ґрунту. Це стосується не тільки мінеральних сполук, а й органічних. Так, наприклад, легко показати, що торф, уміщений у лужне середовище, сильно вбирає кисень повітря; щождо мінеральних сполук у ґрунті, то сполуки азоту, фосфору, заліза і марганцю дуже змінюються залежно від ступеню аерації ґрунту. Ступінь окислення розчинів визначається за допомогою «редокс-потенціалу» — Eh.

Залізо при доступі кисню дає окислені сполуки тривалентного заліза, якщо ж доступ повітря недостатній, виникають сполуки двовалентного заліза як у розчині у вигляді  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$  і  $\text{FeSO}_4$ , так і в увібраному стані. Ці зміни легко простежити на профілі болотного торф'янистого ґрунту, де знизу маємо сизувату (а часом синю) масу нижнього горизонту; якщо на зразок такого ґрунту капнути розчином так званої червоної кров'яної солі  $[\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , то дістанемо інтенсивне сине забарвлення (турнбулева синь) — ознака того, що тут є катіон двовалентного заліза. У цій сизій масі і над нею часто-густо бувають бурі прожилки й прошарки окису заліза, які відзначають місця, куди, переважно ходами коренів, надходило повітря. Часто такі цілі прошарки залізної охри бувають на межі мінерального ґрунту й торфу (охристий торф).

Зміни форм заліза легко спостерігати навесні у річкових долинах. В цей час тут у всіх маленьких джерельцях, у всіх канавах у воді можна виявити, з допомогою зазначеної вище реакції, присутність закисного заліза. Це залізо винесене з ґрунту переважно у двовуглекислій формі (гідрокарбонат —  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ ). Незабаром на поверхні всіх калюжок і канав виникає плівка гідрату окису заліза, яка відблискує всіма кольорами радуги. Далі цей окис заліза осідає на листках водяних рослин і на дні канав і калюжок. Це значить, що розчинна сполука закису заліза перейшла в окисну форму. Цей процес відбувається з допомогою залізобактерій.

Те саме явище можна спостерігати і в іншій формі. Там, де вода весною не виходить на поверхню, а підіймається капілярними токами і приносить з собою розчинні сполуки  $\text{Fe}^{2+}$ , вона, підіймаючись до тієї глибини, де починається уже проникання атмосферного повітря в ґрунт, сприяє утворенню саме в цьому пограничному шарі багатьох відкладів окису заліза, часто в формі щільних кам'янистих прошарків, так званого *рудяку* (жорстви або ортштейна). Останній, відкладаючись на невеликій глибині біля підніжжя схилів, у притерасній, периферійній частині боліт і на луках, шкідливо впливає на ріст рослин, на посіви, особливо ж на деревні посадки, в тому числі і на сади, бо обумовлює заморкання коренів деревних рослин і не дає змоги їм проникати вглиб.

У лісівницькій практиці відомі випадки, коли утворення такого ортштейна не давало змоги одержати на пісках добрі насадження сосни. Такі випадки описав для північної Німеччини Раманн.

Очевидно, боротьбу з таким ортштейном треба вести не тільки механічним способом. Слід, з одного боку, проламати утворюваний твердий шар, винести його на поверхню, перемішавши з верхніми горизонтами, закріпити його з допомогою коагулятора — вапна; з другого боку, треба перехопити підземні течії води, які є як джерелом сполук заліза, що цементують ґрунт, так і причиною надмірного зволоження.

Крім заліза, таким же мінливим у своїй рухливості є й марганець. Його сполуки так само бувають то нерозчинні — при вищих ступенях окисленості ( $\text{MnO}_2$ ), то розчинні — при нижчих. Як і для заліза, це буде сульфат —  $\text{MnSO}_4$  і гідрокарбонат марганцю —  $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$ . Нерозчинні сполуки тривалентного заліза, яке дає осади у вигляді гідроксидів з більшим або меншим вмістом води,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ; для марганцю нерозчинні водні сполуки перекису марганцю  $\text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (чорного кольору).

Розчинні сполуки заліза й марганцю  $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$  стають здобиччю залізобактерій (*Crenothrix*, *Leptothrix*, *Bacterium manganicum*), які переводять їх у вищі окислені форми і внаслідок цього процесу дістають потрібну їм енергію. У зв'язку з цим у підзолистих ґрунтах, а також у ґрунтах, перехідних до болотних, у тому

числі в ґрунтах знижень не тільки підзолистої, але й чорноземної зони (у подах Півдня) ми знаходимо в поверхневих шарах своєрідні стягнення — конкреції, у розломі яких видно чергування чорного кольору — кольору перекису марганцю і бурого — кольору окису заліза. Ці стягнення утворилися від переходу закисних сполук заліза й марганцю в окисну форму і в форму перекису внаслідок життєдіяльності бактерій. Те ж саме спостерігаємо і в водопровідних трубах, інколи заповнених драглистим бурим осадом гідрату окису заліза. Таке походження болотних руд, таке ж у минулому походження нікопольських (Україна), чіатурських (Грузія) і інших марганцевих покладів.

Факторами, які переводять залізо й марганець у розчинну форму, віднімають від них кисень (прямо або з участю бактерій), є органічні речовини ґрунту. Найповніше перехід заліза й марганцю у менш окислені розчинні сполуки відбуваються в анаеробних умовах болота й дна водойм; те ж буває і в нормальних орних ґрунтах, навіть у чорноземах, де анаеробні і аеробні умови міняються протягом року. Якби цього не було, якби ці елементи не переходили у розчинні форми під впливом розкислення і дії кислот, то наші рослини терпіли б від нестачі їх.

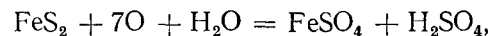
Але залізо й марганець не стоять ще в центрі нашої уваги у питаннях хімізації. Не звертають достатньої уваги і на забезпечення рослин сіркою, як поживним елементом. А проте цілий ряд рослин, як, наприклад, бобові, хрестоцвіті і деякі технічні рослини споживають сірки не менше, ніж фосфору.

### Сірка у ґрунті

Першоджерело сірки — земна кора, де її міститься 0,06%. Рослини сприяють нагромадженню сірки в верхніх шарах ґрунту, так само як і інших біологічно важливих елементів. Сірка входить до складу білків — невід'ємної частини організмів. Коли білки розкладаються, доля сірки буває неоднакова: якщо розклад відбувається в аеробних умовах, то вся сірка цілком переходить у форму сульфатів, а при анаеробному розкладі — в форму сульфідів, тобто похідних сірководню —  $\text{FeS}$ ,  $\text{FeS}_2$  і  $\text{CaS}$ . Якщо органічна маса гние без доступу повітря і не вистачає основ для зв'язування сірководню, то він виділяється у вільному стані, в чому легко переконатися, ткнувши палицею в болото (особливо в болото на піску). В цьому разі чути різкий запах  $\text{H}_2\text{S}$ , який нагадує запах тухлого яйця. В зв'язку з цими змінами форм сполук сірки в болотних ґрунтах, у торфах і кам'яному вугіллі іноді утворюється значне скупчення  $\text{FeS}_2$  (пірит, марказит, гідротроїліт — гідрат  $\text{FeS}_2$ ), який відіграє велику роль у динаміці болотного ґрунту, особливо після його осушування.



У воді  $\text{FeS}_2$  нерозчинний, але якщо, провівши дренажні канали, знизити рівень ґрунтової води в болоті, відкривши, таким чином, доступ повітря, ця сполука швидко починає окислятися:



причому вміщена в піриті сірка переходить у форму сірчаної кислоти, а залізо — в гідрат окису. Тому часто буває, що на таких ґрунтах після осушування мають несподіваний результат: вони стають зовсім неродючими, не даючи навіть тієї низької якості трави, що росла на них до осушування. В такому випадку треба заздалегідь знати, чи є в ґрунті це джерело можливої кислотності, і спершу подбати про внесення в ґрунт достатньої кількості вапна. А дізнатися про це легко: треба лише взяти пробу ґрунту в пробірку і прилити туди трохи розведеної соляної кислоти. Тоді міцний запах сірководню вкаже на потребу вжити відповідних заходів. Як зазначено вище, цю можливу на заболочених ґрунтах кислотність можна використати, якщо внести в такий ґрунт фосфорит, який тут зазнає розчинної дії сірчаної кислоти і, таким чином, дасть більш розчинну, ніж у фосфориті, фосфорну кислоту.

### Азот і фосфор у ґрунті

Істотне значення має динаміка азоту й фосфору в ґрунті. Але вони, як відомо, зв'язані з органічними речовинами ґрунту — з його гумусом; тому буде зручніше розглянути всі питання, що їх стосуються, після ознайомлення з процесами утворення гумусу і розкладу органічних речовин у ґрунті.

### Кальцій і магній у ґрунті

Крім увібраного кальцію і магнію, з якими ми познайомилися вище, у ґрунті ці елементи містяться в формі алюмосилікатів, що належать до ядра ґрунтової міцели, а також до невивітрених скалок первинних мінералів. На певній глибині скупчується карбонатний кальцій ( $\text{CaCO}_3$ ), звичайно вимитий із верхніх горизонтів гавіть у чорноземі; верхні ж горизонти ґрунтів рідше містять вуглекислий кальцій. Нарешті, в чорноземах півдня і південного сходу СРСР на глибині 1,5 — 2 м скупчується гіпс; у посушливіших умовах він підходить ближче до поверхні і в пустині утворює на поверхні гіпсову корку. Крім того, в результаті нітрифікації за рахунок увібраного кальцію утворюється вапняна селітра —  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ . На деяких солончаках трапляється хлористий кальцій.

Натрій у ґрунті можна знайти як увібраний, так і в вигляді силікатних сполук, нітратів, карбонатів, сульфатів і хлоридів,

причому звичайним фактором засолення ґрунту є саме сполуки натрію.

Про калій можна сказати лише те, що за рідким винятком він буває, головним чином, у ядрі колоїдної міцели. Щодо мікроелементів, які подібуються в рослинах (В, Со, Си і інші), то про них ми не говоритимемо з огляду на обмеженість відомостей про вміст їх у ґрунті.

### ГУМУС (ПЕРЕГНІЙ)

Однією із найважливіших складових частин ґрунту, що відрізняє його від мінеральної породи, є органічна речовина, яка вигоряє під час прожарювання ґрунту — гумус. Його можна вилучити ще й іншим способом, з допомогою різних реактивів, що окислюють органічні речовини, наприклад, з допомогою перекису водню, зручного, зокрема, тим, що, розкладаючись, він не лишає ніякого твердого осаду.

Головні форми органічних складових частин ґрунту такі: одні з них, що зберігають зовнішній вигляд рослинних тканин, від яких вони пішли, знаходимо в торфі; інші ж, аморфні, нічим не видають свого походження від тих чи інших рослин (землистий торф, гумус лучних ґрунтів, чорнозему і інші).

Маса органічної речовини або залягає на поверхні ґрунту (торф), або ж, навпаки, органічна речовина найтісніше зв'язана з мінеральною частиною ґрунту, рівномірно розподіляючись у її масі, як, наприклад, у чорноземах, лучних ґрунтах і, нарешті, в городніх ґрунтах, приготовлених штучним способом.

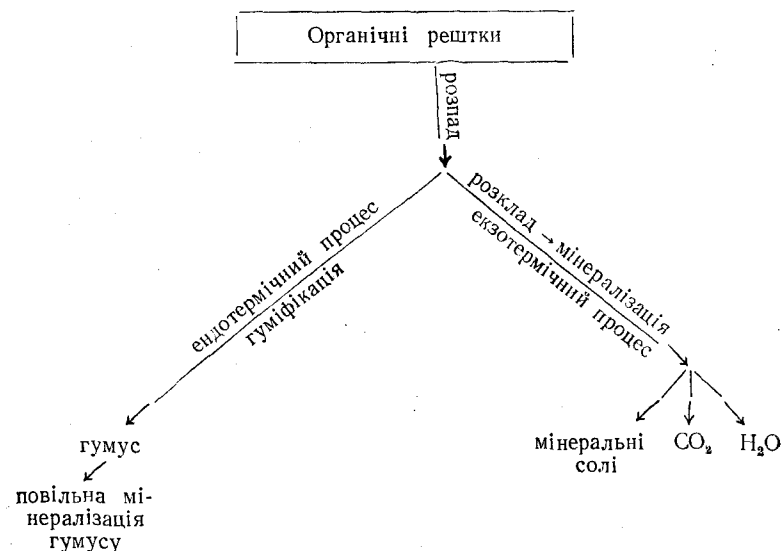
Утворення гумусу (перегною) зв'язано з процесами нагромадження, розкладу і перетворень органічних решток у ґрунті. Воно залежить, з одного боку, від розвитку рослинного покриву, що дає органічну масу як на поверхні ґрунту (наземний урожай), так і під нею (коренева система), а з другого — від діяльності нижчих безхлорофільних організмів (бактерій і грибів), що розкладають цю масу і синтезують нову органічну речовину, і, нарешті, від реакцій перетворення продуктів розкладу і нового синтезу (полімеризація і конденсація їх).

У руйнуванні рослинних решток значну роль відіграють також і тварини, починаючи з одноклітинних (протозоа), черв'яків, комах і кінчаючи хребетними (миші, кроти, сліпці, ховрахи, байбаки тощо).

Раніше гумус вважали продуктом розкладу. Проте це, як виявилось, неправильно. Справді, в процесі розкладу утворюються чимраз простіші сполуки, тимчасом гумус за своєю хімічною будовою складніший, ніж навіть такі складні тіла, як білки (Вільямс).

Крім того, розклад (тління, гниття) відбувається з виділенням тепла (екзотермічний процес), тоді як гумус — так само, як і кам'яне вугілля, — являючи найстійкішу форму існування органічної речовини (Коссович), є ендотермічною системою, акумулятором енергії.

Утворення гумусу (гуміфікація) потребує особливих умов і відбувається паралельно з процесами розкладу і мінералізації органічних решток. Це показано в такій схемі:



Серед зелених рослин, що створюють органічну речовину, різну роль в утворенні гумусу відіграють деревні (лісові) і трав'янисті (степові і лучні) формації. Кількість і якість одержуваних від них решток такі неоднакові, хід розкладу тих і інших такий відмінний, що в утворенні гумусу роль їх, як виявляється, далеко неоднакова. Зелені рослини утворюють запаси органічної речовини на ґрунті і в самому ґрунті від надземних і підземних органів рослин.

Різні рослинні рештки розкладаються з різною швидкістю — чим багатші вони азотом, тим швидше відбувається розклад.

Так само по-різному іде й гуміфікація (Кононова). Наприклад, для листя конюшини вона починається з побуріння, що настає через 3—4 дні після відмирання під впливом окисних ферментів тканин листка, а також і цвілі.

В наступні 7—8 днів у листках бурхливо розвиваються бактерії і найпростіші, які спершу заповнюють клітини; потім слиzysta бактеріальна маса, гинучи, перетворюється на буру рідину.

Гуміфікація рослинних решток (Кононова)

Таблиця 32

	Листки конюшини	Коріння конюшини, люцерни	Коріння пирію	Коріння житняку	Листки ліщини	Глици сосни
Швидкість гуміфікації в днях						
Початок помітних змін рослинних решток . . . . .	2—4	5—8	20—30	20—25	5—8	30—35
Поява гумусових речовин . . . . .	14—20	60—75	180—200	180—200	25—30	120—180
Вихід гумусу в процентах від вихідного матеріалу						
Через один місяць	30	30	86	—	48	—
Через два місяці	30	—	90	—	53	74

Від співвідношення процесів розкладу і гуміфікації залежить більший або менший вміст гумусу в ґрунті. Як видно, роль злаків і бобових тут різна: рештки бобових швидше розкладаються, коріння злаків — повільніше і більше дає гумусу.

Деревна рослинність, за вказівками Вільямса, має досить рідку кореневу систему і тому не дає тих скупчень органічних решток у ґрунті, які потрібні для утворення гумусу. А трав'яниста рослинність дає наче перекинутий конус, якщо кореневу систему трав'янистої рослини нанести на графік, де шар за шаром буде нанесена кількість кореневої маси в різних горизонтах ґрунту; тоді виявиться, що у величезної більшості трав'яних рослин найбільша кількість коріння скупчується в верхньому горизонті, а далі вниз матимемо досить швидке їх зменшення. У трав'яних формацій степу й лісостепу маса підземної частини перебільшує надземну в 5—10 разів (Шалит); у деревних це співвідношення набагато менше (15—20% надземної маси).

Властивості ґрунту також виявляють іноді вирішальний вплив на розподіл коріння. Наприклад, лісівникам відомі випадки, коли в бідному на поживні речовини опідзоленому горизонті бокове коріння дерев не розвивається, зате глибше, в ілювіальному, збагаченому елементами живлення, утворюється густа їх сітка.

Якщо підрахувати масу органічної речовини, яку лишає щороку на поверхні ґрунту лісова й степова рослинність, то виявиться, що на гектар лісової площі щороку падає 30—40 ц листя, глици, суччя тощо. У південних цілинних степах урожай сіна звичайно не перебільшує 5—6 ц, а в північній частині степової смуги 10—12 ц. Вага надземної частини рослин становить від 10 до 20—30 ц на гектар.

Здавалося б, що лісова рослинність повинна була б сприяти далеко більшому нагромадженню гумусу в ґрунті, ніж степова,

а тимчасом лісові ґрунти, як правило, значно світліші від степових і містять у собі (в північній підзолистій зоні) вдвічі-втричі менше гумусу, ніж степові; навіть лісової підстилки у північних лісах скупчується не більше 160 ц на гектар, а в південних лісах ще менше. Крім того, в степу, де не пасуть, можна бачити на поверхні ґрунту нерозкладені рослинні рештки — степову повсть, що дає іноді до 15—30 ц, а під трав'яними формаціями лісостепу — навіть до 80 ц (Шалит) на гектар. Таким чином, утворюється певний розрив між кількістю органічних решток, які дають ліс і степ, і вмістом гумусу в їх ґрунтах.

З другого боку, на болотах бачимо на поверхні землі масу торфу, часто в кілька метрів завтовшки — тисячі центнерів органічної речовини, що скупчується на поверхні мінерального ґрунту.

Очевидно, різна кількість утворюваного в ґрунті гумусу залежить не лише від кількості органічних решток, що йдуть на його утворення, але, без сумніву, і від їх якості, від умов середовища, від напрямку, темпів і розміру розкладу, якого зазнають ці органічні рештки. Чим більше утворюється цих органічних решток, чим слабніше відбувається мінералізація, тим більше утворюється й гумусу. Ці відмінності в темпах розкладу решток організмів обумовлені як неоднаковою якістю матеріалу, так і різними умовами, в яких він розкладається.

Якість матеріалу, що дає ліс, інша, ніж у степу або на луках. Деревні рослини містять у своїх тканинах, у своїх органах значну кількість речовин (дубильних речовин, смоляних і інших кислот), які не дають змоги бактеріям чинити свою руйнівну роботу. Тому першим фактором руйнування решток деревної рослинності є гриби, що пронизують своєю грибницею не тільки лісову підстилку, яку вони зв'язують у досить щільну масу, але й деревину. Тільки після того, як згадані кислоти знищені дією грибів, на сцену виходять бактерії.

Переробка відмерлих частин рослин відбувається із зменшенням їх маси, що видно, наприклад, з тих куп листя, які нагрібають у садах і парках восени: через рік ці купи дуже зменшуються у своєму об'ємі і масі внаслідок розкладу. Так само, якщо навесні у лісі обережно підняти підстилку, то під ще незачепленим розкладом торішнім листям побачимо поїдене старіше листя. Це — робота численних черв'яків, личинок жуків, пильщиків, мух тощо, які живляться цим старим листям. Темпи роботи дрібних безхребетних тварин видно з досліду Анрі, який обчислив, що за 10 місяців черв'яки знищують 0,1 усього матеріалу, який потрапив у землю. Склад матеріалу, що пройшов крізь кишковий тракт черв'яка, вже відмінний від складу тієї землі, яку він ковтає; мінеральні сполуки стають більш розчинними, ґрунт стає пухкішим.

Черв'яки, насамперед, проводять механічну роботу, роздрібнюючи і пропускаючи увесь органічний матеріал крізь свій киш-

ковий тракт. Крім того, змочуючи матеріал своїми травними соками, вони роблять його більш доступним для роботи мікроорганізмів. Звичайно самі черв'яки, як і комахи, дуже реагують на властивості ґрунту. У кислих ґрунтах кількість їх різко зменшується.

### ✓ Нижчі організми і розклад органічних решток

Основна роль у розкладі органічних решток належить нижчим рослинним організмам — грибам і бактеріям. Бактерії живуть у ґрунті на поверхні його колоїдних часток, на рештках рослин і тварин, використовуючи їх як поживне середовище.

Кількість мікроорганізмів, які містяться в ґрунті, обчислюється мільйонами і мільярдами на 1 г ґрунту. Це значить, що більша частина об'єму пор між частками ґрунту зайнята бактеріями і грибами. Загальна кількість мікроорганізмів у різних ґрунтах характеризується такими цифрами в мільйонах на 1 г (Германов):

чорнозем Носівської дослідної станції Чернігівської області . . . . .	450	} на 1 г ґрунту
лісовий ґрунт з-під Саратова . . . . .	2897	
каштановий ґрунт . . . . .	1544	
піщаний ґрунт . . . . .	970	
деградований чорнозем Шатилівської дослідної станції . . . . .	1200	

Цілком очевидно, що коли б мікроорганізми, розкладаючи органічні речовини, доводили свою роботу до кінця, гумусу в ґрунті не було б. Цього звичайно не буває, бо гумус — не просто результат розкладу, а продукт складних синтетичних процесів. Проте і утворення і закріплення гумусу в ґрунті потребує насичення його кальцієм. Робота мікроорганізмів відбувається різними темпами і дає різні результати залежно від умов середовища. Для мікроорганізмів насамперед потрібна вологість ґрунту. В сухому ґрунті розклад не відбувається. Крім того, як і всякі життєві явища, життєдіяльність мікроорганізмів проходить в певних температурних межах, починаючись здебільшого при температурі близько 0° і доходячи до верхньої межі при температурі в кілька десятків градусів. Небагато які мікроорганізми — термофільні бактерії переносять температуру 60—70°, але спори мікробів значно стійкіші і гинуть тільки після тривалого кип'ятіння. Для кожного мікроорганізму є свої певні температурні межі життя, свій мінімум, при якому тільки починається робота мікробів, свій максимум, вище якого вона не йде, і свій оптимум, при якому вона досягає найбільших розмірів. Низькі температури мікроби переносять легше, ніж високі. Про роботу мікроорганізмів при температурах трохи вищих від нуля градусів ми дізнаємося з того запаху, який

виникає під час відлиг на неохайно утримуваних дворах і вулицях. Температурні ж оптимуми більшості мікробів, що живуть на розкладених матеріалах, лежать між 20—30°. Ця залежність наведена в таблиці 33, де показником розкладу є вуглекислота, що виділяється з органічних речовин.

Таблиця 33

Розклад свіжого березового листа (кількість виділеної CO<sub>2</sub> в міліграмах на 100 г листа)  
(за Костичевим)

Температура °C	Вологість в процентах				
	78,9	64,1	38,7	11,7	3,6
0—5	195	209	225	4,3	0
17	379	345	518	2,3	0
35	1491	1544	1502	12,2	0
50	519	549	554	38	6
65	382	396	413	66	10

Розклад свіжого сіна

Температура °C	Вологість в процентах			
	72,7	60,3	45,5	10,4
0—5	189	—	235	24
19	428	552	421	10
37	4268	3355	3736	19
50	3192	2718	1826	16

Розклад свіжої ялинової глиці

Температура °C	Вологість в процентах			
	63,0	52,2	27,0	6,3
0—5	99	75	36	2
20	184	129	231	3
35	374	401	331	4
48	785	644	750	6

Як видно, для роботи мікробів потрібне певне поєднання температури й вологості. При збільшенні температури вище 50—60° вуглекислота уже виділяється за рахунок хімічних процесів окислення, без участі організмів (крім термофільних бактерій).

Крім води й тепла, мікроорганізми вимагають також наявності поживних речовин — не тільки органічних матеріалів \*, але й мінеральних сполук, без яких вони не розмножуються, не виконують своєї роботи. Це видно, наприклад, із даних аналізу азотобактеру, в сухій речовині якого міститься 11,3% азоту, 4,9% фосфорної кислоти, 0,29% сірчаної кислоти, 0,84% окису калію, 0,07% окису натрію, 0,82% окису магнію і 0,84% окису кальцію. Тому нагромадження на поверхні ґрунту нерозкладених органічних решток спостерігається і на бідних поживними речовинами піщаних ґрунтах (сухі бори, верещатники). Крім того, на життя й роботу мікроорганізмів дуже впливає реакція середовища. Як уже було сказано, різні нижчі організми неоднаково реагують на реакцію середовища, тобто на концентрацію водневих іонів [H], на його pH.

pH — мірло ґрунтової кислотності і лужності, тобто реакції ґрунту. Як відомо, реакція кожного розчину залежить від того, чого в ньому більше — іонів H<sup>+</sup> чи OH<sup>-</sup>. У чистій воді і тих і тих — однаково. Якщо говорити про зовсім чисту воду, то в 1 л її міститься 10<sup>-7</sup> іонів H<sup>+</sup> або стільки ж грам-еквівалентів його, стільки ж міститься й еквівалентів OH<sup>-</sup>-іона. Тим-то цьому співвідношенню відповідає нейтральна реакція. Якщо H<sup>+</sup>-іона містиметься, скажімо, 10<sup>-5</sup>, то це означатиме, що відповідно зменшилася кількість OH<sup>-</sup>-іонів, яка становитиме 10<sup>-9</sup>. Коли, наприклад, взяти 0,1 н. розчин сильної кислоти (скажімо, HCl), то в 1 л його буде приблизно 0,1 (точніше 0,084), або 10<sup>-1</sup> еквівалентів водневого іона і 10<sup>-13</sup> OH<sup>-</sup>-іона. Навпаки, в 0,1 н. розчині лугу матимемо тільки 8,6 · 10<sup>-13</sup> грам-еквівалентів H<sup>+</sup>-іона. Між цими концентраціями і коливаються зміни H<sup>+</sup>-іона для нормальних розчинів сильних кислот і лугів. Очевидно, тут будуть усі величини, починаючи від 0 до 14 для показників ступеню концентрації водневого іона.

Доводиться говорити про концентрацію іона водню, бо існують кислоти сильні й слабкі, і якщо визначати вміст кислоти звичайним способом — способом титрування, то й сильна кислота, наприклад, сірчана або соляна, і слаба кислота — оцтова, молочна тощо — потребують для нейтралізації 100 куб. см нормального розчину кислоти однакової кількості лугу; а з досвіду відомо, що сила цих кислот далеко неоднакова, тим-то мірилом дійсної актуальної кислотності є не абсолютний вміст кислоти, а та її частина, яка розпадається на іони, яка дає при цьому H<sup>+</sup>-іон. Отже, концентрація у розчині H<sup>+</sup>-іона є показником тієї реальної кислотності, яка впливає і на мікроорганізми, і на рослину, і на тварину.

Якщо підійти з цього погляду до сильних і слабких кислот, то виявляється, що, наприклад, у нормальному розчині соляної кислоти вона на 80% розпадається на іони, тобто на літр такої кислоти припадає 0,8 г водневого іона; у 0,001 н. розчині міститься 9,7 · 10<sup>-4</sup> г водневого іона; інакше кажучи, розведені розчини сильних кислот майже повністю розпадаються на іони. Якщо ж узяти оцтову кислоту, то в нормальному розчині її міститься тільки 4,3 · 10<sup>-3</sup> г H<sup>+</sup>-іона. Отже, виявляється, що якби ми визначали дійсну кислотність, актуальну кислотність з вагового вмісту кислоти у нашому розчині, то неминуче зробили б помилку. У кожному розчині є й молекули, що розпалися, і іони OH<sup>-</sup> і іони H<sup>+</sup> у різному співвідношенні, причому концентрація цих іонів коливається між грам-еквівалентом і 10<sup>-14</sup> грам-еквівалентів на літр розчину. Додавши до чистої води (де концентрація обох іонів дорівнює 10<sup>-7</sup> для кожного

\* Близько 20—25% розкладеної органічної речовини йде на побудову тіла мікробів; вся остання кількість витрачається на потрібну їм енергію.

з них) деяку кількість кислоти, ми тим самим збільшимо концентрацію водневих іонів і зменшимо кількість гідроксильних іонів.

Щоб уникнути складних обчислень з дробовими показниками, було запропоновано перейти до показників кислотності, які міняються в арифметичній прогресії разом із змінами концентрації у 10, 100, 1000 разів. Для цього логарифмують величину, яка показує концентрацію іонів  $H^+$ , і беруть добуте число з оберненим знаком. Це число позначається як рН. Отже, остання величина являє собою від'ємний логарифм концентрації водневих іонів — показник водневих іонів. Очевидно, що чим менша ця величина, тим вища кислотність і навпаки. Для розчинів зв'язок між концентрацією водневих або, навпаки, гідроксильних іонів і величиною рН бачимо з таких цифр (табл. 34).

Таблиця 34

Співвідношення між концентрацією водневих або гідроксильних іонів і рН середовища

[OH]	$10^{-14}$	$10^{-13}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-1}$	$10^0$
pH	0	1	5	6	7	8	9	13	14
[H]	$10^0$	$10^{-1}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$	$10^{-13}$	$10^{-14}$
Реакція середовища	Сильнокисла	Слабокисла	Нейтральна	Слаболужна	Сильнолужна				

Тут ми маємо своєрідні «градуси» для виміру кислотності, які дуже полегшують усі обчислення в цій справі і відразу ж дають можливість визначити в ґрунтового розчині ту чи іншу концентрацію водневого іона.

Ряд явищ, зв'язаних з дефектами ґрунту (наприклад, недостатній розвиток нітрифікації і зв'язування атмосферного азоту, або росту бобових рослин), безпосередньо обумовлюється занадто низькою або занадто високою величиною рН. Проте ці градуси кислотності дають уявлення лише про один фактор, тимчасом як родючість ґрунту залежить від цілого комплексу умов. Наприклад, виявилось, що при достатньому вмісті вапна в ґрунті (іон  $Ca$ ) рослини переносять значно більшу кислотність ніж без нього, коли можлива поява рухомого алюмінію, токсичного для сільськогосподарських рослин.

По-різному відносяться до реакції ґрунту (до рН) як вищі рослини, так і мікроби. Ось приклади відношення різних мікроорганізмів до рН середовища:

	Мінімум рН	Оптимум рН	Максимум рН
Кишкова паличка . . . . .	4,4	6,5	7,8
Нітробактер . . . . .	6,5	7,2	7,8
Азотобактер . . . . .	—	7,5	—
Бульбочкова бактерія люцерни . . . . .	5,0	—	—
Бульбочкова бактерія люпину . . . . .	3,2	—	—
Дріжджі . . . . .	—	3—6	—
Бацили холери і дизентерії . . . . .	—	6—8	—

Крім того, межу розмноженню і роботі мікроорганізмів ставлять виділювані ними ж самими продукти, які отруюють середовище, у якому вони перебувають, а також речовини, виділювані корінням рослин.

Мікроорганізмам, які «спалюють» органічну речовину, потрібен для цього процесу кисень. Щодо цього фактору мікроорганізми діляться на дві основні групи: аероби, яким для розвитку потрібна достатня кількість кисню, і анаероби, які обходяться без вільного кисню, використовуючи його зв'язані форми (з селітри, з солей сірчаної кислоти, з окисів заліза й марганцю).

Явище горіння за рахунок зв'язаного кисню можна показати таким дослідом: якщо розтопити у пробірці звичайну натрієву селітру і опустити туди тліючу лучинку, вона дає ясне полум'я, незважаючи на те, що ізольована від атмосферного кисню. Ще один приклад. Відомо, що залізо у вологій атмосфері іржавіє, якщо ж вмістити іржаву річ в органічну речовину, яка розкладається, і припинити доступ повітря, то іржа зникне. Наприклад, залізні ланцюги і якорі, які були у мулі на дні водойм, не тільки не поржавіли, а навпаки — втратили іржу. Кисень іржі тут споживають анаеробні мікроби, які живуть у мулі.

Засолення й заболочення затримують розвиток бактерій. Зрошення ґрунтів сухих областей збільшує кількість їх у ґрунті. Низька температура ґрунтів тундри пригнічує розвиток мікробів. Отоплення їх викликає різкий розвиток мікробного населення.

Ось сполучення усіх зазначених факторів, які діють у різних напрямках, з різною інтенсивністю і впливають на напрям і швидкість розкладу органічної речовини в природі, обумовлюють остаточний результат, тобто ступінь розкладу і утворені внаслідок його продукти.

Інтенсивність розкладу з часом зменшується: наприклад, свіжий гній розкладається бурхливіше, дає більше  $CO_2$ , ніж старий.

Зелене добриво при заорюванні його розкладається далеко повніше й швидше, ніж гній; стернові рештки у посушливих районах довго зберігаються, не розкладаючись повністю.

Цілком ясно, що органічний матеріал не розкладається тоді, коли він зовсім сухий. Проте в цьому випадку при підвищеній температурі (для гумусу понад  $40^\circ$ ) розклад іде вже суто хімічним шляхом, бо при цьому відбувається часткове окислення з виділенням вуглекислоти. Так само розклад неможливий, якщо реакція середовища (у даному випадку ґрунту) виходить далеко за оптимальні межі. Якщо вона дуже кисла, розклад припиняється і його можна відновити тільки після нейтралізації кислотності. І в природі, і в господарських умовах це відбувається за допомогою вапна. Нейтралізатором утворюваних при розкладі кислот буває не тільки вуглекислий кальцій, але й кальцій, що міститься в ґрунті в увібраному стані. Якщо реакція занадто лужна для мікроорганізмів (величина рН дуже висока), розклад також уповільнюється і відновлюється лише після підкислення.

При надмірній вологості ґрунту і зв'язаній з нею нестачі кисню розклад ведуть самі лише анаеробні мікроорганізми, причому відбувається він далеко повільнішими темпами, ніж тоді, коли процес проходить при доступі повітря, і незабаром припиняється. Так само брак або нестача мінеральних поживних речовин затримує процеси розкладу. Про «самоотруєвання» мікроорганізмів уже сказано вище.

Тому, як тільки умови життя мікроорганізмів хоч у якомусь із зазначених вище відношень міняються в несприятливий для них

бік, розклад припиняється або принаймні уповільнюється, і тоді на поверхні ґрунту або в самому ґрунті утворюється скупчення нерозкладених до кінця, а іноді й зовсім мало зачеплених розкладом рослинних решток і трупів тварин. Наприклад, у торфї, де немає доступу повітря, законсервовуються не лише рослинні тканини і цілі рослини, але навіть і трупи тварин та людей, які зберігаються під торф'яним покривом іноді протягом багатьох століть. Тут припинився розклад через нестачу кисню.

Проте відомі випадки, коли нерозкладена органічна речовина нагромаджується і на сухих місцях. Так, наприклад, на крейдових і вапняних відслоненнях у чорноземній зоні (скажімо, на високому березі Дінця проти ст. Ліски) ми бачимо скупчення органічних речовин на поверхні крейди, що набувають вигляду аморфного торфу. В даному разі послаблення темпів розкладу пояснюється відносно високою величиною рН (7,3—7,5), тобто лужністю ґрунтів на цих відслоненнях.

Крім цих фізичних і хімічних факторів, для мікробіологічної динаміки ґрунту величезну роль відіграють взаємини різних мікробів між собою. Тут може бути симбіоз між мікробами, коли одні з них сприяють розвитку інших; метабіоз — коли вони існують паралельно, не впливаючи одні на одних і, нарешті, антагонізм, коли присутність одних згубно впливає на інші.

Наприклад, виявлено, що з фузаріозом посівів льону можна боротися, заорюючи зелене жито; таке заорювання сприяє буйному розвитку актиноміцетів, які знищують грибок фузаріум.

Це може бути зв'язане, по-перше, з конкуренцією за поживу, по-друге, з прямим пожиранням одних істот іншими, по-третє, з літичною (розчинною) дією виділень мікробів і, по-четвертє, з виділенням токсичних речовин, відомих тепер під загальною назвою антибіотиків (пеніцилін, аспергілін, стрептоміцин та інші).

На вміст мікробів у ґрунті впливають і вищі рослини, а надто їх ризосфера (ділянки ґрунту, що оточують корені). У ній мікроби знаходять особливо багату поживу у вигляді виділень коріння, відмерлих кореневих волосків і клітин їх оболонок. Тому ризосфера далеко багатша на мікроби, ніж інша маса ґрунту.

При цьому ризосфера одних рослин більш сприятлива для розвитку тих або тих бактерій; ризосфера ж інших, навпаки, перешкоджає їй. Так, наприклад, ризосфера люцерни сприятлива для розвитку азотобактера, тоді як бавовник діє на нього гнітюче (Красильников). Це відкриває можливості впливати на мікробіологію ґрунту, міняючи комплекс умов життя мікробів. Звичайно, на різних ґрунтах це відбивається по-різному.

### Лісова підстилка

Своєрідний випадок затримки розкладу і нагромадження органічних решток на поверхні ґрунту в піщаних борах ми відзначали, коли говорили про заболочування суходільних просторів. Це — випадок з лісовою підстилкою. Мова йде про те, чи можна віддавати цю підстилку сільському господарству для використання її як підстилкового матеріалу для тварин, чи допускати цього не слід, залишаючи лісову підстилку перегнивати в лісі.

У тих випадках, коли лісова підстилка утворилася на більш-менш забезпечених поживними речовинами ґрунтах, вона не дуже товста, містить у собі значну кількість поживних речовин, добутих деревами з ґрунту і повернутих у ґрунт разом з опалим листям, і швидко розкладається. Знімати таку підстилку шкідливо, бо разом з нею втрачаються і цінні поживні речовини.

Це втрачає, які у звичайних умовах лісового господарства нічим не поповнюються. Тому слід вважати нераціональним звичай прибирати у парках опале листя\*. Шкода, яку завдають цими заходами деревним насадженням, звичайно, тим більша, чим бідніший ґрунт на поживні речовини.

На бідних піщаних ґрунтах утворюється значно товщий шар підстилки, ніж на суглинкових. Ця підстилка, розкладаючись (хоч і повільно), дає ряд кислот, які ще зменшують вміст поживних речовин у ґрунті, бо вони енергійно вимиваються водою, яка містить у собі розчинні кислоти. Вивезення цього типу підстилки не дає змоги ґрунті втрачати розчинні речовини.

Проте було б неправильно прямолінійно розв'язувати це питання в тому розумінні, що таку товсту підстилку (кислий гумус) треба за всяку ціну вивозити з-під лісових насаджень; адже разом з нею була б вивезена й цінна для ґрунту органічна речовина з усім її азотом. Очевидно це було б, як у відомому прислів'ї: вихлюпнути з ванни разом з водою також і дитину. Ми маємо змогу вапнуванням зменшити кислотність і збільшити темпи мінералізації, тобто ступінь розкладу цього найкислішого гумусу. Крім того, іноді можна й потрібно удобрювати площі, відведені під ліс. Це буває тоді, коли, наприклад, з метою лісомеліорації треба засадити деревами піщані простори з ґрунтом, бідним на поживні речовини, на якому без внесення добрив не росте навіть сосна.

### Аеробний і анаеробний процеси

Бажаючи вивчити процеси утворення гумусу в ґрунті, розподіл його в ґрунтовій товщі й закріплення на різних глибинах, треба насамперед звернути увагу на ті два основні напрями роз-

\* Звичайно, якщо цього не потребує боротьба з шкідниками.

кладу, про які вже йшла мова — аеробний і анаеробний розклад органічної речовини, бо і кількісний і якісний бік процесу при цьому різко міняється. Типовий анаеробний процес панує у мулі на дні ставів і озер, у болотах, ґрунт яких насичений водою. Навпаки, у таких крупнозернистих ґрунтах як піски, де немає ґрунтового зволоження, увесь час переважає аеробний процес. У безструктурних ґрунтах, як уже було зазначено, звичайно панує або аеробний або анаеробний процес. У першому випадку, як це буває у піщаних ґрунтах, аеробний процес, при умові підтримання вологості, призводить до швидкого розкладу органічних решток, чи то будуть корені, листя і стебла рослин, чи вивезений на поле гній. У цьому випадку говорять, що гній швидко перегоріє у таких ґрунтах.

Цілком очевидно, якщо для сільського господарства невигідно, коли внаслідок анаеробіозу рослинні рештки не розкладаються, нагромаджуючись на поверхні землі і перетворюючи на мертвий капітал вміщені у них поживні речовини, то так само (і навіть більше) невигідно і протилежне, коли ці рослинні рештки розкладаються дуже швидко, позбавляючи наші ґрунти такого важливого для їх сільськогосподарських властивостей перегною. Тим-то для підтримання достатнього рівня родючості ґрунту потрібне певне сполучення аеробного і анаеробного процесів у ньому. Таке сполучення можливе тільки у структурних ґрунтах, де створюються сприятливі співвідношення між водою й повітрям, про що вже було сказано вище (Вільямс). У структурних ґрунтах маємо своєрідний склад ґрунтового повітря: у порах між структурними агрегатами і на поверхні грудочок, якщо ґрунт добре провітрюється, розвиваються аеробні процеси, а всередині їх панують лише анаеробні процеси. Крім того, ступінь аеробності умов у ґрунті міняється протягом року, доходячи до максимуму влітку, коли ґрунт зовсім пересихає, але різко зменшуючись восени і навесні, а також після тривалих дощів, коли ґрунт пересичений водою.

Життєві процеси часто порівнюють з процесом горіння, бо при цьому відбувається споживання кисню і виділення вуглекислоти. Проте горіння, як і розклад, може відбуватися при різних умовах постачання кисню — при доступі кисню або при його відсутності. Адже існує не тільки горіння, а й суха перегонка, яка відбувається, коли немає доступу кисню. У явищах розкладу до сухої перегонки найближче стоїть гниття, яке відбувається в анаеробних умовах. З горінням можна порівняти процеси аеробного розкладу — тління. Порівняння цих процесів дається у такій схемі (табл. 35).

Відомо, що при повному згорянні від рослинної речовини залишається купка золи, при неповному — вугілля; при повному розкладі утворюються тільки мінеральні солі, при неповному — торф. При тлінні не утворюються продукти з поганим запахом; тут ми

маємо добре окислені сполуки. Навпаки, як при сухій перегонці, так і при гнитті буває мало цілком окислених сполук; мало буває також води й вугільної кислоти; азот, сірка, вуглець сполучаються тут, головним чином, з воднем і між собою, утворюючи ряд продуктів з поганим запахом (сірководень, меркаптан тощо). У залишку від сухої перегонки утворюється кокс, а в залишку від перегнивання — торф.

Таблиця 35

Порівняльна таблиця продуктів тління й горіння, гниття й сухої перегонки

Елементи, які входять в органічну речовину	H	C	N	S	P	Залишок
Характер процесу						
Тління . . . . .	Багато H <sub>2</sub> O	Багато CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Гумус
Горіння . . . . .						Зола
Гниття . . . . .	Мало H <sub>2</sub> O	Мало CO <sub>2</sub> , є CH <sub>4</sub> і інші вуглеводні	NH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S	PH <sub>3</sub>	Торф
Суша перегонка . . .						Кокс

Відмінність продуктів аеробного і анаеробного розкладу показує простий дослід. Для цього беруть банку з обрізаним дном, у шийку вставляють пробку з скляною трубкою і надітою на неї гумовою трубкою. Гумову трубку зажимають затискачем. Посудину укріплюють на штативі, наповнюють до  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  порізаним сіном, наливають водою, прикривають дерев'яним кружком, поверх якого кладуть камінь; для більшої ізоляції заливають парафіном. Незабаром у масі сіна починається розклад. Спочатку чиста вода забарвлюється у жовтий колір, який не міняється протягом тривалого часу; сіно ж зберігає своє попереднє забарвлення, мало міняючись. Проте при доступі повітря, окислюючись, сіно так само, як, наприклад, силосна маса, чорніє (псування силосу). Темнішає й жовта рідина з посудини. Якщо ж покласти таке сіно досить пухко у банку з широкою шийкою і час від часу бризкати на неї водою, ми помітимо, що це сіно або трава почне швидко буріти, а потім перетвориться у більш-менш темну масу; вода ж, яка стікає на дно посудини, забарвлюється в добре знайомий нам колір чорного гумусу. Це — перша відмінність у якості продуктів аеробного і анаеробного розкладу.

Проте відмінність не обмежується цими зовнішніми ознаками: поклавши поверх банки, де відбувається аеробний розклад, змочений червоний лакмусовий папірець, ми швидко побачимо, що він забарвлюється в синій колір. З запаху ми дізнаємося й про причину цього: при аеробному розкладі виділяється аміак. Якщо ж ми відкриємо затискач у посудині й наїдемо трохи жовтої рідини у склянку або пробірку, то почуємо кислий неприємний запах; опустивши туди лакмусовий папірець, побачимо, що він забарвиться у червоний колір — ознака присутності кислот. Відфільтрувавши цю жовтувату рідину від каламуті і додавши до неї вапняної води, побачимо, що та незначна кількість органічної речовини,



яка у ній є, не зсідається від додавання вапна, тоді як чорний гумус з відкритої банки коагулюється прекрасно. Це свідчить про те, що у чорному «аеробному гумусі» маємо колоїдну речовину, а в «анаеробному» — не колоїдні, а молекулярно розчинні сполуки.

Цілком очевидно, що значення того й іншого сорту гумусу для ґрунту далеко неоднакове. Насамперед, гумус, утворений при аеробному розкладі, як ми бачили, не дає кислої реакції; лужна реакція, яка може утворитися в ньому внаслідок відщеплення від органічних сполук аміаку, швидко зникає, бо аміак піддається дальшій зміні в процесі нітрифікації, даючи селітру. Через свою колоїдність цей чорний гумус не вимивається з ґрунту, досить насиченого кальцієм, як ми вже бачили, коли пропускали крізь чорнозем колоїдний розчин гумусу. Таким чином, нагромаджується гумус у ґрунті і зберігається від дальшого вимивання.

Гумус, утворений при аеробному розкладі, несприятливо не впливає на ґрунт, звичайно при умові його коагуляції; інакше, діючи як захисний колоїд, він може сприяти вимиванню мінеральних колоїдів — глини, полуторних окисів.

Якщо звернемося тепер до гумусу або, точніше, до продуктів розкладу органічних решток в анаеробних умовах, то побачимо зовсім протилежну картину: перш за все ці продукти не збагачують ґрунт колоїдним гумусом, який відіграє таку важливу роль у його фізичних властивостях, і те, що переходить у розчин, вимивається, а не закріплюється в ґрунті. Далі: через свою кислотність розчинні продукти розкладу обумовлюють у ґрунті кислу реакцію, несприятливу для діяльності мікроорганізмів; мало того, сприяючи розчиненню й вимиванню з ґрунту цінних для рослини речовин — вапна, магnezії, заліза, фосфатів — вони руйнують мінеральну частину ґрунту, розкладають вміщену у ньому глину.

Тому можна сказати, що повна зміна аеробного процесу анаеробним міняє на гірше самий напрям процесу ґрунтоутворення. Згадуючи термінологію, яку ми вживали, коли говорили про колоїди ґрунту, про його вбирну здатність, про структуру, можемо сказати, що під впливом анаеробних умов розчинні продукти розкладу органічної речовини утворюються в молекулярно-дисперсній формі. Якщо свіжих органічних решток у ґрунті немає, то анаеробним способом розкладається вміщений у ґрунті гумус. Тому в осінньо-весняний період, навіть у чорноземах, ґрунтовий гумус переходить у більш дисперсний стан, і неколоїдна (розчинна) частина його, що утворилася в результаті анаеробіозису, має змогу пересуватися вниз у міру промочування ґрунту атмосферними опадами.

При розкладі органічної речовини у ґрунті не тільки зменшується загальна її кількість, але також і міняється її загальний склад. Це видно з таблиці 36, де показано, що в процесі розкладу органічних решток збільшується вміст вуглецю в органічній речо-

вині (карбонізація), збільшується процент азоту і зменшується кількість води (дегідратація).

Таблиця 36

Загальний склад рослинних решток різної міри розкладу  
(в процентах)

	Целюлоза	Древесина дубу			Гумінова кислота	Торф			Кам'яне вугілля		
		свіжа	розкладена			бурий поверх- невий	чорний з гли- бини (см)		лігніт (буре вугілля)	бітумінозне	антрацит
			світло- коричнева	темно- коричнева			210	720			
C	49,4	50,3	53,6	56,2	56,1—59,0	57,8	62,0	64,1	69,5	84,2	94,8
H	6,2	6,0	5,2	4,9	4,4—5,3	5,4	5,2	5,0	5,9	5,8	2,6
O	44,4	42,1	41,2	38,9	32,5—36,0	36,0	30,7	26,8	24,0	8,8	2,6
N	—	1,3					2,8—6,1	0,8	2,1	4,1	

Дослід з степовим сіном дав у Костичева такі наслідки: було взято 100 г (сухої речовини) степового сіна з 1,27% N. Через шість місяців лишалось 62,25 г з 1,27 г N, або 2,04%. У досліді з дубовим листям було взято 100 г, яке мало 1,45% N. Через вісім місяців вага листків становила 55,75 г з 1,44 г N або з 2,60% N, а через 12 місяців — 48 г з 1,43 г N, або з 2,98% N.

Звідси ясно, що в процесі розкладу неначе не спостерігається втрати азоту, бо створюються продукти, дедалі багатіші на нього. Це збільшення почасти слід віднести за рахунок загального зменшення ваги органічної маси, за рахунок нерівномірності цих втрат внаслідок того, що водень і кисень органічної речовини втрачаються в більшій мірі, ніж азот і вуглець, утворюючи воду. Крім того, наявна в ґрунті органічна речовина справді є енергетичною базою, яка дає змогу проходити в ґрунті і процесові фіксації атмосферного азоту.

### Перетворення гумусу

Процес розкладу органічних решток складний. Після смерті рослин і тварин відбуваються процеси автолізу, тобто розпаду під впливом наявних у них ферментів, і починають діяти мікроорганізми. Складні високомолекулярні сполуки (білки, геміцелюлози, клітковина тощо), нерозчинні в воді, розпадаються на рухоміші сполуки. З'являються розчинні вуглеводи, амінокислоти — продукт розпаду білків — кислоти і органічні сполуки.

Ці речовини не лишаються незмінними. По-перше, вони почасти використовуються мікробами як джерело енергії — з одного боку, і як матеріал для нового біологічного синтезу —

утворення тіл розмножуваних мікробів, з другого; по-друге, вони вилугуюються із решток рослин водою атмосферних опадів; потрапляючи в ґрунт, їх розчини рівномірно насичують ґрунтові грудочки. Після вилучення зайвої води ці світлі речовини, як аеробного, так і анаеробного походження в присутності вапна й кисню, який проникає в ґрунт, взаємодіють між собою: зазнаючи процесів полімеризації і конденсації, вони утворюють складніші високомолекулярні сполуки колоїдного характеру. Цьому синтезові сприяє як каталітичний вплив високодисперсної колоїдної частини ґрунту (див. стор. 45), так і ферменти, які виділяє коріння рослин і мікроби; в присутності вапна і кисню світлозабарвлені воднорозчинні продукти переходять у темні колоїдного характеру перегнійні речовини.

Молекулярно розчинні органічні речовини здатні, вимиваючись атмосферними опадами, рівномірно просочувати ґрунтову товщу, почасти затримуючись у масі ґрунту — тим більше, чим ближче до поверхні. Це відбувається в періоди найбільшого зволоження ґрунту (восени й навесні). В міру висихання ґрунту й проникання в нього повітря ці органічні речовини переходять у колоїдний стан, закріплюючись у ґрунті.

Воднорозчинні органічні речовини утворюються як при анаеробному процесі, так і при вилугуванні органічних матеріалів (сіно, солома), що було встановлено Леваковським і Кравковим. Водні витяжки з соломи й сіна, постоявши на повітрі, темнішають і дають темнобурий осад. Те ж саме буває і з слабо забарвленими розчинами, які утворюються при анаеробному розкладі. Після дощу навколо стогів сіна можна бачити, як спочатку безбарвна вода, що з них стікає, стає темною.

Тільки що описане явище допомагає нам розібратися в причинах того своєрідного забарвлення чорноземних ґрунтів гумусом, яке звертає на себе увагу надзвичайною рівномірністю розподілу у кожному горизонті ґрунту. Це ж пояснює нам, чому в районах поширення глибоких чорноземів у нижніх горизонтах їх спостерігається своєрідний розподіл забарвлення в структурних окремо-стях — грудках, на які розпадається ґрунтова маса цих горизонтів: поверхня цих грудок звичайно вкрита чорною плівкою, тоді як внутрішня частина їх при розламуванні виявляється світлішою. ✓ Джерелом гумусу є не тільки коріння, але й надземні частини рослин (листя, стебла). Так, у досліді Кравкова після промивання ґрунту витяжкою з листя вміст гумусу в ньому збільшувався на 15—100%. Другий приклад: на некошеному перелозі на чорноземі Кам'яного степу гумусу було на 21% більше, ніж на скошуваному.

Очевидно, рівномірний розподіл гумусу в товщі ґрунту не можна пояснити самим лише розкладанням на місці коріння рослин, бо воно розподіляється не так уже й рівномірно. У періоди пану-

вання анаеробного процесу й утворення воднорозчинних речовин цей діяльний перегній (Вільямс) рівно просочує ґрунтову масу: вгорі більше, унизу менше, а потім, темніючи під впливом ґрунтового кисню, дає рівномірне забарвлення. Так само міняються й продукти вилугування надземних рослинних решток атмосферними опадами. Таким чином, умови утворення гумусу, що міститься в ґрунті, значно складніші, ніж це здається на перший погляд.

Новітні дослідження підтверджують думку, висловлену Вільямсом 25 років тому, що гумус — це продукт синтетичних реакцій, а не тільки руйнування органічних речовин, які були в рослинах. Сам перехід від світлого гумусу до темного становить явище полімеризації й конденсації — ущільнення молекул органічних сполук і ускладнення їх структури.

✓ Частина гумусу утворюється не з решток вищих рослин, а з плазми тих бактерій і грибів, які знищують рештки рослин, використовуючи їх речовину для своїх життєвих процесів; плазма цих грибів і бактерій, відмираючи, в свою чергу, дає матеріал для утворення гумусу. Так, наприклад, у сіроземах Середньої Азії органічна речовина складається майже цілком із мікроорганізмів (Костичев).

Крім органічного синтезу в бактеріях, який дає, власне кажучи, не гумус, а матеріал для нього, у ґрунті відбуваються синтетичні реакції суто хімічного порядку — полімеризація й конденсація з утворенням високомолекулярних сполук колоїдного характеру. Один з прикладів синтетичних реакцій — взаємодіяння між амінокислотою і глюкозою з утворенням чорної речовини. Процеси синтезу прискорюються й посилюються як під впливом ферментів (оксидаз), виділюваних кореннями рослин і мікробами, так і поверхневих явищ (гетерогенний каталіз).

### Хімічний склад гумусу

До складу гумусу входять С, Н, N, О, Р і, мабуть, цілий ряд інших елементів, які бувають у організмах.

Вміст азоту в ґрунті і гумусі міняється залежно від умов нагромадження й розкладу азотовмісних речовин. Тим-то, хоч з вмістом гумусу звичайно зв'язана й кількість азоту, проте бувають і протилежні випадки; у структурному глибокому чорноземі Харківської дослідної станції гумусу — 5,4%, азоту — 0,22%; процент азоту в гумусі цього ґрунту — 4,0, тоді як у пилувато-суглинковому безструктурному чорноземі Носівської станції при вмісті гумусу тільки 3,4% азоту в ґрунті 0,24%, а в гумусі — 7,4%. Азоту в торфах, за Сукачевим, — 0,4—0,6%.

Кількість вуглецю в гумусі також неоднакова. В середньому її вважають за 58%, але відхилення від цієї величини надзвичайно

великі (за різними зведеннями 30,2—56,3%; 42—70%, причому для нижніх горизонтів ґрунту бувають інші величини, ніж для верхніх).

Це говорить про велику різноманітність видів гумусу в природі.

Хімічний склад гумусу якнайтісніше зв'язаний із складом вищих рослин, які дали йому початок, а також із характером мікроорганізмів, які беруть участь не тільки у розкладі рослинних і тваринних решток, але й дають при відмиранні чимало матеріалу для гуміфікації. Не меншу роль відіграють і умови, в яких відбувається цей процес. Тут виявляється єдність продукту з середовищем, у якому він утворюється.

У рослинах головні групи органічних речовин — це білки, вуглеводи, олії, смоли, воски тощо. Не всі вони в однаковій мірі піддаються дії бактерій і грибків. Одні з них, як білки, вуглеводи й жири, легко розкладаються і стають джерелом живлення і енергетичною базою для нижчих організмів, інші ж виявляють надзвичайну інертність щодо цього. Так, воски й смоли, дуже важко розкладаючись, утворюють нагромадження, які зберігаються протягом цілих геологічних періодів. Відомі нагромадження янтарю у прибалтійських республіках і на Україні, — це не що інше, як застигла смола лісів третинного періоду, що росли колись у цих районах. Отже, не всі складові частини рослини можуть бути використані бактеріями, не всі ідуть на утворення гумусу.

Схема розкладу різних речовин показана на мал. 14. Як видно з цієї схеми, білки, розкладаючись, дають ті окремі «цеглини», з яких вони складаються, — амінокислоти й амідні кислот. Амінокислоти відщеплюють від себе аміак. Вуглеводи ж при бродінні дають спирти і ряд кислот. Під час розкладу утворюється чимало газів. Ці гази при аеробному розкладі складаються переважно з  $\text{CO}_2$ , а при анаеробному виникають вуглеводні — наприклад, метан і, крім того, водень.

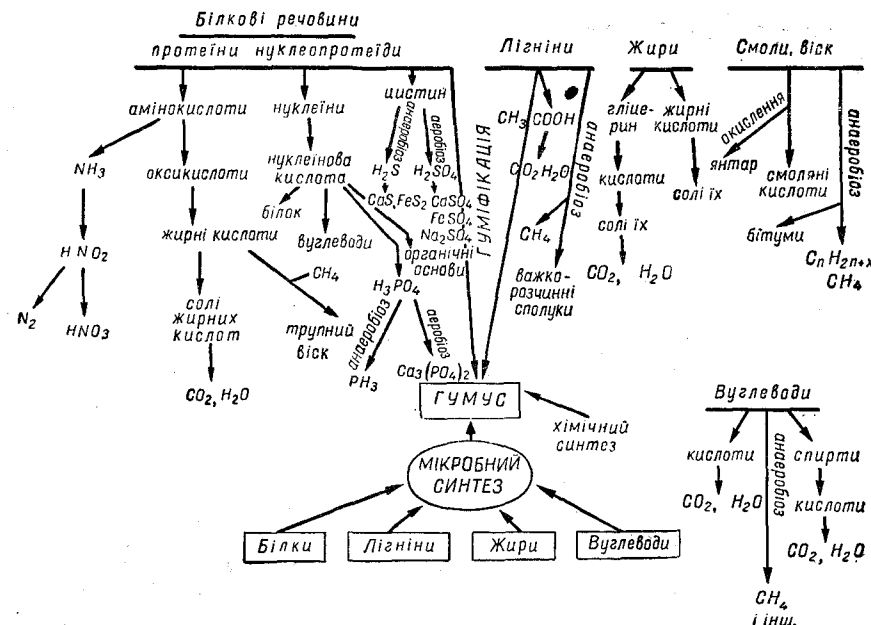
Досі мова йшла про валовий склад гумусу. Проте матеріал, з якого утворюється перегній ґрунту, складний і різноманітний і шляхи перетворення продуктів його розпаду відмінні, а тому й хімічний склад його дуже мінливий.

Це стосується, як ми бачили, навіть елементарного складу, не кажучи вже про хімічну структуру тих чи інших речовин.

Вивчення гумусу йшло двома шляхами. З одного боку, досліджували гумус аналітичним шляхом, виділяючи розчинні в лугах, кислотах, спирті, ефірі, піридині і інших органічних розчинниках складові частини гумусу, досліджуючи продукти їх гідролізу, встановлювали наявність у них певних органічних сполук.

З другого боку, ряд дослідників (Дегерен, Трусов, Ваксман, Кравков і інші) піддавали розкладу рослинні матеріали і окремі хімічні речовини з тим, щоб встановити, які з них ідуть на утворення гумусу і як проходить процес їх гуміфікації.

Виявляється, основним матеріалом для утворення гумусу є речовини, які містять циклічні ароматичні сполуки з бензольним ядром — насамперед лігніни й білки, потім дубильні речовини, які дають сполуки з білками аналогічно дубленню шкіри. Вуглеводи — не безпосереднє джерело гумусу, але, сприяючи розвитку мікроорганізмів, вони спричиняються до появи нових мас білків, які потім піддаються гуміфікації.



Мал. 14. Схема розкладу органічних речовин і синтезу гумусу.

Крім власне гумусу, в органічній речовині ґрунту міститься чимало і білків тіла мікробів, смоли, воски (які дуже важко розкладаються) і цілий ряд «супровідних» речовин, які легше піддаються вивченню, ніж сам гумус: сахари, спирти, кислоти, аміносполуки, нуклеїнові кислоти тощо.

До недавнього часу, щоб вивчати гумус, робили послідовні витяжки з ґрунту, спочатку кислотою, а потім лугом. Утворені в лужних витяжках розчини називали розчинами *гумінової кислоти*. Власне кажучи, усі роботи, проведені над гумусом за 100 років, були зроблені саме за допомогою таких витяжок. З другого боку, було показано, що, нагріваючи цукор з міцною соляною кислотою, теж можна одержати такі самі чорні розчини. Ці розчини так само називали *гуміновою кислотою*; проте вони відрізнялися від гумінової кислоти, виділеної з ґрунту, тим, що в них не було азоту.

У гумусі ж азот зв'язаний досить міцно, становлячи невід'ємну й найхарактернішу його частину. Але такі ж чорні розчини утворюються під впливом лугу і з білястого горизонту підзолистого ґрунту і навіть з свіжого сіна. Виходить, здобути таким способом гумінові речовини являють собою штучний продукт, який не відповідає тому, що є в ґрунті. При цьому обробка сильними реактивами вносить великі зміни в одержувані продукти, що зменшує цінність здобутих даних.

З часом виявилось, що склад гумінових кислот у різних ґрунтах далеко неоднаковий. Наші дані (роботи Голубева, Вернандер) \* (табл. 37) виявили, що навіть в тому самому ґрунті в різних за дисперсністю фракціях гумусу склад його далеко неоднаковий.

Це показує, що «гумінова кислота» зовсім не являє собою певної хімічної сполуки, а комплекс їх. Те ж саме треба сказати і про інші кислоти, відомі в агрономічній хімії й ґрунтознавстві протягом сотні років (апокренова, кренова, ульмінова). Роботами Шмука й інших вияснено, що азот у цих гумінових сполуках міститься у тих самих формах, що і в білках. Шмук показав, що в ряді ґрунтів до 70% усього азоту належить білковому азоту, що білки становлять від 20% (у чорноземах) до 30% (у підзолах) усього гумусу. Сама гумінова кислота дає типові реакції, характерні для білків. При гідролізі гумінової кислоти Шмук одержав ряд амінокислот, які дають білки. Такі ж дані одержали й інші дослідники.

У процесі розкладу білки дають ряд амінокислот і амідів, а також чимало кислот (оцтову, масляну, валер'янову, янтарну, пропіонову, яблучну, щавлеву, сахарну, стеаринову); деякі кислоти під дією мікроорганізмів легше розпадаються, інші важче. Так само і аміносполуки, утворені при розпаді органічної речовини, не в однаковій мірі доступні дальшому розкладу (наприклад, глікоколь розкладався на 81%, ацетамід — на 83%, лейцин — на 59%, тирозин — на 59%, феніл-аланін — на 54%). Таким чином, хімічною структурою азотисті складові частини ґрунтового гумусу близькі до білків. Проте гумус це не білки і не лігніни; гумус — не звичайна сума відомих органічній хімії сполук: це — комплекс речовин, значно складніших, ніж білки, властивих тільки ґрунтам.

### Гумінові кислоти й кислотність ґрунту

З гумусом, точніше, з гуміновими кислотами, у минулому зв'язували проблему кислотності деяких ґрунтів підзоистої зони,

\* Досліджувалися не лужні витяжки, а активний гумус (колоїдний розчин), добутий з ґрунту за допомогою дистильованої води після витіснення увібраного Са промиванням ґрунту розчином NaCl. Чорні золі гумусу поділяли на фракції різного ступеню дисперсності фільтрацією через пористі фільтри з послідовним їх замулюванням.

виходячи з тих загальних міркувань, що раз ґрунтовий гумус дає сполуки з лугами, то, значить, він має характер кислоти. Визначали навіть основність «гумінової кислоти», добутої лужними витяжками; гумінова кислота виявилася, за деякими дослідженнями, чотириосновною. Проте, який би хімічний склад не мав гумус, не можна так пояснювати кислотність ґрунтів, приписуючи її «гуміновим кислотам»: адже кислотність залежить від того, що від молекул хімічних сполук відщеплюється та чи інша кількість іона водню, яка є показником і мірилом кислотності; чим слабша кислота, тим менше відщеплюється від неї  $H^+$ , чим міцніша, тим більше його у розчині.

Ми бачили вже, що ґрунтовий гумус являє собою колоїд, що чорні розчини гумусу, одержані нашим способом без застосування сильних реактивів, являють собою колоїдні розчини — отже, в них, як ми вже знаємо, органічна речовина є не в формі молекул — вони з'єднані у згустки. Якщо можна говорити про відщеплення іона водню, то воно відбувається в дуже незначних розмірах, цілком недостатніх для того, щоб пояснити інколи значну кислотність ґрунту. Як ми вже бачили (див. розділ — вбирна здатність ґрунту), чорні розчини гумусу можна одержати з ґрунту без застосування сильних реактивів, за допомогою самої тільки води, якщо з ґрунту спочатку витіснити увібраний кальцій (крім промивання розчинами NaCl, NaF,  $NH_4Cl$  тощо, застосовують також оксалати — солі щавлевої кислоти, які зв'язують рухоме залізо). Тільки в цьому випадку матимемо справді той гумус, який був у ґрунті, а не штучні продукти хімічної обробки його сильними реактивами. Саме цей гумус цікавить нас у ґрунті, саме він разом з нерозчинною частиною перегною є джерелом азоту в ґрунті, саме він впливає на його фізичні властивості, а не штучні продукти, одержувані тим чи іншим способом за допомогою сильних реактивів.

Кислотність же, яку вперше виявили у болотних ґрунтах, викликана сірчаною кислотою, утвореною внаслідок окислення піриту, що в них міститься, а також присутністю  $CO_2$  і органічних кислот. Потім другий вид кислотності, як ми вже бачили, найтісніше зв'язаний з ґрунтовими колоїдами. Це та прихована кислотність, яку не можна виявити водними витяжками, але легко виявити, якщо вміщений у ґрунті «пасивний» іон водню витіснити за допомогою будь-якого іншого катіона (наприклад, впливаючи розчином хлористого калію). Таким чином, теорія гумінових кислот непридатна для того, щоб розв'язати питання про кислотність ґрунту. Так чи інакше з огляду на колоїдність ґрунту важко говорити про той ступінь дисоціації його сполук, який зробив би можливою появу тої, інколи значної, кислотності, яка буває в ґрунті.

### Токсини і ауксини

У зв'язку з розкладом органічних сполук можуть утворюватися в ґрунті й шкідливі для рослин речовини. Це привело деяких американських дослідників до висновку, що начебто рослина при тривалій культурі на тому самому місці отрує ґрунт, створюючи токсини, які надалі роблять ґрунт непридатним для культури даної рослини, настає своєрідне ґрунтовиснаження. Проте наступні роботи, в тому числі і робота лабораторії Прянішнікова (Перитурін), не підтвердили цих припущень. В той же час є цілий ряд даних, які свідчать про те, що в умовах анаеробного розкладу утворюються деякі сполуки, які шкодять росту рослин. Це показали між іншим досліди Носівської дослідної станції, де було встановлено, що водні витяжки, зроблені з носівського ґрунту рано навесні, як і самі ґрунти, взяті в цей момент, виявилися цілком непридатними для вирощування на них вівса. Справа тут була не в нестачі поживних речовин, бо додавання їх не поліпшувало становища. Кип'ятіння водних витяжок знешкоджувало їх. Очевидно, що навесні у безструктурних носівських ґрунтах утворювалися токсичні для рослини речовини. Взагалі, якщо ґрунт добре провітрюється, має в собі досить вапна, то ніяких токсичних речовин не утворюється: уся токсичність, таким чином, зв'язана з анаеробіозом і кислотністю.

Разом з цим з ґрунтовим перегноем зв'язані й стимулюючі ріст і розвиток рослин речовини — так звані ауксини, гормони росту або ростові речовини. У ґрунтах чорноземного типу їх найбільше у верхньому горизонті, з повільним зменшенням їх вмісту в підорному шарі; а в підзолистих ґрунтах їх значно менше і вони є лише в орному шарі.

### Колоїдна природа гумусу

Який би не був хімічний склад гумусу, основною характерною рисою його є колоїдність. Саме цей колоїдний гумус для нас і цікавий, бо з ним зв'язані і фізичні і хімічні властивості ґрунту. Близьче ознайомлюючись з гумусом, ми встановили в ньому насамперед дві головні групи: активну і пасивну. Як уже було показано, частина гумусу зв'язана з увібраним кальцієм; якщо вилучити увібраний кальцій, ця частина гумусу переходить у псевдорозчин, це — *активний* гумус. Активним ми його зовемо тому, що він легко рухливий, що його розчинність — чутливий показник змін насиченості ґрунту кальцієм, що в процесі свого розвитку, рівномірно насичуючи ґрунт, він цементує ґрунтові частки і є активним фактором утворення структури. З порушенням насиченості кальцієм він у тій чи іншій мірі пептизується, замулюється, переходить у псевдорозчин. Одночасно з цим руйнується й структура.

Друга форма гумусу — *пасивний* гумус, який не пептизується навіть після вилучення кальцію з ґрунту. Активний гумус переходить у пасивну форму під впливом дегідратації — підвищення температури і навіть висушування при звичайній температурі. Це — типовий процес «старіння» органічних колоїдів. «Старіючи», гумус знижує ступінь дисперсності, частинки його збільшуються за рахунок сполучення дрібніших, він стає нерозчинним, як і ті частинки глини, що він вкриває й сполучає до купи.

Активний гумус має значно більшу дисперсність, ніж пасивний; після коагуляції, якщо відокремити коагулятор, він легко пептизується знову. Співвідношення активного й пасивного гумусу в різних ґрунтах неоднакове: активного гумусу більше в чорноземах, менше — в підзолах. Протягом сезону це співвідношення міняється в тому самому ґрунті. Міняється воно і в період сільськогосподарського використання, міняється навіть при простому лежанні ґрунту в лабораторії.

У цілинах і на перелогах чорноземні ґрунти мають більшу кількість пасивного гумусу, ніж на староорних. У нижніх горизонтах ґрунтів відносна кількість активного гумусу більша, ніж у верхніх, які значно висушуються. В одному моєму досліді полтавський чорнозем, що мав у 1916 році 18% активного мулу, через шість років виділив лише 12%. Те саме буває після недовгого сушіння чорнозему в термостаті при температурі 40—50° С. Зворотний перехід пасивного гумусу в активний відбувається під впливом мікробіологічних процесів навесні і восени, коли дисперсність чорнозему значно підвищується.

Ми уже говорили про роль активного гумусу в створенні структури. У відповідному розділі підкреслювали також роль пасивного гумусу як фактора водостійкості структури.

Своєрідність гумусу як колоїду не обмежується цими моментами. Досліди Вернандер, проведені з участю автора, показали, що навіть «активний» гумус, який легко пептизується, являє собою *полідисперсоїд*, що він складається із фракцій різної дисперсності. Його можна розбити на окремі фракції з допомогою ультрафільтрації або фракціонованої коагуляції. Хімічний склад цих фракцій далеко не однаковий, як це видно з даних таблиці 37.

Як видно з даних таблиці 37, разом з грубшанням ультрамікронів гумусу відбувається дегідратація — втрата води, збільшення вмісту вуглецю й азоту, тобто той самий процес, який ми бачили з таблиці 36. Ці співвідношення хімічного складу підтверджують наше припущення про шляхи утворення гумусу: воно починається з утворення молекулярних, легко розчинних сполук, потім, завдяки ущільненню — полімеризації і конденсації, що дають колоїдні міцели, які чим далі раз у раз більше грубшають, знижуючи ступінь дисперсності.

Таблиця 37

Елементарний склад фракцій гумусу із чорнозему  
(в процентах) (за Вернандер)

Фракції	C	H	O	N	Форми сполук азоту			зола
					N аміно- кислот	N амідів	N діамі- нових- лот	
0 непрофільтровані найгрубіші ча- стинки . . . . .	56,5	5,8	33,4	4,3	2,19	0,65	1,53	64,0
I літр профільтрова- но за 50 хвилин	—	—	—	4,18	1,90	0,56	1,72	—
IV літр профільтрова- но за 4 години	—	—	—	3,73	1,27	0,48	1,98	—
IX літр профільтрова- но за 10 годин	—	—	—	3,62	0,27	0,87	2,48	—
40 хвилин—най- вища дисперсність	36,7	7,2	49,2	3,62	0,27	0,87	2,48	2,2

Проте наведений дослід показує, що до гумусу не можна підходити як до чогось однорідного (навіть до гумусу з однієї грудки ґрунту), бо тут маємо ряд «гумусів» з різним розміром часток (якість і тут міняється зі зміною кількісних показників), з різними фізичними і хімічними властивостями. Цілком очевидно, що попередні способи вивчення гумусу, які користувалися для добування розчинного гумусу з лужних витяжок, мало того, що давали викривлену картину через зміну гумусу в процесі одержання цих витяжок, але й самі витяжки робили з мішанини різних фізичних інгредієнтів. Основне ж правило всякого аналізу — заздалегідь виділити для дослідження речовину, не засмічену іншими речовинами.

Всякий метод дослідження має бути найтісніше зв'язаний із властивостями досліджуваного об'єкта. Для колоїдних речовин однією із найхарактерніших властивостей, що обумовлюють не тільки фізичні особливості їх, але й самий хімічний склад (тільки що ми це показали), є ступінь дисперсності. Отже, треба спершу виділити фізичні групи гумусу, розбити його на фракції і потім уже досліджувати окремо кожну фракцію. Це дасть ту специфіку для різних ґрунтів, яка саме нас і цікавить, а не викривлену знеособлену картину.

Роль гумусу в житті ґрунту і в сільському господарстві надзвичайно різноманітна: насамперед гумус містить у собі увесь азот ґрунту, частину фосфору, сірки і ряд мікроелементів, значення яких для росту рослин і життя тварин та людини уже досить вияснене. Як тіло з надзвичайно виявленими колоїдними властивостями, він виступає як фактор усіх процесів, зв'язаних з його високою дисперсністю (вбирання, каталіз). Як колоїд,

мінючи свої властивості під впливом хімічних і фізичних факторів, гумус відіграє величезну роль у фізичних і хімічних процесах, що відбуваються в ґрунті. Як захисний колоїд, він різко міняє властивості глини. Як фактор відновлення заліза і марганцю в ґрунті, сприяючи переходові їх у розчинні форми, гумус разом з тим є фактором, що забезпечує рослини достатніми запасами доступних сполук цих елементів. Нарешті, він же є джерелом енергії для мікроорганізмів. Проте роль гумусу з цього погляду значно менша, ніж свіжої, негуміфікованої органічної речовини: гумус, як стійка форма існування органічної речовини, мало доступний мікробам. Більш-менш доступна для них лише воднорозчинна його фракція.

### Облік вмісту гумусу в ґрунті

Останнє питання, на якому треба зупинитися, — це методи обліку гумусу в ґрунті. Ми уже згадували про те, що в існуючих методах дослідження гумусу знеособлюється, стирається його специфічність, характерна для різних форм гумусу. Ця зрівняльна тенденція досі панувала в методах, якими користувалися ґрунтознавство і агрохімія. Щоб визначити вміст гумусу, зразок ґрунту спалюють сухим чи мокрим способом, визначаючи, таким чином, вміст вуглецю, який належить гумусу. Потім, виходячи з того, що середній вміст вуглецю в гумусі складає 58%, обчислюють величину гумусу, яка відповідає знайдений для вуглецю цифрі. Проте такий метод обліку гумусу ніяк не може нас задовольнити (як показав В. І. Ленін, метод «середніх» величин не дає змоги відкривати закони, що керують явищами), бо одержані дані стосуються лише розчинного гумусу — «гумінової кислоти». Нерозчинна ж частина дослідженнями майже не зачеплена. Мало того, вміст вуглецю, як і азоту, навіть у цій розчинній частині надзвичайно мінливий.

Таким чином, ми бачимо разючий приклад повного знеособлювання ґрунту, з рівняльного підходу з середніми коефіцієнтами до різних ґрунтів, підходу хибного в самому корені, бо в кожному конкретному випадку, шукаючи шляхи для створення агротехнічних заходів, які забезпечували б підвищення урожайності саме на даному конкретному ґрунті, практика хоче мати цілком конкретні показники, що відповідали б саме даному конкретному ґрунті, а не якомусь міфічному, абстрактному «середньому арифметичному». Визначення вмісту гумусу має виходити із передумов, які дають змогу визначити вміст у даному ґрунті саме того «сорт» гумусу, який для нього характерний. Численні ж дані щодо вмісту гумусу в ґрунті, які є в літературі, на жаль, мало дають навіть з кількісного погляду, бо процентний вміст вуглецю різний не тільки в гумусах різних ґрунтів.

Як свідчать досліді Вернандер і Голубева, навіть та сама грудка ґрунту містить у собі ряд «гумусів» різного ступеня дисперсності, різного хімічного складу і, без сумніву, різного біодинамічного значення, різної доступності для мікроорганізмів, що неоднаково впливають і на фізичні властивості ґрунту. Як приклад, що ілюструє непридатність ні для теорії, ні для практики сільського господарства способів визначення гумусу, які увійшли в плоть і кров агрохімії і ґрунтознавства, Гедройц наводить випадок, коли обчислений таким способом — за вмістом вуглецю — процент гумусу в торфі був вищий, ніж уся втрата від прожарювання, тобто гумусу було ненавч більше, ніж всієї органічної речовини, та ще й плюс вода, яка була в мінеральній колоїдній частині торф'яного ґрунту, у його глині. Тому старанно проведені і дорогі визначення гумусу треба замінити іншими, бо перерахунки приводять, як ми вже бачили, до абсурдних результатів.

Через цілковиту умовність і ненадійність перерахунків тепер майже скрізь переходять до визначення процентного вмісту С, а не гумусу.

Простим способом обліку вмісту гумусу в ґрунті є окислення його з допомогою нейтрального реактиву — перекису водню  $H_2O_2$ . Цей спосіб був запропонований майже одночасно мною і Робінзоном і застосовувався Гедройцом. Полягає він у тому, що зважену пробу ґрунту нагрівають у ваговому циліндрику на водяній бані з 6-процентним розчином перекису водню. Через короткий час ґрунт починає світлішати, втрачаючи свій гумус, і, нарешті, чорнозем набуває кольору своєї материнської породи — лесу. Висушивши й віднявши одержану вагу від ваги початкової ґрунту, дістанемо втрату від окислення, яка характеризує даний ґрунт; що втрату в першому наближенні можна вважати величиною, яка дорівнює вмістові в ґрунті гумусу. Лишається неокислена частина органічної речовини, яка сама по собі не відіграє ролі як джерело енергії для мікробів.

У ґрунті присутні різні форми органічної речовини, починаючи від свіжих рослинних тканин і більш чи менш змінених решток їх до чорного колоїдного гумусу, де вже не можна помітити ознак рослин, які були для нього матеріалом.

Для виділення гуміфікованої частини органічної речовини від негуміфікованої запропоновано ряд способів: наприклад, обробка ґрунту перекисом водню, що окислює гумус; ацетилбромідом, що дає змогу визначити, яка частина органічної речовини встигла перетворитися в гумус.

Вияснився високий ступінь гуміфікації для чорнозему і низький — для болотних і підзолистих ґрунтів.

## ✓ АЗОТ У ҐРУНТІ

Мікроорганізми в ґрунті відіграють велику роль у створенні найважливішої складової частини ґрунту — його гумусу. Крім того, мікроорганізми беруть діяльну участь у динаміці вельми

важливих біогенних елементів, насамперед азоту й фосфору, які з участю мікроорганізмів то переводяться в форми, доступніші рослинам, то, навпаки, переходять у мертвий капітал.

Кругообігу азоту в природі приділяють багато уваги у курсах мікробіології, агрохімії і загального землеробства; тому ми зупинимось тут тільки на найважливіших його моментах. Як відомо, основна частина азотного запасу в природі міститься в атмосфері, що має його 77%. Гірські породи азоту майже не містять. Первинні утворення запасів азоту в ґрунті відбувалися за рахунок атмосфери. Спочатку воно йшло суто хімічним шляхом: по-перше, внаслідок електричних розрядів, які відбувалися в атмосфері (утворення окисів N), а крім того, синтезом азотовмісних сполук з мінеральних складових частин повітря (вуглекислота, вода і азот повітря) під впливом ультрафіолетових променів.

Разом з розвитком життя, з появою на поверхні землі мікробів, серед них виділився ряд організмів, здатних вбирати азот повітря, переводити його в зв'язну форму і, таким чином, збагачувати ґрунт. Перше місце серед них належить азотобактеру (*Azotobacter*) — аеробному організмові і клостридіуму (*Clostridium*) — анаеробу.

У зв'язку з повнішим використанням енергії органічних сполук, перший із них на вагову одиницю органічних сполук зв'яже більше азоту, ніж другий. З появою бобових рослин і мікробів, які утворюють на їх коренях бульбочки (бульбочкових бактерій), стало ще більше джерел постачання ґрунтового азоту. Дальше збагачення азотом відбувалося разом з нагромадженням у ґрунті гумусу.

Як уже було зазначено, вміст азоту в гумусі збільшується від вологих районів до посушливих, але, як і слід було чекати, він залежить не тільки від кліматичних умов, але й від умов розкладу органічної речовини в ґрунті. Так, наприклад, у пилуватому осолоділому чорноземі стародавньої тераси Дніпра (Носівська дослідна станція) вміст азоту в гумусі далеко більший (7,4%), ніж у чорноземі Харківської дослідної станції (4%), хоч ґрунт останньої далеко багатший на гумус, ніж першої. З гумусом зв'язаний не тільки азот, але також фосфор і сірка ґрунту. Це видно з даних аналізу чорнозему Анненківської дослідної станції, наведених у таблиці 38, а також у таблиці 39, де показаний розподіл запасів вуглецю і різних форм азоту в профілях чорноземів.

Слідом за розпадом білків і появою вільних аміносполук вміщений у них зв'язаний азот піддається спочатку процесам амоніфікації, відщеплення аміаку, який разом з вугільною кислотою ґрунтового атмосфери дає гідрокарбонат і карбонат амонію  $NH_4HCO_3$  і  $(NH_4)_2CO_3$ . Серед бактерій-амоніфікаторів особливу роль відіграє *Bacillus mycoides*.

Далі, утворений таким чином вуглекислий амоній під впливом бактерій спочатку перетворюється в азотисту, а потім в азотну



Таблиця 38

Зв'язок N, P і S з гумусом у чорноземі Анненківської дослідної станції  
Ульяновської області (кол. Сибірської губернії)  
(у процентах) (за Дворжаком)

Шар ґрунту (в сантиметрах)	Гумус	N	N в гумусі	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>
0—18	6,58	0,207	3,14	0,241	0,338
18—26	5,52	0,205	3,71	0,226	0,263
25—55	1,64	0,064	3,90	0,126	0,151
55—90	0,26	0,015	5,73	0,058	0,082

Таблиця 39

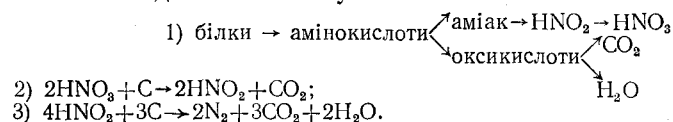
Розподіл гумусу і N в глибоких шарах чорнозему Сумської дослідної станції  
(міліграмів на 1 кг ґрунту) (за Сазановим)

Глибина (в метрах)	C	NH <sub>3</sub>	HNO <sub>3</sub>	HNO <sub>2</sub>	N органічний
1	4667—11340	16—39	188—262	0,8—0,3	446—1778
2	4810—8240	12—25	223—246	0,9—0,6	323—534
3	2900—3670	8—15	219—172	0,7—0,8	141—262

кислоту, які, нейтралізуючись ґрунтовими основами, утворюють різні (вапняну, калійну, натрієву) селітри. Перетворення аміаку в азотисту кислоту відбувається при участі *Nitrosomonas*; азотисту в азотну переводить *Nitrobacter*.

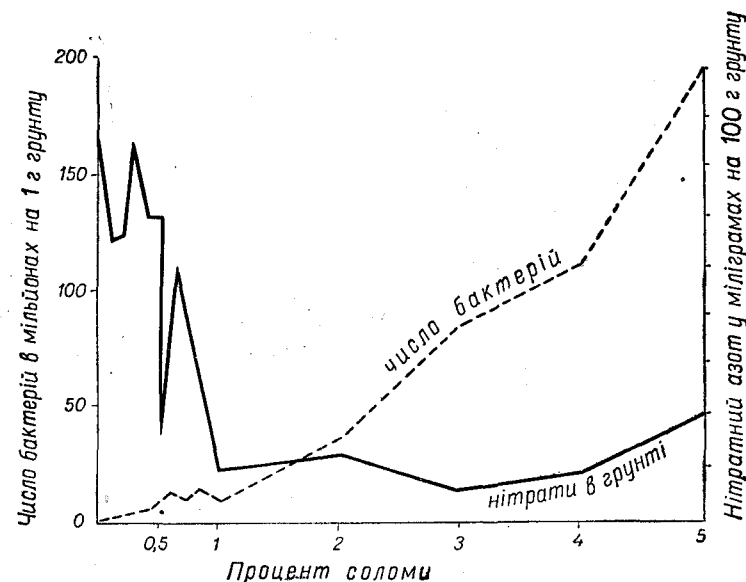
Ці селітри, спожиті рослинами й нижчими організмами, знову перетворюються в азотовмісні органічні сполуки їх тіл (білки, алкалоїди тощо — біологічна фіксація); частково ж, відновлюючись під впливом хімічних і мікробіологічних факторів, дають солі азотистої кислоти і, нарешті, елементарний азот і аміак. Процес утворення селітри, згаданий вище, називається процесом нітрифікації. Протилежний же процес перетворення азоту в менш окислені форми з виділенням елементарного газоподібного азоту — денітрифікація. Відщеплення аміаку від органічної речовини і наступні окисні явища дають певну кількість енергії, використовуваної мікробами для своїх життєвих процесів.

Ось схема динаміки азоту:



Суто хімічний процес становлять втрати азоту при взаємодії азотистої кислоти з амінокислотами:  $\text{RNH}_2 \cdot \text{COOH} + \text{HNO}_2 \rightarrow \text{ROH} \cdot \text{COOH} + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

Власне кажучи, найістотнішим явищем у розкладі органічної речовини, у тому числі і в явищах амоніфікації, є використання мікроорганізмами запасів її потенціальної енергії і лише для небагатьох — автотрофів або хемотрофів — окислення мінеральних сполук. Так, амоніфікатори в присутності надміру вуглеводів — легкодоступних сполук — використовують їх, залишаючи осторонь білки з їх продуктами розкладу, а тому амоніфікація зменшується,



Мал. 15. Вплив добавки соломи на число бактерій і кількість нітратів у ґрунті.

а разом з тим зменшується і кількість матеріалу, потрібного для нітрифікації. Якщо в ґрунті міститься значна кількість таких речовин, які легко розкладаються (наприклад, соломи), то, сприяючи розмноженню бактерій, вони разом з тим затримують хід нітрифікації не тільки через те, що не утворюється достатня кількість нітратів, але й тому, що вже утворені нітрати відновлюються або споживаються мікроорганізмами.

Процес нітрифікації — це процес аеробний; тому фактори, які сприяють збільшенню аеробності ґрунтового режиму, разом з тим (при належній вологості) сприяють і розвитку процесу нітрифікації.

Тому зрозуміла різниця у рухомості азоту в структурному харківському і безструктурному носівському чорноземах (табл. 40). Структура й тут є важливим фактором ґрунтової динаміки.

Ясна тут роль кальцію, бо утворена в процесі окислення амонію азотиста, а потім і азотна кислоти, нагромаджуючись, затримували б дальший хід мікробіологічних процесів. Сполуки ж кальцію (обмінний кальцій і  $\text{CaCO}_3$ ) дають можливість нейтралізувати цю кислоту й підтримувати реакцію, найбільш сприятливу для розвитку процесу.

Нітрифікація в ґрунті залежить від багатьох факторів як природних, так і агротехнічних (температура ґрунту, вологість, реакція, кальцій, вплив один на одного мікроорганізмів і, нарешті, вплив самих рослин).

На нітрифікацію має вплив і вид культурної рослини — і не тільки тому, що рослини споживають готові нітрати, а й тому, що вони своїми кореневими виділеннями безпосередньо впливають на цей процес, міняючи екологічні умови; роль різних рослин у цьому не однакова. Вплив обробітку на кількість нітратів не підлягає сумніву, і це зрозуміло, бо обробіток обумовлює ступінь пухкості ґрунту, а отже, і ступінь аерації, зволоження тощо.

Кількість нітратів, нагромаджених у різних ґрунтах, різна, як це видно з таблиці 40.

Нітрифікація в різних ґрунтах  
(за Германовим)

Таблиця 40

Станції	Селітри в ц/га	% гумусу	%N у гумусі	%N у ґрунті
Носівська (Чернігівська) дослідна станція; пілуватий чорнозем 3-ї старої тераси Дніпра . . . . .	3,5	3,4	7,4	0,24
Харківська дослідна станція; глибокий чорнозем . . . . .	7,5	5,4	4,0	0,22
Сумська дослідна станція; глибокий чорнозем . . . . .	13,5	5,7	4,2	0,24
Безенчукська дослідна станція, Куйбишевської обл.; чорнозем . . . . .	15,0	7,8	3,4	0,35
Шатилівська дослідна станція, Орловської обл.; деградований чорнозем	45,0	—	—	—

Особливо багато утворюється нітратів у ґрунтах сухих районів Середньої Азії при зрошуванні, де і в природних умовах нітрифікація того запасу азоту, який там є (а надто на місцях старих селищ), відбувається настільки енергійно, що навіть у ґрунтах рівної пустині кількість нітратів доходить до 1,5—2%, на низинах же, куди вони вимиваються з вищих місць, — до 10%. У старих могилах Бухари калійної селітри виявлено більше 14%. Власне кажучи, тут відбувається своєрідний процес засолення селітрою. Такі ж нітратні плями відомі і в пустелях Північної й Південної Америки. Азот вбирається з атмосфери азотобактером, якого багато в цих ґрунтах, і потім після відмирання бактерій швидко нітрифікується.

Дослідженнями школи Прянішнікова виявлено, що рослина споживає не тільки нітратний, але й аміачний азот, що останній, мабуть, рослини дістають з меншими затратами енергії, бо він іде безпосередньо на утворення аміносполук і на синтез білків. А тим часом дослідження Шмукі показали, що під рослиною, яка зростає на полі, нітратів немає і не тільки тому, що рослини їх споживають, але також внаслідок умов, які заважають появі нітратів (відновлююча дія коріння рослин).

Ціанамід кальцію, внесений у ґрунт, розкладаючись там, протягом тривалого часу не дає селітри, — рослини живляться аміачним азотом. Якщо ж узяти до уваги, що потреба азоту для доброго врожаю становить 3—4 ц селітри на гектар, то утворення її в такій колосальній кількості, як показано вище, зовсім непотрібне; така збільшена нітрифікація в умовах промивання ґрунту атмосферними або зрошувальними водами призводить тільки до зовсім непотрібних, непродуктивних втрат. Нема чого й казати, що наявна кількість селітри у ґрунті ні в якій мірі не свідчить ще про здатність ґрунту нітрифікуватися, бо утворена селітра в той же час зникає з ґрунту як в результаті денітрифікації, так і внаслідок споживання її рослинами і нижчими організмами. Єдине, про що говорить нітрифікація, — це наявність у ґрунті досить добрих умов, які їй сприяють, в тому числі достатньої вологості, аерації, реакції тощо.

Денітрифікація у ґрунті відбувається в протилежних умовах, в умовах нестачі кисню і занадто лужної реакції. Втрати азоту відбуваються не тільки біологічним шляхом, але й суто хімічним, при реакції між солями азотистої кислоти і аміносполуками. Це буває в умовах не зовсім повної аерації ґрунту і в недосить ущільненому гної.

Проте як і при обліку ґрунтової кислотності й лужності, так і щодо аеробності і анаеробності тепер уже немає такого протиставлення двох крайностей: як у випадку визначення реакції ґрунту рН дає різні градації її, так і ступінь аеробності і анаеробності вимірюється електрометрично й колориметрично, і мірилом його є окисно-відновний потенціал — *Eh*. Денітрифікація в зв'язку з іншими умовами настає вже при невеликому зниженні аерації ґрунту.

Природно, що в процесі культури самих тільки однорічних рослин, під впливом посиленого розкладу органічних речовин, і сприятливих умов для амоніфікації й нітрифікації відбувається не тільки поступове окислення гумусу, а також все більше й більше азоту виходить з ладу, що зв'язано з втратами органічної частини ґрунту і вміщеного в ньому азоту. Звідси — потреба поповнювати втрати. Найповніше цього можна досягти, запроваджуючи гнойові і зелені удобрення, а також посів багаторічних трав, там, де це дозволяють кліматичні умови.

## ✓ ФОСФОР У ҐРУНТІ

Щодо фосфору — другого важливого біогенного елементу — слід також відзначити його своєрідний цикл. Насамперед фосфор, як і інші важливі для організмів хімічні елементи, розсіяний у земній корі (0,152%), дає великі скупчення, доходячи у курському фосфориті до 13,6%, а в подільському навіть до 38,6%  $P_2O_5$ . Причина цієї концентрації фосфору — живі організми, які збирають його в своїх кістках, насінні й інших органах. Така ж біологічна акумуляція фосфору відбувається і внаслідок роботи коріння рослин, яке нагромаджує фосфорну кислоту в поверхневих горизонтах. Так, наприклад, у гірському чорноземі, за Косовичем, на глибині 70 см  $P_2O_5$  було 0,19%, а на глибині 0—5 см — 0,47%; це саме та фосфорна кислота, яку рослини видобували з нижніх горизонтів ґрунту і збирали у шарі розташування коріння. Багаті на фосфор мінерали — апатит, який входить до складу вивержених порід (в СРСР на Кольському півострові в нефелінах), і — в осадових породах — фосфат заліза, віваніт у вигляді синіх землянистих мас.

Фосфор потрібний не тільки для вищих рослин і тварин, але й для мікроорганізмів (у золі азотобактера міститься 5%  $P_2O_5$ ). Вміст P в ґрунтах дуже мінливий. Є ґрунти, як, наприклад, описані Енгельгардтом (Західна область), що на них ніякі фосфорні добрива не впливають, бо їх материнська порода — фосфоритові піски — надзвичайно багата на фосфор. Описані й такі випадки, коли нестача фосфору в ґрунті приводить до справжнього голодування тварин, які одержують корм з цих ґрунтів. Тут маємо картину «хвороб нестачі живлення», які можуть бути дуже серйозні. Такі явища спостерігалися в Австралії, Південній Африці і інших країнах. У таких випадках абсолютно необхідне удобрення ґрунтів суперфосфатом або треба постачати тваринам кісткове борошно\*.

У різних країнах помічено, що ґрунти найкращих пасовищ найбільше забезпечені фосфором.

Фосфорні сполуки, так само як і сполуки азоту, можуть бути у різних формах. Про фосфоритові піски ми вже говорили. Можуть бути у ґрунті й кристалики апатиту як залишки від вивітрювання вивержених порід. Крім того, у ґрунтах у процесі розвитку їх властивостей утворюються нові сполуки фосфору — як органічні, так і неорганічні. З гумусом так чи інакше зв'язані сполуки типу фітину, лецитину, нуклеопротейдів тощо. З мінеральних сполук фосфору трапляється віваніт — фосфорнокисла сіль закису заліза прекрасного синього кольору  $Fe_3(PO_4)_2 \cdot nH_2O$  (у болотних ґрунтах).

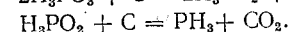
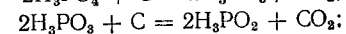
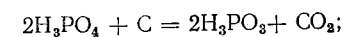
\* «Хвороби нестачі» бувають і в людей (рахіт, воластість тощо).

На болотах, де панує анаеробіозис, віваніт має білуватий колір, набираючи на повітрі за півгодини яскравосинього забарвлення. Віваніт з Бісерового болота під Москвою містив 27%  $P_2O_5$ . Звичайно у ґрунтах утворюються фосфати Са.

Мінеральні сполуки фосфатів Са відмінні їх різною розчинністю залежно від змін pH [ $Ca_3(PO_4)_2 < CaHPO_4 < CaH_2(PO_4)_2$ ]. Ще менш розчинні фосфати заліза. Тим-то спостерігаємо важку доступність фосфатів на ґрунтах, багатих  $Fe_2O_3$  (з низьким відношенням  $SiO_2 : R_2O_3$ ), як червоноземи Західної Грузії. Так само у роки тривалої і вологої весни з появою в розчині іонів  $Fe^{2+} \rightleftharpoons Fe^{3+}$  різко зменшується ефективність фосфатних добрив\*.

Фосфати під впливом того або іншого ступеню аерації дають більш-менш окислені сполуки. Так, Рудаков відкрив процес дефосфатизації — переходу від ортофосфорної кислоти через фосфористу й фосфорноватисту до фосфористого водню.

Самий хід процесу можна навести у вигляді такої схеми:



Таким чином, залежно від ступеню аеробності утворюються різні сполуки фосфору в ґрунті. Великі скупчення решток організмів при анаеробних умовах дають фосфористий водень (як це буває на старих кладовищах), помітний у вигляді мандрівних вогників.

Факторами доступності фосфорної кислоти ґрунту сільськогосподарським рослинам є не тільки розчинність її сполук (Лебедянець показав, що навіть фосфорит, достатньою мірою здрібнений, рослини прекрасно засвоюють), але й реакція ґрунту і мікробіологічна діяльність його. Цвілі засвоюють  $P_2O_5$  з  $Ca_3(PO_4)_2$ ; після їх відмирання  $P_2O_5$  переходить у розчин. Цілий ряд бактерій розчинно діє на нерозчинний фосфат кальцію, виділяючи в процесі свого життя  $CO_2$  і органічні кислоти. При розкладі 400 ц гною за рік може утворитися близько 2 ц органічних кислот, які впливають на фосфорит (Стоклаза). Так само, за Лебедянцевим, діє й нітрифікація. Проте мікроорганізми, споживаючи поживні речовини, інколи стають конкурентами сільськогосподарських культур (біологічне вбирання). Крім того, на ґрунтах, ненасичених кальцієм, внаслідок «пожадливості» до нього колоїдної частини ґрунту, забезпечується перехід важкорозчинного трикальцієвого фосфату з фосфоритового борошна у доступнішу форму (Гедройц); так само діють і рослини, які споживають багато кальцію.

\* Раннє звільнення полів від води, розпушування ґрунту послаблюють цей процес.

## ЕЛЕМЕНТИ БІОДИНАМІКИ ҐРУНТУ

## ✓ Мікроби і землеробство

Мікроорганізми в ґрунті, як ми вже говорили, становлять помітну кількість і в усякому разі надзвичайно цікаву своєю активністю частину ґрунту. Як видно з короткого розгляду зміни форм сполук різних елементів у ґрунтах, вона значною мірою, а інколи й цілком, зв'язана з діяльністю мікроорганізмів. Тому розуміння ґрунту як вічно змінюваного, вічно мінливого тіла, зміни якого в одних випадках бувають сприятливі для сільсько-господарських цілей, а в інших випадках несприятливі, — це розуміння неминуче має зв'язати динаміку родючості ґрунту з його біодинамікою.

Визначне відкриття Виноградським мікробів — причини нітрифікації — привело до того, що основну, якщо не виняткову, увагу почали приділяти організмам, які переробляють сполуки азоту в ґрунті з утворенням селітри. Ще більше посилювався інтерес до азоту в зв'язку з відкриттям мікробів — фіксаторів атмосферного азоту — як симбіотуючих з вищими рослинами, так і тих, що вільно живуть у ґрунті; інші ж біогенні елементи — насамперед фосфор — не мали потрібної уваги.

В агрономії склалося уявлення, що мікроби — це невидимі друзі людини, а в медицині в той же час панувала протилежна (і теж, як тепер виявилось, невірна) настанова: мікроби невидимі вороги людини. Цілком ясно, що й те й друге уявлення в абсолютній формі неправильне, і це не тільки тому, що різні мікроби мають різні біохімічні особливості, дають неоднакові продукти — інколи корисні, інколи шкідливі для культурних рослин, а часом і для тварин. Справа ще і в тому, що всі мікроби, як і вищі рослини, є споживачами мінеральних поживних речовин, навіть ті з них, які є постійними, так би мовити, «помічниками» сільського господарства, як, наприклад, азотобактер; якщо в ґрунті є досить нітратів, тоді він потрібної нам роботи зв'язування азоту з атмосфери не робить (Расель). Це зрозуміло, бо синтез з нітратів вимагає меншої затрати енергії, ніж при використанні азоту атмосфери. В той же час ряд явно шкідливих патогенних мікробів зв'язує азот повітря. Таким чином, мікроби ґрунту іноді бувають «помічниками», а іноді «шкідниками», «дармоїдами» — конкурентами, які перехоплюють у рослин потрібні їм поживні речовини. Тимчасом і в медицині виявилася корисна роль деяких бактерій і грибків, які пригнічують розвиток патогенів і дають живини при лікуванні хвороб антибіотики. Завдання агрономічної науки — знайти шляхи «приручення» цих «друзів» і «ворогів».

## Мікроби й енергетичний баланс у ґрунті

Якщо до мікронаселення ґрунту підійти з енергетичного погляду, виявиться дуже цікава картина. Маючи на увазі величезну кількість бактерій, які живуть у ґрунті, легко зрозуміти, що вони становлять помітну частину його тіла. При середньому діаметрі ґрунтових бактерій в 2  $\mu$  і кількості їх на 1 г ґрунту тільки в 1 млрд., в 1 г ґрунту об'єм живої речовини становить 0,004 куб. см, а при діаметрі в 4  $\mu$  — 0,033 куб. см. Це означає, що при поруватості ґрунту в 26% загального його об'єму (і об'ємній вазі = 1), жива речовина займає від 1,5 до 16,3% об'єму усіх пор. Ця маса живої речовини дихає, споживаючи кисень і виділяючи CO<sub>2</sub>, даючи цілий ряд різноманітних хімічних сполук, у тому числі аміак і органічні кислоти, тим самим різко міняючи реакцію середовища \*. Ці мікроби залежно від умов існування то надзвичайно розмножуються, займаючи раз у раз більше об'єму ґрунтових пор, то переходять у стан спокою, надзвичайно чуло відкликаючись на всі ті зміни зовнішніх умов як природних, так і агротехнічних, які змінюють приплив кисню, реакцію середовища тощо.

У зв'язку з цим треба сказати, що ґрунтові колоїди разом з мікроорганізмами, які на них живуть, являють вічно мінливу, що постійно змінює свій вигляд, систему, як дехто каже, «протоплазму» ґрунту. Мікроби тут не тільки пасивно пристосовуються до змін умов середовища, але й самі виступають як фактор першорядного значення, який змінює і хімічні і фізичні властивості ґрунту. Ці мікроорганізми не тільки беруть участь у мінералізації органічних сполук, які є в ґрунті, але й ставлять колосальні вимоги до органічної речовини, що є для них енергетичною базою. У зв'язку з цим цікаво розглянути баланс енергії на 1 га протягом року і за 1 день.

Взявши до уваги ту кількість енергії, яку дають стерня і добрива, ту частину енергетичного матеріалу, яка залишається в ґрунті і використовується в урожаї, прийшли до такого висновку: протягом року з неудобреного поля втрачається на 1 га 2,5 млн. великих калорій, а з удобреного 37,6 млн. Це дає на 1 день — 6750 і 83 тис. калорій. Якщо покласти, що денна пайка людини містить 3600 калорій, то вийде, що 1 га за день втрачає кількість енергії, яка відповідає майже двом людським раціонам у першому випадку і 30 пайкам — у другому. В той же час підрахунок показує, що збільшення урожаю дає лише еквівалент 1 1/4 людського пайка на неудобреному і 5 пайків на удобреному га. Таким чином, при сучасному стані агротехніки людина, обробляючи ґрунт і удобряючи його, працює не так на себе, як на ґрунтових мікробів.

\* Ґрунт не тільки підкислюється виділеними мікробами кислотами (оцтовою, молочною, масляною тощо), а може й підлугуватися (наприклад, при

розкладі сечовини уробактеріями:  $\text{CO} \begin{matrix} \text{NH}_2 \\ \diagup \\ \text{NH}_2 \end{matrix} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{NH}_3$ ).

Зрозуміло, справа тут зовсім не в тому, щоб сподіватися на будь-яких помічників. Адже робота їх може йти у різних напрямках, даючи і різний вплив на урожай. Для нас важливо, щоб за допомогою агротехнічних способів направляти мікробіологічні процеси у потрібному нам напрямі, щоб мати найбільший ефект. Так, наприклад, з двох фіксаторів азоту — азотобактера й клубнебактерії — перший з них — аероб ефективніше використовує наявну енергетичну базу, тобто запаси органічних речовин у ґрунті; другий — анаероб — не доводить процесу до повної мінералізації, зупиняється, так би мовити, на півдорозі. Очевидно збільшення аеробності в ґрунтових умовах, сприяючи збільшенню кількості азотобактера і його працездатності, разом з тим збільшує й ефективність використання ґрунтової органічної речовини, збільшує й темпи збагачення ґрунту азотом. Впливає на збільшення кількості азотобактера й вапнування, яке усуває кислотність і ненасиченість ґрунту вапном, а також фосфатні добрива, які забезпечують мікроорганізми потрібним їм фосфором. Варто згадати, що азотобактер настільки вимогливий до вапна й фосфору, що були запропоновані способи визначати потребу ґрунту в вапнуванні і фосфатних добривах, висіваючи як пробу на відповідні ґрунти азотобактер: на ґрунтах, бідних фосфором і кальцієм, він не росте.

Серед мікроорганізмів є певна спеціалізація щодо тих речовин, які вони споживають, і тих сполук, які вони утворюють. Проте при всій відмінності фізіологічних груп мікроорганізмів, що існують у ґрунті, співвідношення різних груп і остаточні результати їх життєдіяльності надзвичайно мінливі. Справа ускладнюється ще й тим, що, крім небагатьох груп мікроорганізмів, таких, наприклад, як нітрифікатори, переважна більшість інших бактерій не така вже специфічна, як це колись вважали. Це зрозуміло, бо основна риса безхлорофільних організмів — бактерій — гонитва за енергією, потрібною для їх життя.

Здебільшого мікроорганізми виявляють чималу гнучкість, міняючи свої біохімічні реакції так, щоб з наявного матеріалу при даних умовах середовища мати потрібну енергію. Робота мікроорганізмів іде у кожному даному випадку саме в тому напрямі, який за наявних умов найвигідніше, найлегше дасть енергію. Тому найправильніше мірило активності мікробів — це к і л ь к і с ь т ь т е п л а (к а л о р і й), виділена в результаті розкладу.

Ось чому, за небагатьма винятками, так важко виявити роль окремих груп мікроорганізмів у процесах розкладу, тим більше, що в ґрунті мікроорганізми перебувають у зовсім інших умовах, ніж у лабораторії, в чистих культурах. У зв'язку з цим слід відзначити, що від агрономічних досліджень ґрунтової мікробіології, проведених на наших дослідних станціях, сподіваних наслідків не одержано. Звичайні визначення нітратів, кількості бактерій,  $\text{CO}_2$ , визначення груп мікробів, кількості їх тощо, — все це дало мало

підстав для розв'язання основного питання: як керувати цим мікроскопічним світом за допомогою агротехнічних заходів, які основні закони й залежності його життя.

Тому слід критично поставитися до тенденцій, які намагаються усю проблему родючості ґрунту, усю складність ґрунтової динаміки звести або до найпростіших хімічних реакцій, або до окремих мікробіологічних процесів, нез'яваних ні між собою, ні з умовами ґрунтового середовища. Проте родючі ґрунти — це біологічно активні ґрунти.

У свій час цим захопленням дав сувору оцінку Тімірязєв, засудивши надмірну переоцінку мікробіологічних методів у агрономії («бактеріологію»).

### ✓ Регулювання біодинаміки ґрунту

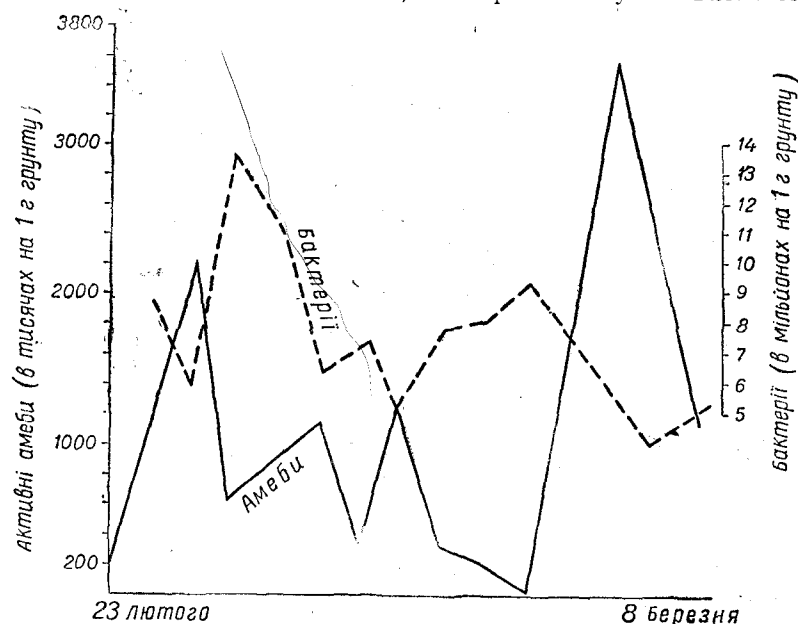
Уже є деякі успішні спроби регулювати напрям і хід мікробіологічних процесів. Так, наприклад, виявлені цікаві співвідношення між двома головними групами ґрунтових мікроорганізмів — між найпростішими одноклітинними тваринами (амеби, інфузорії тощо), з одного боку, і бактеріями, з другого. Насамперед виявилось, що кількість бактерій в одиниці об'єму ґрунту — річ надзвичайно мінлива, що вона міняється не тільки протягом днів, місяців, а навіть і протягом одного дня. Підраховуючи кількість бактерій і одноклітинних тварин, дослідники переконалися в тому, що між ними існує певний антагонізм — збільшення амеб призводить до зменшення кількості бактерій і навпаки. Втручаючись у життя мікронаселення ґрунту за допомогою стерилізуючих речовин (перегріта пара, толуол тощо), можна відповідно змінити співвідношення між різними групами мікроорганізмів. Природно, що при цьому стійкіші спортивірні бактерії легше переносять вплив часткової стерилізації, тоді як амеби гинули. Після такої операції родючість ґрунту збільшувалася, зростала і мікробіологічна життєдіяльність у ньому (Мал. 16).

У великих овочевих господарствах, в умовах парникового вирощування культур це повинно знайти собі відповідне місце. Досліди Лобанова, Щепетильнікової і інших показали, що ряд хімічних речовин (хлорпикрин, продукти коксобензольної промисловості), знищуючи шкідливі мікроорганізми й бур'яни, в той же час дуже збільшують активну родючість ґрунту.

Інше застосування сільськогосподарської мікробіології — це виготовлення штучного ґною з соломи за допомогою певних груп організмів.

Впливаючи на солому культурами певних бактерій з додаванням азоту, якого тут не вистачає, у вигляді сульфату амонію, дослідники зуміли одержати ґній, що не поступається своїми властивостями природному ґноєві.

Важлива галузь, де доводиться зважати на ґрунтову мікробіологію, — це знищення й знешкодження міських покидьків, а надто каналізаційних вод. Тут ґрунтові мікроорганізми повинні проявити максимальну працездатність, щоб остаточно мінералізувати покидьки населених місць, які заражають усе навколо себе.



Мал. 16. Динаміка кількості бактерій і аміб у ґрунті.

Цього домоглися на полях зрошування (одеських, московських, київських, берлінських і т. д.), де сточні води, проходячи крізь ґрунтову товщу, піддаються впливові бактерій, які розкладають і окисляють розчинені органічні сполуки. Перед наукою стоїть завдання якнайбільше використати ці процеси для сільськогосподарського виробництва.

### ✓ Діяльність мікробів у різних ґрунтах

Різні ґрунти щодо мікробіологічної характеристики неоднакові остільки, оскільки в них неоднакові умови для розмноження й розвитку мікроорганізмів. Добре відомо, наприклад, що нові культури бобових рослин, посіяні на новому місці, в перші роки не утворюють бульбочок, бо в ґрунті немає відповідних видів бактерій; тому, починаючи вирощувати нову культуру, треба подбати

про зараження ґрунту землею з ділянок, де ця культура вирощувалася довгий час. Проте, крім відсутності відповідних бактерій, не меншу роль відіграють властивості самого ґрунту; якщо вони несприятливі, то навіть така звичайна культура, як червона конюшина, не утворює бульбочок і швидко випадає з посіву (Макринов). Тому, бажаючи регулювати склад мікроорганізмів у ґрунті, треба звертати увагу не тільки на мікробів, а й на те середовище, куди вони потрапляють, де вони мають працювати. Ґрунти кислі, ґрунти з утрудненим доступом повітря, взагалі кажучи, показують бідну й несприятливого складу мікрофлору; у кислих ґрунтах помітне місце належить грибам; азотобактер у них не розвивається. З другого боку, не всяка органічна речовина може бути джерелом енергії для мікробів. Навіть гній розкладається неоднаково: спочатку дуже енергійно, а потім все гірше й гірше, як це видно з таких цифр. У літрі повітря, яке пройшло крізь розкладену речовину, містилося кубічних сантиметрів  $\text{CO}_2$ :

при розкладі свіжого гною . . . . .	13,4;
при розкладі гною через 8 тижнів . . . . .	11,7;
при розкладі гною через 20 тижнів . . . . .	8,2;
при розкладі торфу з глибини 10,5—36,8 см . . . . .	3,2;
при розкладі торфу з глибини 78,9—115,7 см . . . . .	2,8.

Звідси видно, що в міру споживання найдоступнішого бактеріям матеріалу темпи їх роботи уповільнюються. І кінець кінцем чорний гумус важко піддається дії мікроорганізмів (його псевдорозчини стояли у мене, не розкладаючись, по кілька років, без будь-яких антисептиків); з утворенням гумусу мікробіологічні процеси ідуть, головним чином, за рахунок свіжих органічних решток. У зв'язку з цим впадають в очі слабкі темпи мінералізації органічного запасу чорноземів, які не відповідають багатству в них гумусу.

Відзначають різку відмінність між цілиніми ґрунтами і ґрунтами орними. На цілинах незалежно від типу ґрунту мікробіологічні процеси ідуть значно слабше, ніж на орних землях, причому мікробіологічна життєдіяльність у підзолистих ґрунтах обмежується самою лише дерниною. На оброблених і удобрених ґрунтах, надто після вапнування, активність значно збільшується; проте, досить залишити ділянку необробленою, як вона за 3—4 роки повернеться до колишнього низького рівня мікробіологічних процесів (Кравков). Слаба активність і на торф'яних ґрунтах, де разом з культурою вона зростає — і не так після осушування, як після обробітку й вапнування.

Так само впливає на мікробіологічну активність ґрунтів і зрошування, яке різко збільшує як кількість мікробів, так і їх активність. Проте відразу ж після поливу кількість нітратів різко зменшується (разів у 5—6); правда, через деякий час вона відновлюється. Вплив культури на цих ґрунтах видно з підрахунку

бактерій, зробленого Корсаковою у сіроземах Голодного степу, де на 1 г ґрунту містилося в полі з-під люцерни:

недренованому . . . . .	1915, млн. бактерій,
дренованому . . . . .	2669 » »
недренованому засоленому . . . . .	1064 » »

Як видно, надмір води і солей різко знижує кількість ґрунтової мікрофлори. Крім властивостей ґрунту, на його мікробіологічну активність впливають і самі рослини; у сфері, яка оточує коріння (ризосфера), де містяться продукти, виділені з коренів (яблучна й інші кислоти, вуглеводи, фосфатиди й гази), для мікроорганізмів створюються зовсім інші умови, ніж на деякій відстані від коренів. Само собою зрозуміло, що різні рослини неоднаково впливають на мікрофлору, на різних її представників. Наприклад, бобові сприяють нагромадженню в ґрунті азотобактера, тоді як пшениця, бавовник і деякі інші пригнічують його розвиток (Красильніков).

### ХІМІЧНИЙ СКЛАД І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ

Рослини беруть з ґрунту не тільки воду й кисень, потрібні для їх коріння (фактори, що дуже впливають на ріст рослин; дія їх регулюється обробіткою ґрунту), але й мінеральні поживні речовини; тому питання про хімічний склад ґрунту, про відповідність цього складу потребам рослин давно викликало великий практичний інтерес. Разом з поширенням теорії мінерального живлення рослин не раз ставилося питання про те, як підійти до обліку «багатства» ґрунту поживними речовинами, як визначити їх ефективні запаси.

Таблиця 41

Хімічний склад (у процентах) глибокого чорнозему кол. Воронізької губернії (за Глинкою)

	Глибина чорнозему (в см)		
	0—10	25—40	близько 150
Втрати від прожарювання . . . . .	13,79	11,25	9,17
Гумус . . . . .	10,77	—	—
Вуглекислота CO <sub>2</sub> . . . . .	0,04	0,10	7,04
Глинозем Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	11,90	12,74	12,61
Кремнезем SiO <sub>2</sub> . . . . .	61,86	62,35	49,98
Окис заліза Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	5,23	5,87	5,26
Вапно CaO . . . . .	2,17	2,48	10,48
Магnezія MgO . . . . .	1,44	1,83	2,37
Окис калію K <sub>2</sub> O . . . . .	2,16	2,07	1,96
Окис натрію Na <sub>2</sub> O . . . . .	1,11	1,05	1,02
Фосфорна кислота P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,30 *	0,24	0,12
Гігроскопічна вода . . . . .	8,61	—	—

\* Розчинна у двопрцентній цитриновій кислоті — 0,190.

Таблиця 42

Хімічний склад (валовий) бурого ґрунту з Єрґенів (Антипов-Каратаєв)

ґрунти	У 100 частинах сухого ґрунту містяться:									
	Горизонти і глибина, в яку вранто зок (у сантиметрах)	Горизонти і глибина, в яку вранто зок (у сантиметрах)	Горизонти і глибина, в яку вранто зок (у сантиметрах)	Горизонти і глибина, в яку вранто зок (у сантиметрах)	Горизонти і глибина, в яку вранто зок (у сантиметрах)	Горизонти і глибина, в яку вранто зок (у сантиметрах)	Горизонти і глибина, в яку вранто зок (у сантиметрах)	Горизонти і глибина, в яку вранто зок (у сантиметрах)	Горизонти і глибина, в яку вранто зок (у сантиметрах)	Горизонти і глибина, в яку вранто зок (у сантиметрах)
Бурий ґрунт з Єрґенів (розріз № 626)	A <sub>1</sub> 0—10 B <sub>1</sub> 16—28 B <sub>2</sub> 42—52 C 87—92	2,30 3,59 3,99 3,16	4,32 2,07 1,18 0,29	73,45 68,45 64,83 61,76	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> CaO	3,778 10,268 Не виявлено 0,085	5,627 15,400 0,168 0,112	5,590 16,230 0,43 3,710	4,840 12,780 0,320 7,120	0,477 0,057 0,0195 0,140 0,069 0,164

Таблиця 43

Валовий склад глинистого пізлого Вологодської губернії (Коссович)

Назва ґрунту	У 100 частинах сухого ґрунту містяться:									
	Горизонти і глибина, в яку вранто зок (у сантиметрах)	Горизонти і глибина, в яку вранто зок (у сантиметрах)	Горизонти і глибина, в яку вранто зок (у сантиметрах)	Горизонти і глибина, в яку вранто зок (у сантиметрах)	Горизонти і глибина, в яку вранто зок (у сантиметрах)	Горизонти і глибина, в яку вранто зок (у сантиметрах)	Горизонти і глибина, в яку вранто зок (у сантиметрах)	Горизонти і глибина, в яку вранто зок (у сантиметрах)	Горизонти і глибина, в яку вранто зок (у сантиметрах)	Горизонти і глибина, в яку вранто зок (у сантиметрах)
Темнуватосірий глинистий пізол на беззалуний глині льодовикового походження. Майже горизонтальне місце із зведеним піском	A <sub>1</sub> + A <sub>2</sub> 1—10 B <sub>1</sub> 22—30 B <sub>2</sub> 42—52 C <sub>1</sub> 65—75 C <sub>2</sub> 110—122	4,75 1,32 4,57 4,80 3,21	7,92 0,61 0,42 0,43 0,25	9,75 2,34 4,57 4,71 3,15	0,324 0,031 0,035 0,048 0,017	0,113 0,087 0,084 0,072 0,070	0,151 0,119 0,110 0,112 0,115	7,34 7,09 13,13 13,13 11,39	2,91 3,33 5,64 6,05 4,70	1,14 1,44 1,91 2,13 2,54



У таблицях 41—43 наведено дані хімічного аналізу різних ґрунтів, які показують вміст у них основних поживних речовин. Як бачимо, обчислюючи потреби урожаю, треба було б сказати, що цих запасів у чорноземі, наприклад, вистачить на багато сотень років, у підзолистому ґрунті — на значно менші строки, але в усякому разі строки, що далеко виходять за межі тих планів хімізації сільського господарства, які ми складаємо. Незважаючи на такі великі запаси поживних речовин у ґрунтах, на них діють і гній і мінеральні добрива, хоч кількість внесених при цьому поживних речовин порівняно з наявним запасом зовсім незначна. Це свідчить про те, що основний ґрунтовий капітал мало рухомий, що для поточних потреб урожаю в оборот переходить, незважаючи на наші впливи (обробіток), недостатня кількість поживних речовин. Уже давно усвідомлено різницю між наявним запасом поживних речовин у ґрунті, так би мовити, його багатством — «основним капіталом», і тією частиною його, яку можна назвати «оборотним капіталом» — природною, потенціальною і економічною, ефективною родючістю ґрунту.

Цілком зрозуміло, що ґрунти можуть бути і багатими, але досить неродючими і небагатими, але «щедрими». Маркс зазначає, що дві земельні ділянки з однаковим хімічним складом ґрунту можуть бути різні своєю справжньою ефективною родючістю ґрунту залежно від тієї форми, в якій містяться поживні речовини.

У зв'язку з цим для планування заходів в справі піднесення ефективної родючості ґрунту треба знати, як той або інший ґрунт забезпечений потрібними для урожаю поживними речовинами. Здавалося б найпростіше «спитати рослину», перевірити якість ґрунту урожаєм. Польові досліді при всьому вирішальному їх значенні, по-перше, надто громіздкі, а по-друге, даючи апостеріорні висновки, набувають значення лише при умові достатньої тривалості проведення їх. Тому постала потреба у швидших і найпростіших методах. Такими стали досліді в штучних умовах, а також хімічні і мікробіологічні аналізи.

Для визначення того, в якій мірі забезпечені ґрунти доступними поживними речовинами, широкого застосування набув вегетаційний метод. Проте його показники часто розходяться з даними польових дослідів, де величезну роль відіграють умови погоди.

Крім вищих рослин, для тієї ж мети застосовувалися й нижчі — грибки та бактерії (*Aspergillus*, *Azotobacter*), які дають змогу швидко визначати наявність або відсутність поживних речовин (зокрема,  $P_2O_5$  і  $Ca$ ).

Не заперечуючи значення цих методів для розв'язання теоретичних питань і як способів розвідування, треба сказати, що вони самі по собі вирішальних вказівок дати не можуть. Як показано на початку книги, родючість ґрунту залежить від цілого комплексу умов.

Тим-то вже давно постало питання про методи, з допомогою яких можна було б дізнатися, яка власне частина ґрунтового багатства переходить у доступний рослинами стан. Способом для цього були обрані витяжки з ґрунту кислотами (спочатку соляною і азотною), причому кількість поживних речовин (насамперед фосфору і калію), які переходили в ці витяжки, порівнювали з урожайними даними на відповідних ґрунтах. А що точних залежностей, на які сподівалися дослідники, при цьому вони не діставали (передусім тому, що рослини не виділяють таких сильних кислот), звернулися до слабших органічних кислот — слабких розчинів лимонної і оцтової кислот, намагаючись на підставі добутих даних визначити, досить чи недосить у даному ґрунті поживних речовин і «скільки чого туди треба додати». Щодо азоту, то забезпеченість ним ґрунту визначали на підставі валового його вмісту або, останнім часом, на підставі здатності його органічних сполук гідролізуватися (Тюрин).

Протягом десятків років проведено багато тисяч аналізів, які іноді начебто давали певний паралелізм з даними урожаю, але реальних, надійних основ для агрономії вони все ж не дали. Це виявилось уже з перших кроків німецької агрикультурхімії, коли в середині минулого століття устами корифеїв її (Кноп, Гейден) було засвідчено, що сподіваних наслідків не одержано. Проте, додавали вони, такі аналізи доводиться все ж таки робити, бо практика їх вимагає. Тепер ми знаємо, що вимагала цього не тільки практика сільського господарства, а мабуть ще в більший мірі «практика» виниклих на базі застосування мінеральних добрив трестів і синдикатів, які виробляли ці добрива й торгували ними.

Надзвичайна різноманітність методів визначення діяльного запасу поживних речовин у ґрунті в свій час викликала критику найвидатніших наших представників сільськогосподарської науки. Проф. Костичев у 80-х роках писав: «З часом сподіванка на якусь користь від подібного хімічного аналізу ґрунту, — що з його допомогою ми можемо визначити відносне багатство ґрунту різними поживними для рослини речовинами, — ставала чимраз менша, і тепер навряд чи знайдеться серед працівників с.-г. хімії той, хто надавав би хімічному аналізу серйозного значення з цього погляду».

В іншому місці своїх лекцій він говорить:

«Сам по собі хімічний аналіз міг би привести нас до неправильних висновків, хоч особи, мало знайомі з справою, схильні надавати хімічному аналізу дуже великого значення при порівняльній оцінці ґрунтів».

Так само Гедройц уже в ХХ столітті зазначав, що в жодній галузі знання не існує такої незгодженості в методах дослідження, як у хімії ґрунту. У свій час він детально й ґрунтовно розібрав методи визначення родючості ґрунту щодо фосфорної кислоти

з допомогою витяжок лимонною кислотою, показавши надзвичайно обмежене їх значення і дуже відносну їх цінність. У передсмертному виданні «Вчення про вбирну здатність ґрунту» (1932) він дав дуже сувору оцінку стану з аналізом ґрунту. Вільямс ще на початку своєї діяльності зазначив, що неродючість ґрунту рідко залежить від нестачі в ньому поживних речовин, а частіше — від вологості ґрунту і фізичних властивостей. Особливе місце належить структурі ґрунту. В тому ж дусі недавно висловилися і Прянішніков, і Кірсанов, і інші.

Невдачі у визначенні потреби ґрунту в додаткових поживних речовинах, що вносяться з добривами, цілком зрозумілі. Адже ті дослідники виходили з грубо механістичного погляду і на рослини — на шляхи живлення рослини мінеральними речовинами, — і на відношення їх до ґрунту, і, нарешті, з надзвичайно спрощеного уявлення про самий ґрунт: ґрунт уявляли лише як сховище певного запасу поживних речовин в більш чи менш доступній для рослини формі. Явище живлення рослин мінеральними речовинами уявляли як осмотичний процес, як простий акт переходу в рослини тих чи інших розчинних речовин, причому самій рослині, її активності тут відводили малу роль. Крім того, самий ґрунт уявляли як щось незмінне, стало при всяких умовах. До того ж ще й досі не вдалося знайти такий реактив, який би впливав на складові частини ґрунту так само, як і коріння рослин, причому зовсім не зважали на зміни в потребі рослин у поживних речовинах протягом вегетаційного періоду в міру їх росту. А ці ж потреби надзвичайно міняються протягом вегетаційного періоду (див. розділ «Родючість ґрунту»).

Не кажучи вже про різне розчинне діяння коренів різних рослин, рослини мають певну *вбирну здатність*, як і всякі організми, акумулюючи в собі, концентруючи в своєму тілі елементи іноді надзвичайно розсіяні в природі. Тому немає прямого співвідношення навіть між вмістом тих чи інших елементів у ґрунтового розчині, з одного боку, і в соку рослин — з другого. Так, наприклад, співвідношення концентрацій різних речовин у соку кукурудзи під час критичного періоду (за 7—10 днів до цвітіння) і в ґрунтового розчині дуже відмінні, як видно з таких даних.

Співвідношення концентрацій у соку кукурудзи в критичний період до концентрацій у ґрунтового розчині було таке:

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	від	552	до	4867;
Ca	»	0,086	»	0,627;
Si	»	15,2	»	34,8;
Cl	»	0,034	»	0,620;

Для нітратів одержано крайні співвідношення від дуже малого (коли в соку кукурудзи були лише сліди нітратів) до співвідношення 7 : 1.

Не дивно, що ті нескінченні ряди аналізів, які дають найрізноманітніші способи визначення потреби ґрунту, наприклад, до фосфорної кислоти, мало пояснюють цікаву для нас проблему: як правило, ми маємо всюди при порівнянні цифр урожайності і міри забезпеченості фосфорною кислотою більш чи менш добру збіжність для крайніх полюсів — дуже бідні на фосфорну кислоту ґрунти дають і дуже мізерні урожаї, найбагатші — найвищі урожаї.

Щодо проміжних випадків, саме звичайних у реальній господарській діяльності, то тут маємо цілковиту плутанинність і незбіжність двох рядів даних: величини урожайності, з одного боку, і міри забезпеченості ґрунтів фосфорною кислотою, з другого. Це стосується і до старих методів; воно не в меншій мірі стосується і до нових.

Способи визначення запасу поживних речовин, зв'язані з дослідженнями над рослинами (Нейбауер, Мітчерліх), також викликали великі заперечення. При перевірці їх виявилось, наприклад, велике розходження між даними польового дослідження, з одного боку, і наслідками вегетаційних дослідів і обчислень, зроблених за формулою, з другого.

Цілком зрозумілі невдачі, яких зазнала агрономічна хімія на цьому шляху. Адже після того, як поширилася теорія мінерального живлення в ґрунті, відкрито своєрідний світ мікроорганізмів, виявлено діяльну колоїдну частину, а колоїди, як ми вже бачили у відповідних розділах, являють собою надзвичайно мінливу частину ґрунту, яка змінюється під впливом як фізичних, так і хімічних факторів, змінюється і протягом року зі зміною погоди, і протягом усього періоду культури. Агротехніка ще більше міняє хід біодинаміки ґрунту.

Нічого й говорити про те, що мікроорганізми, які живуть на ґрунтових колоїдах і використовують їх як поживне середовище, так само надзвичайно мінливі в своїй кількості, в якості і напрямі виконуваної ними роботи. Це видно уже з даних, наведених у відповідному місці нашого курсу. Нарешті, сама рослина зовсім не є апарат, який пасивно сприймає поживні речовини з ґрунту і, крім того, її потреби міняються протягом періоду її росту й розвитку.

В історії вивчення поживного режиму ґрунту великого значення надавали ґрунтового розчиню, виходячи з положення, що рослина сприймає поживні речовини в розчиненому стані.

Проте виявлення складу й властивостей ґрунтового розчину має ряд труднощів.

Вода як розчинник у ґрунті представлена рядом форм, починаючи від вільної води до зв'язаної з колоїдами, що перебуває під великим тиском (тисячі атмосфер). Очевидно, розчинна здатність цих форм води далеко не однакова.

У зв'язку з цим не всю рідку фазу ґрунту можна з нього виділити; найважче виділити саме ту невелику її кількість, з якою в звичайних умовах має справу рослина. Водні витяжки, звичайно уживані, а також насичення ґрунту водою з наступним витісненням поживних речовин спиртом або парафіновим маслом не відбивають справжньої картини.

Крім того, різні поживні речовини в неоднаковій мірі переходять у ґрунтовий розчин. Наприклад, коливання у вмісті нітратів на чорноземі Харківської дослідної станції були від 4,5 до 16,6 мг N на 1 кг ґрунту, тоді як фосфати дали від 0,24 до 0,51 мг (в окремих горизонтах ґрунту).

Та й склад ґрунтового розчину, як виявилось, зовсім не відповідав (крім, хіба, нітратів) відмінностям родючості різних ґрунтів і в різні моменти. Щодо оцінки ролі ґрунтового розчину, як і в інших випадках, не було зважено ні на активність мікроорганізмів ґрунту, ні на саму рослину, яка аж ніяк не є пасивною у визначенні поживного режиму.

При розчиненні складових частин ґрунту відіграє роль не чиста вода: в ній міститься і  $\text{CO}_2$ , що утворюється під час дихання коренів і бактерій, і органічні кислоти (продукт розкладу і корневих виділень), і азотна кислота (результат нітрифікації), і сірчана кислота (результат сульфофікації). Ці кислоти розчиняють мінеральну частину ґрунту. Тому, природно, що склад ґрунтового розчину мінливий залежно від реакції ґрунту, вологості, аерації.

Сама рослина відіграє активну роль у використуванні поживних речовин, які містяться в твердій фазі; таким чином, у кожній точці стикання корневих волосків з ґрунтом створюється арена для розвитку фізико-хімічних реакцій (головним чином, гідролізу та діяння Н-іона).

Без сумніву, знання властивостей ґрунтового розчину — корисне. Проте, як свідчать досліди Ейхгорна, Генріці та Брезля, рослини можуть використовувати і тверду фазу ґрунту (в досліді з поділом коріння, де частина була опущена в воду, а частина — в суху землю), а також досліди, що показали відсутність зв'язку між складом ґрунтового розчину і соку рослин.

Останнім часом є спроби підійти до пояснення процесу живлення рослин як до колоїдно-хімічного явища, що нагадує в ряді моментів відомі уже нам явища вбирання в ґрунті. Роботами школи Сабініна встановлено, що мінеральне живлення рослин здійснюється в формі обміну іонів між корінням, з одного боку, і ґрунтом — з другого. Цей процес зв'язаний з затратою енергії, яку одержують за рахунок окислення розчинних органічних речовин — продуктів фотосинтезу, що надходять до коренів з наземних частин рослини. А що окислення (кореневе дихання) потребує доступу в ґрунт повітря, зрозуміла роль аерації ґрунту. Відсутність або перешкоди в аерації відбиваються не тільки на надходженні води до

рослини, але й на мінеральному живленні її. Тому, наприклад, розпушування ґрунту під цукровим буряком, помідорами й іншими «аерофільними» культурами буде не лише поліпшенням повітряного й водного режиму ґрунту, але й умов живлення рослини, а разом з тим і всього комплексу факторів родючості ґрунту.

Тут ще один доказ складності і взаємної обумовленості різних сторін явищ родючості ґрунту, взаємовідношення рослини з ґрунтом. І тут не щастить звести складні взаємовідносини рослини з ґрунтом до простих явищ пасивного сприймання більш-менш готових речовин. Динаміка ґрунту і динаміка росту рослини і тут відіграє вирішальну роль.

### ДИНАМІКА ҐРУНТУ

Наявність мінливих складових частин ґрунту — живих і мертвих, ґрунтових колоїдів і мікроорганізмів, їх взаємне діяння між собою і з рослиною у її неперервній зміні — обумовлюють те, що в сукупності зветься динамікою ґрунтових процесів, динамікою ґрунту. Це надзвичайно впливає на характер ґрунту, на його агрономічні властивості, з якими доводиться мати справу в процесі росту і вистигання урожаю. Разом з тим і саме явище родючості ґрунту, як виявляється, не застигле, не постійне, а вічно мінливе, що завжди перебуває в розвитку, в рухові. Саме цієї динамічності аналізу й не могли впіяти.

Нам уже відомо, що запаси поживних речовин, доступні рослинам, їх кількість і якість залежать від мікробіологічної діяльності, від напряму і темпів мікробіологічних процесів, узятих у тісному зв'язку і залежності від хімічних і фізичних властивостей ґрунту в певний, визначений час вегетаційного періоду. Ми знаємо, що зміна структури ґрунту різко відбивається на ході мікробіологічних процесів, що навіть такий, здавалося б, технічний момент, як опір ґрунту обробітці, безпосередньо впливає на ріст рослин, на перезимівлю озимини.

Питання про значення фізичних властивостей ґрунту (протиставлення фізичних властивостей хімічним у свій час привернуло увагу Маркса) ніяк не розв'язується ні валовими аналізами, ні будь-якими витяжками. Як сказано вище, саме у нас фізичні умови землеробства повинні були б звернути на себе більшу увагу, ніж на Заході, з його м'якшим кліматом.

Кліматичні фактори впливають на урожай не тільки прямо і не стільки прямо на наземну його частину, скільки через ґрунт. Ми уже бачили, що і теплові умови і водний режим ґрунтів різного механічного складу, різного кольору, різної структурності, різної

будови профілю далеко не однакові; що, регулюючи, наприклад, структурність ґрунту, ми тим самим міняємо і «ґрунтовий клімат», що безпосередньо впливає на кореневі системи, а через них — і на весь процес росту рослини. Тому ці три природні фактори урожайності — рослина, ґрунт і погода — нерозривно зв'язані між собою; поза цим зв'язком, нехтуючи реальний ґрунт і рельєф, клімат, що панує в даному районі, і умови погоди, так само як і характер господарства, ступінь його механізації, його агротехніку, не можна розраховувати на успіх у розв'язанні проблеми урожайності.

А ось саме цього зв'язку ніякий хімічний аналіз (тим паче елементарний) не дає; він не бере до уваги ні фізичних властивостей, ні впливу погоди, ні особливостей господарства. Цією байдужістю до динамічності ґрунтових процесів, нехтуванням фізичних властивостей ґрунту, організаційних і соціально-економічних моментів, а також мінливості метеорологічних умов і пояснюється неуспіх тих шаблонних методів, на які спочатку покладали великі надії.

#### ЗАВДАННЯ ҐРУНТОВИХ АНАЛІЗІВ

Певна річ, із сказаного не виходить, що хімічні аналізи взагалі непридатні для розв'язування тих чи інших питань щодо ґрунту. Треба, щоб, по-перше, вони ставили цілком певні виробничі чи наукові завдання, по-друге, щоб їх програма і методика виходила з особливостей даного завдання, з одного боку, і досліджуваного об'єкта — з другого. Насамперед, з допомогою хімічних аналізів легко відповісти на питання, чи немає в ґрунті шкідливих для рослин сполук (високої концентрації солі, кислот, великої лужності, нестачі кисню, наявності токсичних речовин). Потім, якщо справа йдеться про ґрунти занадто бідні на поживні речовини, як, наприклад, піщані ґрунти Півночі або мохові торфовища, хімічний аналіз може констатувати факт дійсної потреби в посиленні зовсім незначного запасу поживних речовин\*.

Для багаторічних культур, зокрема у плідівництві і лісівництві, де коливання метеорологічних умов протягом багатьох років взаємно врівноважується, хімічні аналізи дають значно повніше уявлення про справжню родючість ґрунту, ніж у рільництві з його найчастіше однорічними культурами. Такі ж цілком конкретні завдання, як визначення потреби ґрунту на вапно, що виходять не з складних явищ взаємодіяння між рослиною

\* Так само можна встановити крайні межі багатства ґрунтів Лісостепу щодо  $P_2O_5$ , наприклад, малу кількість розчинної в лимонній кислоті  $P_2O_5$  в нормальних чорноземах України і високу — в деградованих. Але тут аналізи чи з допомогою витяжок чи мікробів мають лише орієнтовне значення.

і ґрунтом, а з властивостей самого ґрунту, можуть знайти і справді знаходять конкретне розв'язання з допомогою хімічного аналізу.

Старим методам або, правильніше сказати, методиці і методології досліджування ґрунтів слід поставити як докір також той розрив між дослідженням хімічних, фізичних і біологічних властивостей ґрунту, обліком механічного й хімічного складу його, який не давав змоги пов'язати між собою ці нерозривно зв'язані в природі сторони складного явища, що зветься ґрунтом. Цей розрив особливо відчувається в тих випадках, коли підходили до розв'язання питань про структуру ґрунту.

Зважаючи на динамічність явищ родючості ґрунту, слід відобразити її і в наших аналітичних підходах: важливо знати, як міняються з часом ті властивості ґрунту, які безпосередньо впливають на ріст рослини в різні періоди його розвитку. Треба знати в кожний момент, які великі потенціальні можливості ґрунту, скажімо, щодо утворення видаткового фонду азотного живлення рослин, фосфорного живлення тощо (це визначається, за Кравковим, таким способом, що ґрунт ставлять штучно в умови, найсприятливіші для розвитку мікробіологічних процесів). З другого боку, треба знати, як у конкретних умовах даного району і господарства реалізуються ці можливості і наскільки при даному сполученні ґрунтових, метеорологічних і агротехнічних факторів можливе їх здійснення.

Цілком очевидно, що тут справа йде уже не про відірвані один від одного хімічні, механічні, фізичні і мікробіологічні аналізи і вегетаційні досліді, а про комплекс їх, де охоплені всі сторони явища. Знов же цілком очевидно, що універсальних методів немає і бути не може, що найкращим методом у кожному конкретному випадкові буде той метод, який найбільше відповідає, з одного боку, поставленому завданню, а з другого, — характерові досліджуваного об'єкта, ґрунту, а також і зростаючої на ньому рослини; бо ж різні рослини виявляють і неоднакову міру потреби в різних поживних речовинах ґрунтового фонду і неоднакову активність у його засвоєнні.

Для кожного випадку слід давати цілком конкретне завдання аналітикові, знаючи наперед, що ми хочемо вирішити з допомогою цього аналізу, а також і межі компетентності даного методу. Зрівняльного підходу для всіх випадків, звичайно, бути не може.

Слід відзначити, що в той період, коли агрономічна наука фактично звелася була до агрономічної хімії, ставши, таким чином, одним з розділів хімії, — в цей період спостерігалось і найбільше розчарування у застосовуваних методах. Мав місце також і цілий ряд минулих захоплень, зв'язаних з перенесенням у агрономічні дослідження тих або інших новітніх методів, застосованих уже

в інших галузях знання. Так було з вірою в витяжки, так було й з недавнім захопленням визначеннями рН у ґрунті \*. Для всіх цих захоплень і розчарувань характерний саме в і д р и в дослідника від реальних умов ґрунту і конкретного господарства. У всіх цих випадках часто впадало в очі те характерне явище, що коли дослідник і вловив методом, то ще більшою мірою метод вловив дослідником, будучи начебто самоціллю.

Тим-то і від господарників і від наукової агрономії слід вимагати, насамперед, чіткого уявлення про зв'язок, який існує у даних організаційно-технічних умовах між окремими гранями ґрунтової динаміки і родючості ґрунту. Треба знати, який фактор провідний у тому чи іншому випадку. Треба мати виразне уявлення про те, чого хочуть, даючи те чи те завдання лабораторії, або ж визначаючи ті або інші властивості ґрунту в полі. У всякому разі « а н а л і з і в д л я а н а л і з і в » не повинно бути!

Постановка організації цієї справи має бути така, щоб дослідник, який працює в лабораторних умовах хімічними, фізичними або мікробіологічними методами, не був простим виконавцем чийось сторонніх замовлень, механічно роблячи аналізи, але, щоб він цілком виразно уявляв собі і кінцеві завдання аналізів, і те, що вони повинні дати для розв'язання теоретичних і практичних питань у конкретних умовах соціалістичного сільськогосподарського виробництва; з другого боку, польовий робітник і господарник повинні достатньою мірою враховувати можливості, що є в такій аналітичній роботі. Звідси висновки: співробітник лабораторії повинен бути найтісніше зв'язаний з виробництвом, виконуючи його конкретні завдання і, навпаки, господарник повинен перетворити лабораторію в допоміжний цех сільськогосподарського виробництва, який допомагав би йому у розв'язанні цілого ряду питань, від яких залежить піднесення урожаю і продуктивності праці. Наука й виробництво найтісніше зв'язуються і впливають одна на одне. Тільки при тісному контакті обох сторін можливі і свідома аналітична робота, яка обслуговує виробництво, і створення на основі цієї роботи справжньої теорії — теорії, яка дає твердий ґрунт практиці, тісно з нею зв'язана і відкриває перспективи для дальшої роботи.

Питання боротьби за врожай якнайтісніше зв'язані з проблемою регулювання в конкретних умовах усього комплексу ґрунтових і кліматичних факторів, які впливають на рослини. Звідси — необхідність агротехнічними заходами змінювати в бажаному нам

\* Акад. Прянішников зазначав, що вплив величини рН середовища на рослини складний і що, наприклад, достатня концентрація іона Са<sup>++</sup> робить рослину нечутливою до низьких рН, що оптимальна величина рН залежить від того, чи живиться рослина азотом аміачним, чи нітратним тощо.

напрямі фізичні, хімічні і мікробіологічні властивості ґрунту та й самий клімат. Але ж людина використовує сили природи, міняючи їх сполучення і напрям дії остільки, оскільки вона ці сили вивчила, оскільки оволоділа ними. Опанувати динаміку ґрунту можна, тільки точно враховуючи увесь комплекс процесів, що її складають. Тим-то, будуючи планове соціалістичне сільське господарство, ми повинні зі всією серйозністю поставитися до того запасу знань і методів дослідження ґрунту, якими нас забезпечила на сьогодні вітчизняна й світова наука.

Нам не доводиться закривати очі на те, що стан справи на цьому фронті не дуже втішний. Способи підходу не тільки до мікробіологічних явищ у ґрунті, але й до хімічних процесів і навіть до фізичних властивостей ґрунту мають один загальний гріх. Усі ці підходи дуже мало зв'язані як із самим об'єктом, який досліджується, з сільськогосподарським ґрунтом, з завданнями нашого соціалістичного сільськогосподарського виробництва, так і з складними взаєминами, що існують між рослиною й ґрунтом. Це історично установлене становище нам доводиться тепер сприймати як факт і опрацьовувати нові підходи до питань родючості ґрунту на основі діалектичної методології, критично використовуючи все те, що дає нам як радянська, так і зарубіжна наука, з повним урахуванням усіх тих моментів, які так чи інакше були занедбані, які не звертали на себе увагу в минулому.

ґрунт являє собою єдине ціле. Процеси, що приводять до утворення запасу доступних рослинам поживних речовин, створюють для них відповідний водно-повітряний режим, якнайтісніше зв'язуються з мікробіологією ґрунту, яка в свою чергу залежить від хімічних і фізичних властивостей його. *Всі ці складні процеси треба брати у їх сукупності, у їх найтіснішому зв'язку між собою, у їх взаємному впливі один на одного.*

## НЕВІДКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ХІМІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Питання хімізації сільського господарства, точніше кажучи, питання регулювання поживного режиму в ґрунтах, вимагають точного хімічного обліку, хімічного, мікробіологічного й фізичного контролю ґрунту. Методи такого контролю тепер уже намічаються.

Передумовами для раціональної хімізації сільського господарства є такі моменти. Насамперед, рослини як єдиний організм треба і щодо мінерального живлення вивчати як єдине ціле в тісному зв'язку явищ «живлення з повітря» й «живлення з ґрунту», оскільки обидва ці процеси залежать один від одного і від цілого ряду інших умов: від тривалості й якості освітлення (яскравість сонячного

світла, склад його, співвідношення між днем і ніччю), від електромагнітних явищ, температури, вологості; майбутня хімізація повинна планувати свої заходи, враховуючи всі зазначені умови.

У відношенні рослин до ґрунту ми маємо взаємодію двох динамічних явищ: динаміки росту рослин зі всіма стадіями її розвитку, починаючи від проростання насіння і кінчаючи дозріванням, і динаміки ґрунтових процесів, які то пожвавлюються, то згасають, міняючи свій напрям і інтенсивність протягом вегетаційного періоду. Очевидно, що й потреби рослини, яка росте й розвивається, вимоги її до ґрунту (потреба на ті чи інші поживні речовини, воду, повітря) так само мінливі протягом вегетаційного періоду. Тому, щоб мати найбільшу користь від наших заходів по хімізації, цю мінливість і динамічність треба мати на увазі, пристосовуючи до них давання рослині добрив. Дані про це показують, що, принаймні, для деяких рослин не однаково, чи дати всю належну їм порцію добрив при посіві, чи розтягнути її, даючи окремими дозами у різні періоди росту рослин, чи вносити добрива на ту саму, чи на різну глибину (див. розділ «Родючість ґрунту»).

Вирішуючи питання про відповідність ґрунту потребам рослин, ми повинні усвідомити всю різноманітність потреби рослин у поживних речовинах. Адже різні рослини неоднаково споживають навіть фосфор, калій і азот, значення яких апробовано багаторічною практикою. Крім того, ряд рослин вимагає значної кількості сірки (капуста, буряки, люцерна, просо тощо); марганець виявляється, як і залізо, потрібний рослинам. Так само для ряду бобових рослин, для кенафа, помідорів тощо абсолютно необхідний бор, і, як ми вже зазначали, з 92 відомих досі хімічних елементів добра половина потрібна для росту й розвитку рослин, для врожаю. Але ж в удобрювальній практиці звичайно підходять до всіх рослин з своєюрідною зрівняльною міркою, пропонуючи їм той самий набір елементів, з невеликими суто емпіричними відхиленнями. Цілком очевидно, що такий підхід не дає можливості одержати повний ефект від удобрювання.

Треба покінчити з цією своєюрідною «зрівнялівкою» і виявити справжні потреби кожної культури (це завдання сільськогосподарської фізіології) з тим, щоб давати кожній з них такі поживні речовини і в такому співвідношенні і в такий час, щоб забезпечити найвищий і найкращої якості урожай. Особливо важливо це тепер, коли до малого до революції асортименту наших культур приєднуються нові й нові рослини із світових колекцій, зібраних Всесоюзним інститутом рослинництва.

Питанням основного значення слід вважати виявлення головних моментів явищ живлення рослин. Роботи Сабініна і інших, ставлячи питання по-новому, обіцяють дати багато щодо цієї найважливішої проблеми для розв'язання завдань боротьби за ефек-

тивну родючість ґрунту, яка прогресивно збільшується в наших умовах.

Хімізація сільського господарства (застосування добрив) має відбуватися не тільки з повним обліком властивостей і мінливих потреб рослин, але й властивостей ґрунту і умов погоди, що впливають і на рослини, і на ґрунт і міняють хід хіміко-біологічних процесів у ґрунті. Завдяки відмінності хімічного й фізичного складу ґрунтів і господарських умов різних районів питання *районування добрив* у плановому господарстві набувають актуального значення.

З другого боку, і для хімізації мала б величезне значення можливість оцінювати вплив погоди на діяння добрив і інших агротехнічних факторів, знаючи наперед, яка буде погода на наступний вегетаційний сезон, відповідним чином планувати для нього всю агротехніку, а в тому числі й заходи щодо хімізації.

У капіталістичному господарстві застосуванню науки перешкоджають не тільки існуючий розрив між сільським господарством і промисловістю, між містом і селом, не тільки приватна власність на землю, але й конкурентні відносини між окремими групами промисловості, які надзвичайно впливають і на шляхи, і на форми агротехніки. Навпаки, в єдиному плановому соціалістичному господарстві всі агротехнічні заходи якнайтісніше між собою зв'язуються в єдиний комплекс, який забезпечує найбільшу ефективність кожного із заходів. Тому застосування хімізації треба поєднувати відповідним чином з обробітком, з меліорацією, з механізацією, з селекцією, з сівозмінами, з організацією і планом сільськогосподарських робіт протягом сезону. Цілком очевидно, що, наприклад, щодо селекції у високоінтенсивному хімізованому господарстві доводиться ставити вимоги, щоб вона дала сорти, не тільки стійкі проти посухи чи проти морозу, але, головне, сорти, які добре оплачували б витрати, скажімо, на зрошування, удобрювання і т. д.

У всіх випадках завжди і скрізь усі фактори мають значення для боротьби за урожай, усі вони рівноправні; проте в конкретних умовах господарства, ґрунту і клімату звичайно одна або кілька ланок бувають провідними, бувають тими ланками комплексу, вплив на які в даний момент дасть найбільший ефект.

У всякому разі застосування хімізації без додержання основних агротехнічних правил щодо обробітку, строків посіву і догляду, щодо зрошування або осушування, хімічної меліорації тощо засуджено якщо не на невдачу, то на надто знижений, неповний ефект; а треба домогтися, щоб у нашому господарстві кожний кубометр води, кожний центнер добрив і кожна НР механізмів дали максимальний ефект. При правильному облікові і здійсненні комплексу факторів і умов урожайності сільськогосподарських

культур ефект від нього буде набагато більше простої арифметичної суми від додавання дій кожного із заходів, узятого окремо.

Соціалістичне сільське господарство розвивається під знаком докорінної переробки природи, широко використовуючи все, що може дати наука і техніка. Широке застосування механізації ставить питання про облік фізичних властивостей ґрунтів, які мають основне значення для успішного застосування механізмів, а також і про правильну організацію території, що дає змогу мати високу продуктивність праці. Аналізи ґрунтів повинні освітити шляхи зменшення опору ґрунтів обробітці, прискоренню «вистигання» їх весною.

Величезний розвиток зрошення вимагає відповіді на питання, зв'язані з водним режимом ґрунтів, з боротьбою проти засолення і заболочування ґрунтів.

Пересування землеробства на північ обумовлює потребу боротьби з ненасиченістю ґрунтів вапном, з безструктурністю ґрунту, боротьби з надмірним зволоженням, поліпшенням структури ґрунту, його поживного й теплового режиму.

Освоєння солонцюватих комплексів ставить завдання хімічної меліорації, гіпсування і зрошування.

Аналітична робота має бути диференційована у відповідності з цими різноманітними завданнями.

## ПОХОДЖЕННЯ ҐРУНТІВ РІЗНОГО ТИПУ В СРСР І ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА

### ҐРУНТОТВОРНИЙ ПРОЦЕС

При плануванні сільського господарства, розміщенні планових завдань, районуванні агротехнічних заходів, способів і строків обробітку, завозу й застосування добрив, добору сортів рослин, типізації сільськогосподарських знарядь (для обробітку ґрунту) вирішальним моментом є планові державні завдання, що даються тій або іншій частині країни, тій або іншій області, тому чи іншому краю, тому чи іншому району або конкретному господарству. Природні умови — це рамки, в яких відбувається виконання цих замовлень.

Ці рамки не безумовні, бо людина не «тільки користується зовнішньою природою і робить у ній зміни просто в силу своєї присутності», а своїми «змінами, які вона вносить, примушує її служити своїм цілям, *панує над нею*»\*.

Цілком зрозуміло, що для нас має значення не тільки зміна природи в потрібний нам бік, але зміна найефективніша, з найменшою затратою часу, сил і засобів, яка забезпечує найвищу продуктивність праці. Щоб досягти цього, потрібно в достатній мірі зважати на ці природні умови, знати сили природи і добирати найвигідніші з народногосподарського погляду способи та прийоми впливу на них. Кінець кінцем «У своїх знаряддях людина має силу над зовнішньою природою, тоді як у своїх цілях вона скоріше підпорядкована їй» (Ленін).

Різні ґрунти вимагають і різного підходу до них. Неоднаковість їх властивостей, неоднаковий вплив на урожайність сільськогосподарських рослин, неоднакова ефективність агротехнічних заходів на різних типах ґрунтів вимагає знання причин цих відмінностей. Адже ці відмінності не випадкові: вони найтісніше зв'язані з походженням ґрунтів, з умовами їх розміщення в просторі, з впливом на них і природних факторів, і людської культури. Тому слід поставити перед собою завдання розібратися в тій

\* Ф. Енгельс, Діалектика природи. Держполітвидав, 1949, стор. 127.



різноманітності ґрунтів для того, щоб у різних господарських умовах знайти найкращі способи пристосування цих ґрунтів до виконання наших завдань.

Звідки взялися ґрунти? Що являє собою процес ґрунтоутворення? Як розташовані ґрунти на нашій території, чим пояснюються той, а не інший розподіл їх? Які основні процеси ґрунтоутворення і до утворення яких ґрунтів вони привели? Як розібратися в різноманітності ґрунтів у природі і як об'єднати їх у групи, базуючись на подібності і відмінності їх, тобто як класифікувати ґрунти? — ось ті завдання, які треба розв'язати, щоб накреслити найкращі, науково обґрунтовані способи використання ґрунтів Союзу в конкретних умовах соціалістичного сільськогосподарського виробництва, щоб на цій основі побудувати науково обґрунтовану систему агротехнічних заходів, яка б забезпечила швидше розв'язання проблеми рішучого піднесення урожайності колгоспних і радгоспних полів і продуктивності праці в сільському господарстві.

Яким шляхом утворилися ґрунти в природі?

Ґрунти утворилися під дією кліматичних умов та впливом живих організмів на тих геологічних відкладах, які виходять на поверхню землі, тобто в самому верхньому шарі, в поверхневій плівці земної кори. Як зазначалося вище, ґрунтоутворними породами на території Європейської частини СРСР здебільшого є наноси, зв'язані з льодовиком, або відкладені морем, або нанесені вітром, або принесені текучою водою. Рідше ґрунти розвиваються на елювії корінних порід. Коли відійшло море, коли розтавав льодовик, коли зійшли води, а залишені ними поклади під животворним впливом сонячного проміння почали вкриватися рослинністю і заселятися зв'язаною з нею мікрофлорою, тоді власне й почався процес ґрунтоутворення.

У процесі ґрунтоутворення велику роль відіграли дощові та снігові води, які промивали ґрунт і виносили з верхніх шарів ґрунту в нижні і в ґрунтові води все, що вони могли розчинити в собі. Розчинна дія дощової води посилювалася завдяки наявності в ній  $\text{CO}_2$  і різних органічних кислот.

У ґрунті відбувалися не тільки процеси розкладу органічної речовини, — тривали далі і процеси вивітрювання мінеральної частини. Одночасно з процесами руйнування в ґрунті відбувалися (і тепер відбуваються) і процеси новоутворення — синтезу як органічної частини його — гумусу (за рахунок бактерій, грибів і вищих рослин), так і мінеральної (синтез глини).

Процеси розкладу і вивітрювання приводять до утворення насамперед розчинних сполук і нерозчинних решток. Розчинні сполуки вимиваються вниз тим глибше, чим більша їх розчинність і чим більше опадів випадає в даній місцевості. Нерозчинні (відносно) сполуки більш або менш нагромаджуються в місці їх утво-

рення. Ось це переміщення продуктів розкладу і продуктів вивітрювання в ґрунтовій товщі являє другу характерну особливість ґрунтоутворення: вимиваються не тільки розчинні солі, можуть вимиватися також і колоїдні речовини в тому випадку, коли в верхніх шарах ґрунтів не вистачає коагулятора.

Таким чином, ми можемо сказати, що процеси ґрунтоутворення полягають у докорінній зміні поверхневого шару земної кори під впливом біологічних і абіотичних факторів, коли в них відбуваються явища вивітрювання мінеральної частини, утворення й розкладу органічних речовин, нагромадження і переміщення кристалоїдних і колоїдних продуктів вивітрювання й розкладу.

Вимиті зверху продукти відкладаються на різних глибинах залежно від їх властивостей і кліматичних умов даної місцевості, а також від особливостей породи (головним чином, її механічного й хімічного складу). Під впливом ґрунтоутворення відбувається зміна кольору материнської породи, обумовлена нагромадженням гумусу (темносірий, сірий колір) і окисів заліза (бурий колір), а також зміна будови профілю й структури його горизонтів.

Доля розчинних продуктів ґрунтоутворення — різна в різних ґрунтах і підлягає загальній закономірності, змінюючись у напрямі з півночі на південь (Висоцький).

У підзолистій зоні ні в ґрунті, ані в підґрунті ми звичайно не маємо ні розчинних солей (хлористого і сірчанокислого натрію), ні гіпсу, ні важкорозчинного карбонату кальцію. Усе це вимито з ґрунту, вимито часто-густо в ґрунтові води. Ідучи далі на південь, наприклад, за Тулою, ми знаходимо уже в глибоких (близько 1,5—2 м) горизонтах ґрунту значні скупчення  $\text{CaCO}_3$ ; ще далі на південь рівень карбонатів підіймається, досягаючи біля Харкова сантиметрів 60 від поверхні. Просуваючись на південний схід, він стає все вище і вище і, нарешті, в пустині спостерігається закипання від  $\text{HCl}$  ґрунту з самої поверхні; на південь від Запоріжжя, і в південній частині Ростовської області, і в Заволжі, а також у Казахстані на глибині 1,5—2 м починаються уже значні відклади гіпсу, до яких щодалі на південь, то більше приєднуються також скупчення розчинних солей натрію. В пустинях вони утворюють корку на поверхні.

На знижених місцях, де є підпір ґрунтових вод або капілярне підняття їх, утворюються ґрунти, багаті на вапно на півночі і солончаки в лісостепу та в районах далі на південь. Таким чином, розподіл розчинних солей у профілі ґрунту і в підґрунті надзвичайно міняється з півночі на південь. Проте ця закономірність часто порушується внаслідок змін місцевого клімату, рельєфу і характеру материнських порід.

### Формування профілю ґрунту і його морфологія

Розподіл кристалоїдних продуктів вивітрювання не є найхарактернішою ознакою, за якою можна відрізнити типи і варіанти ґрунтів: адже переміщуються не тільки вони, переміщуються також і колоїдні продукти вивітрювання й розкладу. Більше того, розподіл у профілі ґрунту кристалоїдних продуктів досить нестійкий; він відбиває тимчасові зміни умов зволоження ґрунту як природні, так і ті, що відбуваються при культурі. Пересування колоїдів дає стійкіші зміни профілю ґрунту.

Тому **профіль ґрунту**, розподіл його на окремі горизонти характеризується, головним чином, **явищами переміщення колоїдів у ґрунтовій товщі і відкладанням їх на різних глибинах**.

Внаслідок переміщення й відкладення колоїдних і кристалоїдних продуктів ґрунтоутворення утворюються ті типові профілі ґрунтів, які ми бачимо на стінках ґрунтових розрізів. Ґрунтовий профіль складається з окремих «**горизонтів**», нерозривно генетично між собою зв'язаних. Їх зовнішній вигляд (колір, структура, будова), вміст тих чи інших сполук, фізичні властивості тощо, а також чергування їх, не випадкові: вони відбивають напрям ґрунтоутворення.

Ці горизонти відрізняються від шарів, утворюваних геологічними відкладами, тим, що вони не мають різко окреслених меж, властивих цим відкладам, і генетично один з одним зв'язані певними кореляціями.

Природний ґрунтовий профіль відрізняється від переритих людиною або твариною шарів тим, що в ньому окремі частини нерозривно між собою зв'язані: те, що вимивається з верхніх шарів, відкладається в нижніх; властивості утворених при цьому глибоких горизонтів докорінно міняють і характер верхніх горизонтів, впливаючи на їх водний режим, на їх провітрювання і т. д.

У процесі ґрунтоутворення в різних горизонтах ґрунту відбуваються різні явища, які відбиваються на їх властивостях і впливають на агрономічні особливості ґрунту; тому ми виділяємо ці горизонти, даємо їм особливі назви, беремо до уваги, з яких саме горизонтів складається профіль даного ґрунту, — і за сукупністю цих горизонтів у кожному даному випадкові вирішуємо, з яким типом і видом ґрунту ми маємо справу.

Однією з найхарактерніших особливостей процесу ґрунтоутворення слід вважати утворення забарвленого гумусом горизонту. Його так і звуть *гумусовим горизонтом*, горизонтом акумуляційним, бо в ньому, крім перегною, нагромаджуються мінеральні сполуки, які коріння рослин переносять з глибших шарів. Разом з тим з цього ж горизонту дощові води виносять розчинні продукти; певна річ, цей винос у різних ґрунтах відбувається в різній мірі.

У характеристиці горизонтів ґрунту ми виходимо насамперед із явищ виносу, переносу і відкладання колоїдних продуктів ґрунтоутворення. Якщо з верхнього горизонту ґрунту винесені лише кристалоїдні сполуки (розчинні солі натрію, гіпс і карбонат кальцію), то, зважаючи на скупчення в ньому гумусу, ми позначаємо його літерою Н (початкова літера латинського слова *Humus*).

Горизонти, з яких виносяться колоїдні продукти, ми позначаємо літерою Е (від латинського слова *Eluo* — вимиваю), це — горизонт вимивання колоїдів, елювіальний.

Той горизонт, що в ньому вмиваються втрачені верхніми горизонтами колоїди, ми позначаємо літерою І (від латинського слова *Illuo* — вмиваю) — ілювіальний горизонт.

Горизонт, з якого починається скупчення карбонатів кальцію, позначаємо літерою К (карбонати); скупченню гіпсу відповідає літера G (гіпс); скупченню розчинних солей — літера S (солі), появі глейового горизонту — літери Gl (глей); відклади торфу позначаємо літерою Т. Порода позначається літерою Р.

Для позначення перехідних горизонтів вживаються подвійні сполучення — ЕН, НЕ, ІР і т. д.

Система позначень генетичних горизонтів літерами А ( $A_0$  — підстилка,  $A_1$ ,  $A_2$ ) — перегнійний горизонт, В ( $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ ) — «перехідний», С — підґрунтя, яка вперше була вжита Докучаєвим для позначення чорнозему і існувала до останнього часу, має ту хибу, що для ґрунтових горизонтів усіх ґрунтів — і чорнозему, і підзолу і ін. — уживають ті самі літери, просто в послідовному порядку, неначе нумерацію горизонтів.

Таким чином, горизонти А, В, С неначе є в чорноземі, де руйнування колоїдного комплексу і його переносу немає, і в підзолі, де вони виявляються різко. Тому стирається специфічність, властива кожному типові ґрунту, виходить знеособлення.

Тимчасом, позначення має відбивати зміст того явища, до якого воно застосовується. Наведена вище раціональна генетична система в основному схвалена конференцією ґрунтознавців СРСР (журн. «Почвоведение», № 4, 1936).

Кожний ґрунтовий горизонт має свій колір і механічний склад, свій хімічний склад, різну структуру й будову, різну консистенцію й фізичні властивості, свій особливий водно-повітряний режим і специфічний хід хіміко-біологічних процесів. Ґрунтові горизонти в своїй сукупності складають профіль ґрунту, для нього характерний. Відбиваючи на собі вплив ґрунтоутворювачів, ґрунт, у широкому розумінні слова, простягається вглиб до тієї межі, де кінчається їх діяння. Практично ж ґрунтом вважають сукупність морфологічно відмінних горизонтів.

Розпізнаючи тип і вид ґрунту, профіль розчленовують на горизонти. При цьому перш за все впадає в очі забарвлення, структура, будова ґрунту, присутність у ньому різних включень і новотворів.

За Захаровим, усі кольорові зміни ґрунтів зв'язані з різними сполученнями чорного кольору (колір перегною), червоного (колір окису заліза) і білого (головним чином, колір  $\text{CaCO}_3$  і  $\text{SiO}_2$ ); крім того, сизий (блакитнозелений) колір, обумовлений наявністю сполук закисного заліза, чорний з блиском — перекису марганцю або (в болотяному мулі) гідрату сірчастого заліза.

Структура залежно від типу ґрунтотворення може бути така:

А. Окремі структурні одиниці розвинуті більш чи менш рівномірно у всіх напрямках:

1) пороховата (агрегати  $< 0,5$  мм);

2) зерниста (агрегати розміром  $0,5-7$  мм) і з більш чи менш закругленими формами — характерна для суглинкових чорноземів;

3) горіхувата (з гострокутними гранями);

4) грудкувата;

5) брилувата.

Б. Окремості витягнуті по вертикальній осі:

1) призматична з ребристими гранями;

2) стовпчаста — багатогранні окремості з закругленими головками;

3) тумбовидна з більшим ( $> 5$  см) діаметром стовпів (крупностовпчаста).

В. Структурні форми розвинуті по горизонтальній осі:

1) плитчаста, пластинчаста і листувата (товщина окремостей відповідно дорівнює  $3-5$  мм,  $1-3$  мм і менше  $1$  мм); ці структури характерні, головним чином, для ґрунтів підзолистого типу;

2) лускувата (головним чином, на вигонах та шляхах).

Підбудою ґрунту розуміють ступінь розвитку в ньому пористості.

Включення — тіла, наявність яких не зв'язана з ґрунтотворенням (кістки, черепашки, валуни, галька, хрящ тощо).

Новотвори, навпаки, — це вицвіти розчинних солей, вуглекислого вапна, гіпсу, сполук заліза, марганцю і кремнієвої кислоти, що утворилися внаслідок ґрунтових процесів. Сюди треба віднести журавчики, білозірку, псевдоміцелій — псевдогрибницю ( $\text{CaCO}_3$ ), рудякові зерна, ортштейни, ортзанди, псевдофібри (відклади окислів заліза й марганцю) і т. д. Всі ці моменти вкупі визначають будову ґрунтового профілю; відзначені ознаки й особливості його горизонтів є *морфологічні ознаки ґрунту*. Цілком зрозуміло, що морфологія не випадкова річ, що вона відбиває в собі і певний внутрішній зміст, будучи результатом особливостей походження даного ґрунту і дальших культурних і природних впливів на нього. І тут форма і зміст, як і завжди, нерозривно зв'язані між собою.

Уміння розібратися в морфології ґрунтів допомагає правильно ставити діагноз походження ґрунту. Щодо агрономічних властивостей його, то це також дає немало (так, наприклад, окультурені підзолисті ґрунти відзначаються більшою товщиною перегнійного горизонту, меншою — підзолистого, кращою структурою. Краща структура чорнозему на полях з-під багаторічних трав і т. д. Проте існуючі методи морфологічного дослідження не відкривають істотніших моментів, в тому числі і наслідків впливу людини на ґрунт і шляхів поліпшення його.

## ПРИЧИНИ ВІДМІННОСТЕЙ МІЖ ҐРУНТАМИ

### Фактори ґрунтотворення

Говорячи про вплив на ґрунт умов його походження, треба нагадати, що це за фактори, яким ґрунт, конкретний ґрунт, наявний у даному районі, на даній площі, зобов'язаний своїм існуванням і розвитком.

Ці фактори двох порядків: природного і соціально-економічного.

До природних факторів, що впливають на утворення ґрунтів, Докучаєв відносив материнську породу, яка є основою для ґрунту і дає для нього матеріал; рослини і зв'язані з ними мікроби; клімат, що впливає на материнську породу, і на рослини, і на фізичні й хімічні явища в ґрунті; рельєф, що визначає не лише умови зволоження і нагрівання ґрунту, але й характер рослинності (вищі рослини і зв'язані з ними мікроби), що заселилася на ньому; нарешті, ґрунт, як і всяке природне тіло, має свій початок, своє зародження, проходить певні стадії розвитку, має свою еволюцію, а так само і стрибки в своєму розвитку; тому Докучаєв, як важливий фактор, що впливає на властивості ґрунту, висував також і *час* — *вік ґрунту*.

### Клімат

Якщо поставити питання, чим же обумовлюються такі різні риси навіть у зовнішньому вигляді різних ґрунтів, то передусім напрошується пояснення, що тут винен лише клімат, бо в чорноземній області він сухіший і тепліший, ніж у підзолистій. З кліматом зв'язані температурні умови, кількість опадів, що бувають у тій чи іншій місцевості. Проте ні опади, ні температура самі по собі ще не дають характеристики клімату, бо цілком очевидно, що доля краплини води, яка випала на поверхню землі, не однакова в різних районах.

Часто вживаний в агрономії коефіцієнт  $\frac{O}{T}$ , де  $O$ —опаді, а  $T$ —середня річна температура, може привести лише до помилок. Наприклад, Ішим у Західному Сибіру  $\frac{430}{0,1} = 4300$ , а Едінбург у Шотландії  $\frac{590}{8,4} = 70$ ... Інакше кажучи, для Ішіма виходить значно вологіший клімат, ніж для Едінбурга в Шотландії!... Причина в тому, що тут не береться до уваги випаровуваність і ступінь вологості повітря. Тому, щоб мати уявлення про клімат, про його роль для рослинності і ґрунтоутворення, потрібні інші критерії. Найдавніший спосіб — це визначення співвідношення між кількістю опадів за рік (а ще краще — за вегетаційний період) і величиною випаровування, тобто  $\frac{O}{B}$ , де  $O$  — опаді, а  $B$  — випаровування в міліметрах (Висоцький, 1905). Друге мірило водного режиму місцевості — відношення величин  $\frac{O}{ДН}$ , де  $O$  — опаді, а  $ДН$  — дефіцит насиченості повітря вологою.

Як відомо, клімат міняється на рівнинних просторах поступово. Тимчасом, подивившись на ґрунтову карту, ми бачимо, що ґрунтові області, зайняті підзолистими ґрунтами (підзолиста зона), досить відокремлюються від чорноземної зони. І справді, на межі цих двох зон, де-небудь у Тульському, Калузькому, Чернігівському, Рязанському районах, ми бачимо, як чорноземні ґрунти замінюються підзолистими на протязі якихось 2—3 км. Часто-густо межею двох ґрунтових зон буває ріка, як, наприклад, Ока під Рязанню.

### Материнська порода

Доводиться шукати інших причин швидкої зміни ґрунтів, ніж кліматичні фактори. Ці причини вже видні з опису ґрунтових розрізів підзолистого й чорноземного ґрунту. Справа в тому, що де б не робили ґрунтові розрізи у чорноземній області, завжди, за дуже рідкими винятками, на деякій невеликій глибині ми натрапимо на вицвіті вуглекислого вапна, на горизонти, які закипають з кислотою; тимчасом, на північ від південної межі підзолистої зони здебільшого цього немає. Звідси висновок, що з карбонатністю материнських порід і зв'язане утворення чорноземних ґрунтів, тоді як підзолисті ґрунти, розміщені у північній частині Союзу, що займають понад 52% всієї території, утворюються переважно на породах безкарбонатних. Таким чином, причину відмінності ґрунтів слід шукати також у властивостях геологічних відкладень, які є материнською породою для ґрунту (Танфільєв, Коссович, Соколовський).

У Європейській частині СРСР більша частина ґрунтоутворних порід льодовикового походження: це — моренні суглинки з валунами (каміння граніту, кварциту, вапняків, принесені льодом), покривні суглинки, слабовалунні й безвалунні флювіогляціальні відклади суглинкові й піщанисті. Морена зви-

чайно червонобурого кольору, але інколи (залежно від характеру корінних порід) майже чорна (підмосковний район), жовтувата (у Дніпровському районі) і зеленуватосіра (на південному сході). Механічний, петрографічний і хімічний склад її залежить від характеру порід, які льодовик натрапив на своєму шляху. У тих випадках, коли льодовик просувався через простори, де на поверхню виходили вапняки, доломіти й мергелі, він руйнував ці породи, захоплюючи уламки їх і продукти їх механічного руйнування і відкладаючи їх на місці свого розтавання. У таких випадках трапляється й карбонатна морена. Але здебільшого морена безкарбонатна.

Дальше місце належить лесам і лесоподібним породам (полові, жовтобурі, шоколадні суглинки різного механічного складу) — основним ґрунтоутворним породам чорноземних ґрунтів. Серед них є еолові, делювіальні, алювіальні і флювіогляціальні відклади (наприклад, сиртові глини Заволжя, лесоподібні суглинки Північного краю, Західної області, лесоподібні глини й суглинки ЦЧО, Північного Кавказу, Західного Сибіру, леси і лесоподібні породи України й Середньої Азії). Далі йдуть прісноводні відклади великих озер і річкових долин, підстелені у Західному Сибіру на невеликій глибині солоносними відкладами третинного басейну.

На великих просторах Середньої Азії, Нижнього Поволжя і почасти інших частин Союзу ґрунтоутворювачами є піски різного віку й складу (кварцові, карбонатні, залістисті, глауконітові, фосфоритові, польовошпатові і т. д.). Нарешті, як ґрунтоутворювачі на півночі СРСР, а також на північ і північний захід від Каспійського моря виступають морські відклади (бореальної й каспійської трансгресії — наступу морів), в останньому випадку дуже солоні.

Материнські породи наших ґрунтів — спадщина, залишена нам попередніми геологічними періодами й віками. На території Союзу РСР утворилися вони під впливом трьох основних факторів: *м о р я*, яке залишило свої наноси, головним чином, у вигляді корінних порід; *д р у г и м ф а к т о р о м*, що відіграв особливу роль на території Європейської частини СРСР, був колосальний *л ь о д о в и к о в и й п о - к р и в*. Поширюючись із Скандинавії на всю Північну й частину Середньої Європи, він вкривав і значні простори Європейської частини СРСР, доходячи двома язиками до гірля ріки Орелі у Дніпровському басейні й до Усть-Медведиці у басейні Дону. Великі розміри мало зледеніння і в Азіатській частині Союзу РСР.

Цей льодовик мав у місці свого зародження колосальну товщину (за обчисленнями геологів до 6 км), рухаючись з Скандинавських гір по Східноєвропейській рівнині, як гігантський плуг, зорював своє річище, захоплюючи, перетираючи й переносячи на тисячі кілометрів ті породи, по яких він проходив. Тим-то у Середній Україні можна знайти каміння, відірване від скандинавських, фінляндських і карельських скель, принесене сюди льодовиком. Крім крупного каміння, льодовик переносив і продукти роздрібнення, стирання порід, які траплялися йому на шляху, і відкладав їх на місцях свого розтавання у вигляді льодовикової грязі. Залишаючись на місці, вони утворювали відклади льодовикових (валунних) глин і суглинків (моренні відклади). Крім того, в процесі танення льоду утворювалися колосальні водяні потоки, які переносили маси землі, відкладаючи в місцях своєї течії, залежно від

швидкості її, піски й супіски, суглинки. Відклади останнього типу називаються флювіогляціальними\*. Річкові й озерні наноси відзначаються шаруватістю — результат зміни швидкості течії води: весняні води відкладають крупніші піщані частки, літні — дрібні, глинисті.

Третім фактором, який відіграв величезну роль в утворенні ґрунтотворних порід у нашій країні, був в і т е р. Південна частина льодовикових відкладів Європейської частини СРСР, зокрема на Україні, оточена відкладами пологої, часом рудоватої породи, лесом і лесоподібними породами. Дніпровський язик залишених льодовиком валунних відкладів також вкритий цією породою. Типові (еолові) леси відрізняються від моренних відкладів відсутністю валунів, а від водних — відсутністю характерної для них шаруватості і черепашок водних молюсків.

Таким чином, походження нешаруватого лесу не можна пояснити ні дією льодовика, ні текучих вод.

Дослідження наших учених (Тутковський, Обручов, Мирчинк, Москвітін, Крокос і інші) як у Європейській частині СРСР, так і в Центральній Азії показали, що єдиним фактором, що обумовив утворення типових лесів, міг бути тільки вітер, який розвіював в умовах сухого клімату льодовикові й інші відклади. Таке розвіювання Обручов спостерігав у пустинних районах Центральної Азії; те саме має місце і в Китаї, де серед лесових відкладів було знайдено яйця таких типових населеників пустинних районів, як страуси.

Крім еолової, вітрової, теорії походження лесу існують і інші: льодовикова, яка вважає лес за флювіогляціальний відклад, мул, винесений потоками з місць, укритих льодовиком, і навіть за карбонатну морену; делювіальна, яка розглядає його як результат наміву тонких часток з висот дощовими струмочками. Є вказівки на утворення схожих своїм виглядом до лесу (лесоподібних), але завжди шаруватих озерних і річкових відкладів (алювіальні осади). Берг висунув гіпотезу «ґрунтового» походження лесу, за якою лес може утворюватися в умовах сухого клімату із усяких порід, які «облесуються» під впливом ґрунтоутворення. Проте, згадані гіпотези (крім еолової) ніяк не можуть пояснити особливостей лесу й великого поширення типового лесу на всіх континентах не тільки в низинах і долинах, але й на вододілах і підвищеннях. Нарешті, автор висунув ґрунтово-еолову гіпотезу, яка розглядає леси як продукт розвіювання солонців і солонцюватих ґрунтів Південного Сходу, Середньої і Центральної Азії; на користь цього говорять неповна насиченість колоїдної частини українських лесів Са і низьке відношення між обмінними Са і Mg, що наближує леси до солонців. Все це не виключає існування лесоподібних порід, відкладених текучою водою (шаруватість) і льодом (з включенням валунчиків).

На території СРСР ґрунти утворилися переважно на відкладах, залишених льодовиком, текучою і стоячою водою й вітром. Морські відклади, як і масивнокристалічні породи, значно рідше виступають як материнські породи.

Ці три типи материнських порід наших ґрунтів відзначаються загалом і своїм *хімічним складом*. Так, льодовикові відклади здебільшого не мають у собі ні розчинних солей, ні навіть вуглекислого вапна (хоч подекуди і трапляється карбонатна морена); леси

\* Флювіус — ріка, гляцієс — лід (лат.).

й лесоподібні відклади багаті на вапно; морські відклади, особливо відклади заток і лиманів, утворених відступаючими морями, багаті на розчинні солі (головним чином, на хлорид і сульфат натрію).

Відступаючи, море відділяло бухти, лагуни, де приплив води не перекривав випаровування і, таким чином, створювалися умови для великої концентрації солей (наприклад, теперішні Сиваші, Кара-Бугаз); отже, в минулому утворилися величезні соляні відклади Солікамська, Артемовська тощо і солоносні породи з характерними рештками морських тварин.

Проте солоність часто має і інше, континентальне походження: у сухих замкнених областях (пустині), вся маса солей, вилуговуваних з стародавніх морських відкладів і продуктів сучасного вивітрювання, скупчуються в знижених частинах країни, насичуючи породи (Вальтер). У таких випадках солоність, як виявляється, набагато молодша від самої породи. Такі солоносні суглинки й південного сходу Європейської частини СРСР (Дімо) і півдня України (Соколов).

У зв'язку з цим на безкарбонатних льодовикових відкладах створилися підзолисті ґрунти, на лесах і лесоподібних породах — чорноземи, на солоносних відкладах — більш чи менш солонцюваті ґрунти, а також солонці і солончаки.

Всюди, де серед необмеженого моря підзолистих ґрунтів бачимо на карті чорноземні острови («владимирські чорноземи», чорноземи північної частини Чернігівщини, Горьковського краю і темнозабарвлені ґрунти північного сходу Європейської частини СРСР — Молотовська і Кіровська обл.), — всюди там, досліджуючи ґрунтові розрізи, ми завжди натрапляємо на глибині 1—1,5 м на карбонатні шари, на карбонатну породу. Природа наче зробила дослід, який підтверджує основну думку про те, що чорнозем завжди зв'язаний з наявністю в ґрунті творній породі вуглекислого кальцію.

З другого боку, і в самій чорноземній зоні ми бачимо «затоки» підзолистих ґрунтів, які глибоко заходять у неї (в Тамбовській і Пензенській областях). Ці «затоки» зв'язані з наявністю там порід, позбавлених вуглекислого вапна.

### Рослинність

У ґрунтотворенні основна роль належить біосу — зеленим рослинам, творцям органічної речовини і мікроорганізмів — руйнівникам її. Утворення органічної речовини і руйнування її у постійному їх взаємодіянні і єдності — основа ґрунтотворного процесу за Вільямсом.

Чорноземні ґрунти — це ґрунти трав'яних степів; підзолисті ґрунти утворюються під лісами. Якщо на чорноземному ґрунті поселяється ліс, якщо на степ у далекому минулому насунулася могутня лісова формація, вона приносить разом з собою і підзолотворний процес, який різко міняє властивості колишнього чорнозему, перетворюючи його в так звані опідзолені (деградовані)

чорноземи і лісові землі, які оточують чорноземну зону з півночі і проникають далі на південь, головним чином, на правобережжя рік басейнів Дніпра, Дону і Волги.

Навпаки, поява людини з сокирою, сохою і плугом, вогнем і випасом свійських тварин приводить до знищення лісового покриву, даючи повний простір розвитку трав'яної рослинності (дерновий процес) і утворенню чорнозему (реградація і проградація), коли ґрунт досить забезпечений кальцієм ( $\text{CaCO}_3$ ).

### Рельєф

Рельєф місцевості, що надзвичайно міняє вплив кліматичних факторів, то посилюючи вологість (на низьких місцях), то послаблюючи її (на схилах, особливо південних), не тільки по-різному впливає на зростання рослинності в різних географічних широтах, але й докорінно міняє умови ґрунтоутворення: на північних схилах, які менше гріються сонцем, але краще зволожений, бачимо ґрунти, характерні для районів, що іноді лежать за сотні кілометрів на північ, і, навпаки, на південних схилах утворюються ґрунти південнішого типу. Збільшення кута нахилу на один градус неначе переносить дане місце на 110 км на південь або на північ.

### Вік ґрунтів

Ґрунт, як і все в природі, має свою історію і під впливом тривалості цієї історії змінюються і його риси: для утворення ґрунту, для його перетворень і змін потрібен певний час; ґрунт зароджується, розвивається і зазнає різких змін як під впливом процесів, що в ньому відбуваються, так і під впливом зовнішніх ґрунтоутворних факторів. Розвиток ґрунту — це єдиність внутрішніх і зовнішніх процесів. Тому вік ґрунту, тобто тривалість діяння комплексу ґрунтоутворних факторів, що тісно між собою переплітаються, має велике значення.

Роль фактора часу зовсім особлива: у часі відбувається всякий рух у природі і суспільстві, час — необхідна умова всякого розвитку; він об'єднує, нагромаджує вплив інших факторів, який супроводжується переходами кількості в нову якість — росту в розвиток. Без цього апеляція до часу, як самостійного, вирішального фактора лише прикриває недостатнє знання справжніх причин, наближаючись до догми автогенезу.

### Вплив людського суспільства на ґрунтоутворення

Генетичній системі ґрунтоутворення Докучаєва закидають нехтування впливу людини як могутнього фактора ґрунтоутворення. А тимчасом цей шостий фактор відіграє роль з перших же моментів

появи людини (користування вогнем, лісові, степові і торф'яні пожежі, випас худоби тощо); він тим більше відбивався на властивостях ґрунту, чим інтенсивніший був вплив людини. У деяких випадках він докорінно міняє властивості ґрунтів, наприклад, при меліорації, в садівництві і городництві. Вплив людини тісно переплітається з впливом природних факторів і дає нові варіанти ґрунтів, що залежать у своїх властивостях і дальшому розвитку як від застосованих людиною заходів, так і від природних факторів. Зі збільшенням знання законів природи, з розвитком науки і техніки невпинно росте влада людини над природою і в тому числі й вплив її на ґрунт.

Цілком очевидно, що вплив людини на ґрунт під Ленінградом дає зовсім інші наслідки, ніж в умовах середньоазійської частини СРСР; на Камчатці інші, ніж в Криму і т. д. Це зрозуміло, бо втручання людини не усуває діяння природних факторів, не скасовує законів природи.

Тому, якщо неправильне нехтування і недооцінка соціальних факторів ґрунтоутворення, то в рівній мірі неправильне по суті і нехтування особливостей самих ґрунтів, природних і господарських обставин, в яких вони розвинулися й існують. Це приводить до появи і пропаганди зрівняльних тенденцій щодо агротехніки, сівозміни тощо, засуджених Партією і радянською наукою.

Процес ґрунтоутворення відбиває на собі сукупну дію як природних, так і соціально-економічних факторів, які набувають з розвитком суспільства і продуктивних сил чимраз більшого значення, оскільки дедалі більше зростає влада людини над природою, що досягає небувалих в історії розмірів при комунізмі.

Ось основні причини різноманітності ґрунтів у природі. Людина своїм втручанням, вирівнюючи природні відмінності ґрунтів, створює нові відмінності, практично іноді ще важливіші.

Однаковим поєднанням факторів ґрунтоутворення відповідають і однакові ґрунти і, навпаки, зміна якогось з них міняє і характер ґрунту.

Докучаєв надавав основного значення кліматові, гадаючи, що поширення типу ґрунтів, який найбільше в його час цікавив сільське господарство, — чорнозему — насамперед визначається саме кліматом. Проте, якщо клімат і є могутнім фактором, то й інші фактори в конкретних умовах відіграють певну, а часто вирішальну роль. Більше того, якщо клімат у своїх змінах на широких просторах материків, впливаючи на зміни рослинності й тваринного світу, сприяє також зміні ґрунтів; якщо протягом тисячоліть кліматичний вплив, сприяючи, зокрема, вилугуванню із ґрунтів навіть важкорозчинних солей, кінець кінцем може стати наймогут-

нішим фактором із усіх перерахованих вище\*, то в конкретних умовах господарства, що охоплюють порівняно короткий час і на порівняно невеликих просторах, якісні показники ґрунтів залежать уже не від клімату (у всякому разі не від солярного клімату і не макроклімату, а скоріше від мікроклімату і ґрунтоклімату), а від інших факторів (наприклад, від хімічного й фізичного характеру материнських порід, рельєфу тощо).

Взагалі кажучи, у кожному конкретному випадку характерні особливості ґрунту залежать від переважного впливу того або іншого з зазначених факторів ґрунтоутворення, тієї або іншої комбінації їх. Звичайно, зміни, які відбуваються в самому ґрунті під впливом процесу ґрунтоутворення, є часом не менш важливим фактором, ніж зовнішні впливи: розвиток ґрунту, яківсякого тіла природи, відбувається у тісній взаємодії внутрішніх і зовнішніх впливів — з одного боку, а з другого боку — у сполученні природних і соціальних факторів, які по-різному проявляються в різних умовах клімату, геології, рельєфу, рослинності.

### ЗАКОНОМІРНОСТІ ПОШИРЕННЯ ҐРУНТІВ

#### Ґрунтові зони

Спостереження в природі на широких просторах СРСР уперше дали Докучаєву можливість встановити, що ґрунти в природі не розкидані у випадковому безладді, що їх поширення підпорядковане певним законам. Докучаєв виявив, що схожі ґрунти простягаються на поверхні землі більш або менш суцільними смугами, які чергуються в напрямі з півночі на південь і які він назвав ґрунтовими зонами.

На крайній півночі Докучаєв і його учень Сибірцев установили тундрову зону, на південь від неї — лісову зону тайги з підзолистими ґрунтами, далі йде чорноземна зона, зона каштанових ґрунтів, бурих ґрунтів і, нарешті, сіроземів. Кожна з зон дістала назву за переважним типом ґрунтів. Як видно на картах СРСР, ці зони простягаються з Західної Європи через Європейську частину СРСР на азіатський материк. Ці ж зони мають місце і в Америці і на інших континентах. В СРСР зони мають більш чи менш широтне простягання; проте при наближенні до гірських місцевостей напрям їх різко міняється, як, наприклад, в Сибіру. Інакше й бути не може, бо клімат визначається не лише широтою місцевості,

\* Проте цьому впливові клімату завжди протидіє рослинність, яка переносить своїми коріннями різні хімічні елементи із глибоких шарів у верхні горизонти ґрунту.

але й розподілом океанів та материків і, крім того, неоднаковим розподілом і напрямом гірських пасом на материках. Ці фактори різко міняють клімат місцевості. У всякому разі про ґрунтові зони, відкриті Докучаєвим, можна говорити лише в масштабі цілих материків.

Крім горизонтальних ґрунтових зон, що змінюють одна одну на європейському континенті в напрямі з північного заходу на південний схід, Докучаєв встановив також і вертикальні ґрунтові зони. Так, ідучи, скажімо, від Заволжя до Кавказького хребта, ми бачимо, що бурі напівпустинні ґрунти змінюються каштановими, потім кавказькими чорноземами, потім деградованими чорноземами і бурими лісовими ґрунтами, які в високих районах Кавказу поступаються місцем гірськолужним, часто торф'янистим ґрунтам і, нарешті, вічним снігам.

Тут іде неначе та сама зміна ґрунтів, яку ми бачили на рівнині в напрямі з півдня на північ. Це пояснюється тим, що клімат і інші фактори ґрунтоутворення залежать не тільки від географічного положення даної місцевості, але також від її висоти (з висотою знижується температура, збільшується вологість, змінюється характер рослинності і т. д.). Проте від північної тундрової зони високогірські райони відрізняються більшою кількістю сонячного світла, що їм припадає.

Кожній із ґрунтових зон властиві свої панівні типи ґрунтів. У межах ґрунтових зон ґрунтовий покрив неоднорідний. Причини цього, по-перше, зміна клімату: із заходу на схід клімат стає дедалі континентальнішим; літо стає сухіше і паркіше, зима — суворіша. Не однакові й материнські породи ґрунтів — залежно від геологічної історії міняється також і рельєф місцевості, разом з тим міняється й рослинність.

Тому ґрунтові зони розподіляються в широтному напрямі на підзони: підзолиста — на болотно-підзолисту і лучно-підзолисту, чорноземна — на підзону звичайного і південного чорнозему і ін. А підзони далі діляться ще на провінції й райони. Так, виділяються, наприклад, передкавказька, західносибірська і інші провінції чорноземної зони; райони дерново-підзолистих ґрунтів на карбонатних породах у підзолистій зоні і та ін.

Проте не лише в межах країв і областей, але навіть в окремих адміністративних районах, більше того — у межах окремих колгоспів і радгоспів ґрунти не однакові; це відомо давно. Причиною різноманітності ґрунтів тут уже є не клімат, а суто місцеві умови — рельєф, зміни материнської породи, механічного й хімічного складу його — карбонатність, безкарбонатність і засоленість, механічний склад, рослинність, що вкривала ґрунти в докультурний період (лісова, степова, лучна), а також різне культурне минуле тієї чи іншої ділянки, як давно вона ввійшла в постійну культуру і ступінь окультуреності, тобто інтенсивності господарювання на



ній. Тому для потреб конкретного господарського планування у межах ґрунтових зон насамперед доводиться звертати увагу на ці моменти. Завдання сільськогосподарського ґрунтознавства — виявити ґрунтові провінції, райони і підрайони з типовими для них природними й культурними варіантами ґрунтів і характеризувати їх агрономічні і агротехнічні властивості.

### Ґрунтові комплекси

Само собою розуміється, що в умовах великого соціалістичного господарства, при республіканському, крайовому і обласному плануванні і районуванні, нас цікавлять не тільки типи і види ґрунтів, але й їх поєднання на сільськогосподарській території. Адже, як уже згадувалося вище, ґрунти надзвичайно чутливі до всіх, навіть найменших змін рельєфу, і не тільки до змін, вимірюваних десятками й сотнями метрів, — навіть різниця в висотах на кілька десятків сантиметрів, а іноді і на кілька сантиметрів, сприяючи нерівномірному розподілові води на поверхні ґрунту, міняє умови нагрівання, зволоження, «клімат ґрунту», а разом з тим і сам ґрунт. Звідси строкатість ґрунтів у першому-ліпшому районі, що доходить до своїх крайніх меж як у південних ґрунтових зонах, так і на Півночі — в підзолистій зоні.

Велике соціалістичне господарство (радгосп і колгосп) не завжди розташовується на якомусь одному типі ґрунтів, навіть в межах одного певного типу захоплює всю різноманітність його змін. Звідси — строкатість, комплексність ґрунтового покриву, що впливає на всі сільськогосподарські операції і на урожай. Проте комплекси, тобто поєднання ґрунтів, для кожної зони виявляють свої особливості; так, наприклад, у підзолистій зоні до складу першої-ліпшої ділянки території входять підзолисті ґрунти різної міри опідзоленості, різної міри заболочення, а також різні сполучення виявів процесів заболочення з процесами опідзолювання і дерновим процесом. У південній посушливій частині СРСР маємо поєднання, як правило, солонцюватих ґрунтів різної міри солонцюватості з типовими солонцями, солончаками і т. д. У зв'язку з цим треба відзначити, що й самі комплекси ґрунтів підпорядковані за законом зональності.

З другого боку, для конкретних господарських одиниць — радгоспів і колгоспів — має велике значення, більше того — основне значення, зміна ґрунтів у межах комплексу, бо їм доводиться планувати господарські операції на цілком конкретній, обмеженій території, де треба розв'язувати цілий ряд цілком певних питань щодо використання своєї території, агротехнічних заходів на ній (початок польових робіт весною, характер обробітку ґрунту і догляд за рослинами на окремих ділянках,

боротьба з коркою, замулюванням, засоленням і т. ін., час посіву, збирання, розподіл сівозмін на території, удобрення різних ділянок і полів, меліоративні заходи, забезпечення сполучень на території господарства тощо).

Ось тут до рук активу радгоспу, МТС, колгоспу треба дати цілком чіткі вказівки, з допомогою яких вони можуть розібратися в закономірностях змін властивостей ґрунтів на їх території, у причинах цих змін і знайти шляхи для потрібної переробки ґрунтів своїх полів, для виправлення їх хиб. А що рельєф, механічний склад ґрунтів, історія полів і т. д. відіграють тут вирішальну роль, то, очевидно, для визначення характеру ґрунтів свого господарства місцеві працівники повинні розуміти вплив помітних для простого ока факторів на зміну властивостей ґрунту, — іншими словами, для кожної місцевості, що відрізняється від інших своїми природними і господарськими умовами, треба виробити свої «ключі» (пор. топографічні схеми Вільямса, Захарова, Богдана, Францессона, Вітиня, Щеглова, Дімо і ін.).

### Класифікація ґрунтів

Щоб правильно планувати використання ґрунтів і заходи, зв'язані з удобренням, з механізацією обробітку, з меліорацією і т. д., треба точно умовитися щодо назв ґрунтів. Класифікація ґрунтів дасть змогу переносити результати досліду, проведеного в одному місці, на подібні ґрунтові умови в іншому місці і, навпаки, порівнюючи різні типи ґрунтів, виявляти ті особливості, які сприятливо чи несприятливо впливають на їх агрономічні властивості (ми уже бачили, що, наприклад, порівняння підзолистих ґрунтів з чорноземами досить переконливо показують основну причину різниці між ними, не кажучи вже про відмінність рослинності, — це ненасиченість кальцієм одних і насиченість інших).

Класифікація ґрунтів, як і всякого природного явища, повинна базуватися на їх властивостях, які характеризують ґрунти як загальний засіб сільськогосподарського виробництва. Тимчасом властивості ґрунтів зв'язані з їх походженням і умовами розвитку. У різних країнах існують різні класифікації.

У господарській практиці звичайно поділяють ґрунти на піщані, суглинкові, глинисті, болотяні, чорноземи; холодні і теплі, легкі й важкі. На першому місці тут все-таки стоїть визначення характеру ґрунту за механічним складом і почасти — за фізичними властивостями.

Проте цілком очевидно, що різниця в мірі глинистості і піщаності далеко не охоплює самих основних відмінностей ґрунтів. Так, наприклад, піщані ґрунти можуть бути і біля Архангельська

і біля Астрахані, глинисті ґрунти можуть бути і в Північному краї і в Харківській області. Тимчасом, цілком очевидно, що навіть при однаковому механічному складі і зовнішній вигляд їх і агрономічні властивості будуть далеко неоднакові. Механічним складом можна керуватися, коли розглядати ґрунти в межах невеликих районів; при спробі ж перенести досвід одного району на інший, використати його при обласному, республіканському, не кажучи вже про союзне планування, ми відразу ж натрапляємо на інші важливіші фактори. Те саме слід сказати і про класифікацію ґрунтів за кольором, за вмістом гумусу, — взагалі за якоюсь однією ознакою. Американський принцип класифікації на підставі самого лише механічного складу при своїй, на перший погляд, «практичності» привів до колосальної кількості видів ґрунтів (багато тисяч) і зовсім позбавив змоги використовувати матеріали, добуті американськими ґрунтознавцями за десятки років. Тому останні десятиріччя американські ґрунтознавці посилено переробляли свої дані на основі принципів радянського ґрунтознавства, генетичного ґрунтознавства, основоположником якого є Докучаєв.

Ясна річ, що планування сільського господарства вимагає такої класифікації ґрунтів, яка відбивала б агрономічні властивості їх. Ці властивості якнайтісніше зв'язані з усіма особливостями ґрунтів, їх хімічним, фізичним і мікробіологічним характером, їх динамікою; все ж ці особливості залежать від умов походження ґрунтів і їх дальших змін як природних, так і культурних. Звідси висновок, що виробнича класифікація ґрунтів повинна мати наукову основу, повинна базуватися на знанні походження ґрунту і на напрямку його розвитку, тобто мати генетичну основу, що класифікація ця повинна охоплювати ґрунт у цілому, у всій його багатогранності, з точним обліком усіх його особливостей, в їх виникненні, зміні і взаємодії між собою, повинна показати генетичні відношення між різними типами ґрунтів.

В основу генетико-виробничої класифікації треба покласти ті моменти, які найбільше відбиваються на всіх властивостях ґрунтів і насамперед — агрономічних. Певна річ, усяка класифікація залежить від стану наших знань на даний момент, і тому цінність її відносна. Так і класифікація ґрунтів: відбиваючи рух, розвиток ґрунтів у часі і розподіл у просторі, вона звичайно, відносна і обмежена сумою знань, які ми маємо. Тому, в міру поглиблення знань про ґрунти, схеми класифікації увесь час переглядаються і встановлюється зв'язок між процесами ґрунтотворення і їх виявом — ґрунтовими типами, підтипами, видами і відмінами. Досить назвати класифікаційні схеми Докучаєва, Сибірцева, Висоцького, Глінки, Косовича, Віленського,

Гедройца, Полинова, Туміна, Захарова, Раманна, Неуструєва і інших.

Перші спроби класифікації виходили з розміщення ґрунтів у просторі і зв'язаних з цим відмінностей; звідси — географічні, зональні системи класифікації з розподілом ґрунтів на нормальні, перехідні і аномальні (Докучаєв), на зональні, інтразональні і азональні (Сибірцев). Разом з тим ішов поділ ґрунтів за факторами ґрунтотворення (екто- і ендодинамоморфні, ґрунти різних умов зволоження — Глінка); за геоморфологічними умовами — ґрунти рівнин і вертикальних зон; за флористичним режимом — лісові, степові; за солевим режимом; за перевагою того чи іншого фактора ґрунтотворення — фітогенні, термогенні, гідрогенні і галогенні ґрунти (Віленський). Часом кліматові надавали основного, вирішального значення (кліматогенні ґрунти Захарова і т. д.).

На внутрішніх властивостях ґрунту, на особливостях самого ґрунтового тіла, його колоїдів вперше побудована класифікація ґрунтів Гедройца; він ділить ґрунти на насичені й ненасичені основами. Залежно від увібраного катіона міняються і властивості колоїдної частини ґрунту і його профілю. Його положення увійшли також у класифікацію Неуструєва. Так само їх використано і в поданій тут схемі.

На нашій схемі показані і напрями змін окремих типів ґрунтів під впливом як природних факторів, так і культури.

Великий вплив на ґрунтотворення має вода, що є не тільки необхідним фактором хімічних і біологічних процесів, вона, крім того, переносить продукти їх як кристалоїдного, так і колоїдного характеру.

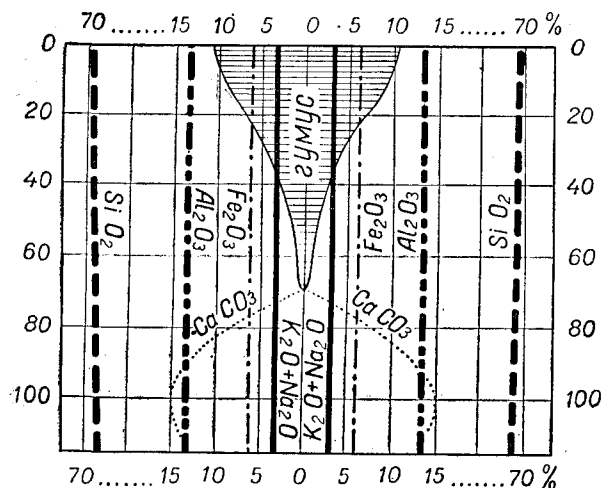
Тому водний режим відіграє вирішальну роль у ґрунтотворенні. Існують два основні типи водного режиму ґрунтів: або вся вода попадає в ґрунт з атмосфери, або ж ґрунт внаслідок стікання з сусідніх ділянок ландшафту або підіймання ґрунтових вод буває в умовах надмірного зволоження, яке сильно впливає і на повітряний, і на біодинамічний режим ґрунту, що набуває анаеробного характеру.

Звідси (за Неуструєвим) — два основні ряди ґрунтів: автоморфні і гідроморфні або (за Висоцьким) ґрунти атмосферного й ґрунтового зволоження.

Вище ми вже говорили про те, що найхарактернішою рисою для змін ґрунтового тіла є розподіл у ґрунтовому профілі колоїдів як мінеральних, так і органічних. За цією ознакою ґрунти першого ряду, що утворилися в умовах атмосферного зволоження, поділяються на дві групи.

У ґрунтах, що належать до першої групи, різниці в механічному складі у різних горизонтів майже немає, бо немає перерозподілу колоїдів, немає їх виносу з верхніх горизонтів і скупчення в нижніх. До цієї групи належать чорноземні ґрунти, що містять у собі досить велику кількість гумусу і досить глибоко забарвлені гумусом (глибокий перегнійний горизонт — Н).

До другої групи належать ґрунти, у яких відбувся більш або менш значний перерозподіл колоїдів з

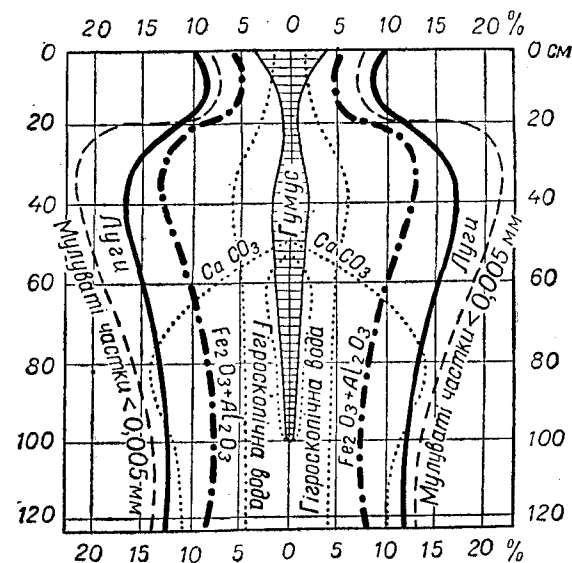


Мал. 17. Схематичний графік властивостей чорнозему по горизонтах його профілю. Немає перерозподілу колоїдів.

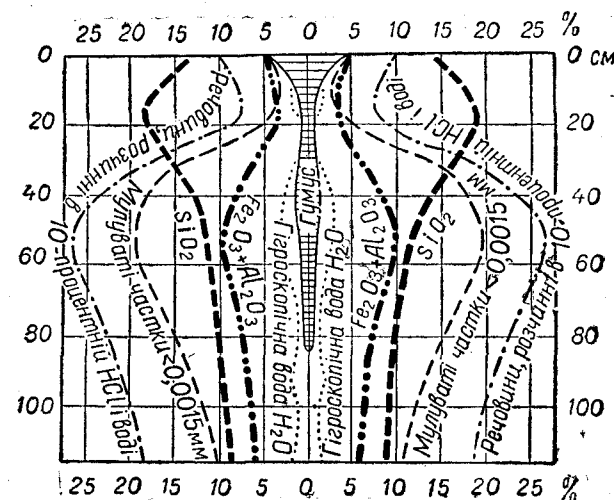
утворенням ілювіального горизонту, наявність якого міняє не тільки механічні особливості, але й водний режим ґрунту. Нестійкість колоїдів у верхніх горизонтах і вимивання їх, як відомо, зв'язані з недостатньою насиченістю кальцієм.

Тому у ґрунтах другої групи, як і слід було сподіватися, маємо недостатню насиченість кальцієм. У підзолистих ґрунтах Півночі ця ненасиченість зв'язана з вимиванням кальцію дощовими водами, насиченими вуглекислою, з заміщенням кальцію на іон водню, а почасти і NH<sub>4</sub>; а в широтах далі на південь, у солонцях і солонцюватих ґрунтах (так звані південні, каштанові, шоколадні чорноземи і бурі ґрунти) — з впливом на ґрунт увібраного натрію. Уявлення про різний розподіл у профілях чорнозему, солонцю і підзолу як колоїдів (зокрема гумусу), так і кристалітів дають схеми Неуструева (мал. 17, 18 і 19).

Другий ряд ділиться за ступенем заболочування, джерелами його, участю засолення. Кожному типові, підтипові і т. д.



Мал. 18. Схематичний графік властивостей солонцю по горизонтах його профілю. Перерозподіл колоїдів є.



Мал. 19. Схематичний графік властивостей підзолу по горизонтах його профілю. Перерозподіл колоїдів є.

властивий розвиток у тому чи іншому напрямі зі зміною їх якості і з утворенням нових ґрунтів. На схемі показані стрілками лінії їх розвитку.

З перерозподілом колоїдів у профілі тісно зв'язана і безструктурність ґрунтових колоїдів, які лишаються в верхньому шарі. А звідси — цілий ряд неминучих наслідків, що виявляються також у змінах фізичних властивостей ґрунтів, важливих для механізації обробітку, водного режиму і біодинаміки ґрунтів. Таким чином, ці ознаки, важливі з теоретичного погляду, охоплюють цілий комплекс виробничих особливостей ґрунту, які мають велике значення для його агрономічної характеристики. Дальший розподіл ґрунтів на підтипи, на види і варіанти зважає на те, чи маємо перед собою чистий продукт одного напрямку ґрунтоутворення, чи на властивості ґрунту, утворені, скажімо, чорноземним процесом, накладуються результати процесу підзолистого (при наступі лісу на степ), або ж процесу солонцюватого, або ж заболочування. Далі істотне значення має, в межах даного ґрунтового типу і підтипу, механічний склад і механічні властивості ґрунту, чи багатий він на гумус, який ступінь насиченості кальцієм, структурність і, нарешті, особливості його мікрофлори.

У кожному типі можуть бути ґрунти недорозвинені, зобов'язані своїм існуванням або молодості ґрунту (коли він не встиг сформуватися), або ж геологічним процесам змиву й наміву (алювіальні й делювіальні процеси), що весь час впливають на ґрунтоутворення (ґрунти схилів, алювіальні ґрунти річкових долин, балок). У кожному типі можуть бути відмінності за механічним складом.

Щодо червоноземів, жовтоземів і латеритів (по-старому — зональні ґрунти тропіків), які на колишніх ґрунтових картах займали величезні простори в тропічних і субтропічних областях земної кулі, то, з одного боку, їх площа значно скоротилася, поступившись місцем на новіших світових картах сіроземам, буроземам, каштановим і навіть чорноземам (Глінка — 1927, Афанасьєв — 1931, Голлштейн-Бланк — 1930, Марбут для Африки — 1923, Прескотт для Австралії — 1933, Ґрунтова карта світу Прасолова — 1937 і ін.). З другого боку, вияснилося, що підзолистий процес розвивається на червоній корі вивітрювання в тропіках і субтропіках в умовах вологого і теплої клімату і лісової рослинності. Підзолисті ґрунти виявлені і на сході тропічної Африки і на Суматрі.

Взагалі «латерити» тропіків являють собою збірну групу. В областях, де чергуються періоди з великою кількістю опадів і посушливі, в широких долинах утворюються «латерити», які нагадують ортштейни високих широт і такі міцні, що з них у Південній Азії (Індо-Китай, Індія) протягом ряду тисячоліть будували храми і палаци (Пендлетон).

Утворення їх відбувалося (як і в периферійній частині боліт підзолистої зони) за рахунок окислення сполук закисного заліза, вимитої водою атмосферних опадів із ґрунтів і порід вододільних просторів. Завдяки гідростатичному і капілярному підняттю ґрунтового розчину, якщо він потрапив в зону аерації, в ньому відбувався ряд перетворень:  $\text{Fe}^{++} \rightarrow \text{Fe}^{+++}$ ; сполуки тривалентного заліза давали драглисті осади — гелі, які зцементовували піщані й супіщані породи й ґрунти і з часом переходили в щільні кам'яноподібні утворення.

Підзолистий процес виявляється і в Західній Грузії, на Кавказькому узбережжі Чорного моря, яке раніше вважали районом поширення субтропічних червоноземів. Тепер про латерити й червоноземи можна говорити скоріше, як про кору вивітрювання, що дуже енергійно відбувається в умовах високого зволоження й температури, як про материнську породу, на якій розвивається підзолистий процес ґрунтоутворення, а не ставити їх поряд з іншими ґрунтами. В умовах гірського рельєфу відбувається сильний змив червоноземного матеріалу і перевідкладення його у вигляді делювіальних і алювіальних відкладів. Часто вони являють собою горизонт I (B) підзолистих ґрунтів, де верхні горизонти змиті. Таким чином, серед червоноземів часто трапляються неповні, недорозвинені або ж змиті ґрунти.

Відрізняються ці ґрунти високим вмістом  $\text{P}_2\text{O}_5$  при малій його рухомості, малим вмістом  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  і  $\text{K}_2\text{O}$ ; високим вмістом (65% від місткості) увібраного Н-іона, малою насиченістю кальцієм і порівняно великою — магнієм. На червоній породі утворюються як підзолисті, так і дернові та лучно-болотні ґрунти (Захаров); вміст гумусу в них мінливий: не зважаючи на часом замаскований колір ґрунту він доходить до 10%. Завдяки умовам утворення, «ґрунти» цієї збірної групи бідні на поживні речовини і потребують добрив під цінні субтропічні культури. Внаслідок високого вмісту полуторних окисів ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) фосфати ґрунту важко розчинні і мало доступні рослинам.

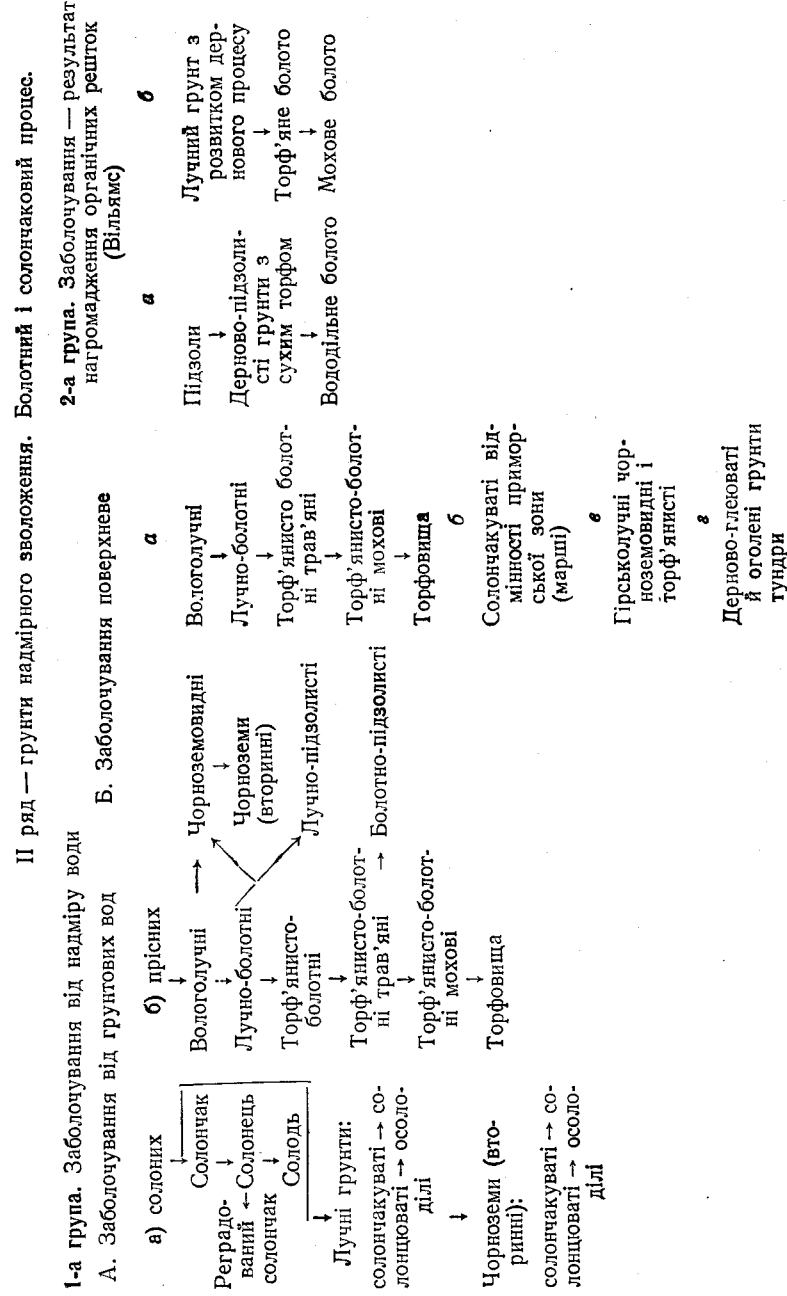
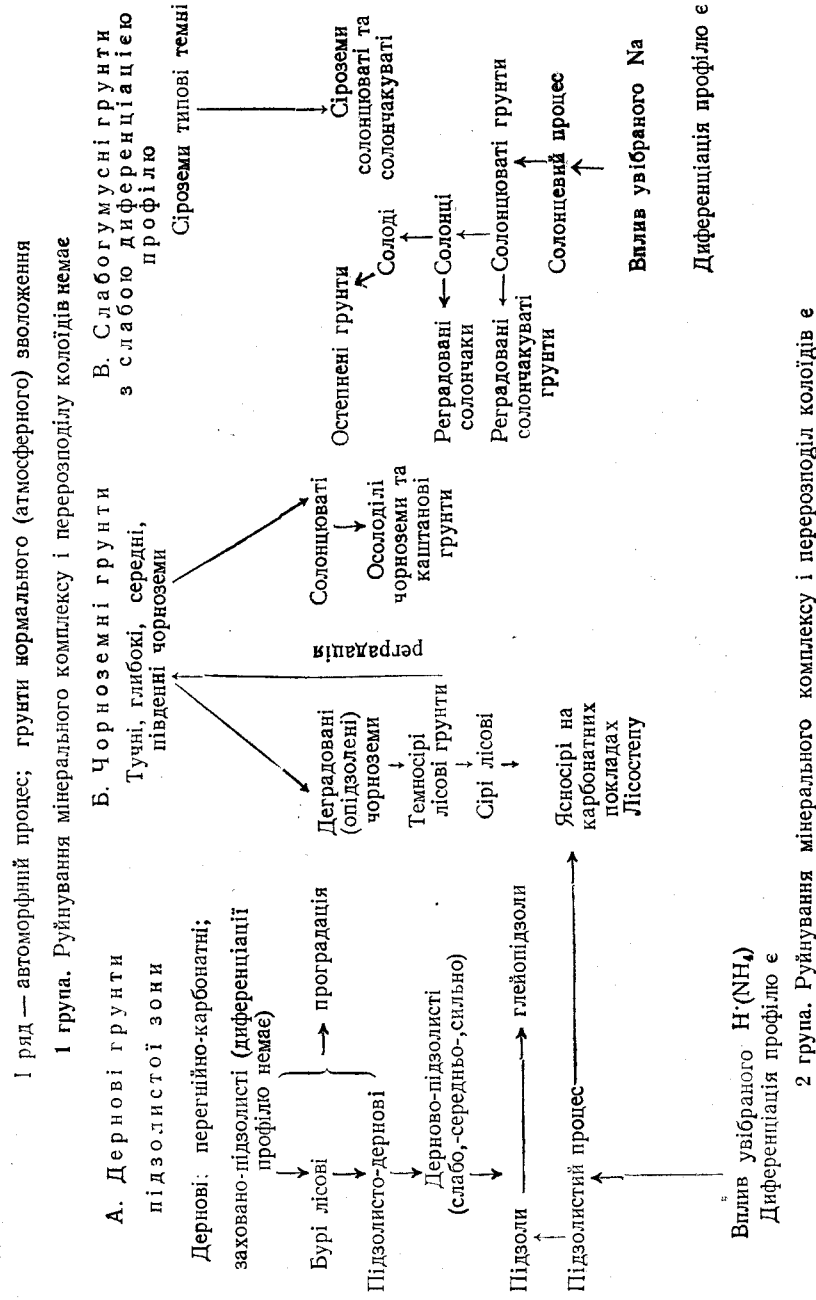
### Єдність процесу ґрунтоутворення і численність ґрунтів у природі

Ґрунтознавство пройшло ті самі шляхи й стадії, що й інші науки про природу: адже спочатку «природознавство було переважно збираючою наукою, наукою про викінчені речі... в нашому (тобто ХІХ. — О. С.) столітті воно стало власне *упорядковуючою* наукою, наукою про процеси, про походження і розвиток цих речей і про зв'язок, який з'єднує ці процеси природи в одно велике ціле»\*.

До початкової класифікації ґрунтів можна застосувати характеристику, яку дав Тімірязєв класифікаційним схемам старого природознавства, що їх він назвав просто каталогами, які дозволяли до певної міри розібратися в різноманітності об'єктів рослинних, тваринних і мінералогічних. Ґрунт ще не виступав як «одне велике ціле», і про ґрунти, різні типи їх спершу говорили, як про незалежні одне від одного утворення. Мало того, в класифікаціях знаходимо розподіл за типами, по суті кажучи, не ґрунтів, а ґрунтоутворних факторів (ґрунти нормальні, зональні тощо).

\* Ф. Енгельс. «Людвіг Фейєрбах і кінець класичної німецької філософії». Держполітвидав УРСР, 1952, стор. 35—36.

# СХЕМА КЛАСИФІКАЦІЇ ҐРУНТІВ



А проте при всій очевидній потребі зважати на шляхи походження ґрунтів (генетичний підхід) у виробничих умовах доводиться мати справу уже не з факторами ґрунтоутворення, а з самим ґрунтом, який обробляють, удобрюють і т. д. Заходи агротехніки мають базуватися на властивостях самого ґрунту, а не на «факторах».

Тому й класифікація має бути побудована так, щоб, зважачи на генетичні моменти, особливу увагу приділити тим ознакам ґрунту, які мають виробниче значення, або — в крайньому разі — таким, із яких можна зробити потрібні для виробничих операцій висновки.

У межах загальної класифікації і виходячи з неї, в конкретних виробничих завданнях треба щоразу на перше місце висувати провідні моменти, що вимагають особливої уваги. Тут у межах господарських одиниць (радгоспи, колгоспи) часто-густо основного значення набувають ознаки, які в загальній системі класифікації відіграють підпорядковану роль (наприклад, механічний склад, ступінь змитості ґрунту, глибина перегнійного горизонту тощо).

Тепер уже маємо досить знань, щоб від простого опису зовнішнього вигляду ґрунту перейти до виявлення його внутрішніх властивостей, зв'язаних з їх морфологією, а звідси — і до опанування його як дуже важливого засобу виробництва соціалістичного сільського господарства.

Разом з тим визначаються зв'язки між процесами утворення різних ґрунтів і все більше виступає єдиний комплексний ґрунтоутворний процес, який діє в усьому світі, даючи різні ґрунти в різних поєднаннях явищ, що складають його. Ґрунтоутворний процес складається із цілого комплексу взаємодіючих одне з одним, часто протилежно спрямованих явищ, тобто фізичних, хімічних і біологічних процесів.

Процеси утворення, розкладу і нагромадження органічної речовини в ґрунті, явища розчинення й осадження, окислення й розкислення (відновлення), розпаду й синтезу органічних і неорганічних колоїдів; утворення високодисперсних систем, підвищення й зниження ступеню їх дисперсності; явища коагуляції й пептизації, пересування й закріплення (осадження) колоїдів у профілі ґрунту, утворення гумусу з продуктів розпаду й синтезу і розвиток його властивостей; явища виносу й приносу тих чи інших речовин; той чи інший характер розподілу продуктів усіх цих процесів у профілі ґрунту, — всі ці явища мають місце, певна річ, у різній мірі, з різним, так би мовити, знаком і потенціалом, тобто йдуть у різних напрямках і з неоднаковим напруженням — у всіх ґрунтах.

Часто у тому самому ґрунті ідуть протилежно спрямовані процеси не тільки в різну пору року (аеробний — влітку, анаеробний — весною і восени), а навіть одночасно, коли в структурному ґрунті поєднуються обидва напрями — один в самих структурних агрегатах, а другий — в порах між ними.

Так само різний режим може бути і в різних горизонтах того самого ґрунту, — наприклад, анаеробний з розкисленням — у нижніх, аеробний з окисленням — у верхніх шарах ґрунту.

Ґрунти, як і інші явища природи, ми розглядаємо у порівнянні одного з одним, у їх «відношенні один до одного, у русі» (Енгельс), у розвитку. Цей розвиток іде різними шляхами залежно як від зовнішніх для ґрунту причин (клімат — його зміни і коливання; рослянистість, тваринний світ і вплив людини), так і від внутрішніх, обумовлених появою в самому процесі розвитку ґрунту нових якостей, що істотно міняють діяння різних факторів (наприклад, утворення ілювіального горизонту, що міняє водний режим). Ґрунт розвивається в нерозривній єдності і взаємодії внутрішніх і зовнішніх факторів.

Кожне ґрунтове утворення, кожний ґрунт, таким чином, і розвивається по-особливому, утворюючись в одних випадках безпосередньо на материнській породі, а в других — виникаючи з іншого, давнішого ґрунту.

Ґрунти залежно від фізико-географічних і історичних умов розвиваються в різних напрямках, з різною швидкістю, утворюючи всю різноманітність у ґрунтовому покриві світу.

Тому наявні на території СРСР ґрунти не можна розглядати лише як послідовні стадії ґрунтоутворення, які змінюють одна одну в післяльодовиковий час в такій же послідовності, в якій вони розміщені в просторі, — адже це означало б визнання замкненого кола в розвитку ґрунтів, тобто, що «приречена на вічне повторення тих самих процесів, вона (природа. — О. С.) висуває одночасно і один поряд з одним всі вміщені в ній ступені розвитку»\*.

Переходячи до окремих елементів ґрунтоутворного комплексу, відзначимо, що основними моментами його є: 1) процеси вивітрювання мінеральної частини ґрунту (як решток первісних мінералів, що були в породі, так і колоїдних тіл); нагромадження і розклад органічної частини з утворенням колоїдних і кристалоїдних продуктів, 2) пересування їх униз або вгору течією води в товщі ґрунтового профілю і, нарешті, 3) закріплення — відкладання, осаджування цих продуктів у самому профілі даного ґрунту

\* Ф. Енгельс, «Людвіг Фейербах і кінець класичної німецької філософії». Держполітвидав УРСР, 1952, стор. 20.

або ж винос за межі його, наприклад, винос у ґрунтові води, в річкові долини гумусу, сполук N, Ca, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K тощо. При цьому діють і хімічні, і фізичні, і біологічні фактори, якнайтісніше один з одним зв'язані в єдиний комплекс.

Перенос кристалодів і їх динаміка зв'язані зі змінами їх рухливості під впливом зволоження ґрунту, реакцій обміну, змін Eh і рН ґрунтових розчинів, вмісту CO<sub>2</sub>, органічних і мінеральних кислот.

Перенос колоїдів зв'язаний з їх пептизацією, з захисною дією, наприклад, золів гумусу на золі гідроокису заліза. Можливо, що в ґрунтах субтропіків і пустинь і в солонцях діє також і золі SiO<sub>2</sub>.

Осаджування колоїдів зв'язане як з коагуляцією дією електролітів, взаємною коагуляцією золів з протилежним зарядом, так і капілярними явищами з зсіданням позитивно заряджених колоїдів при пересуванні в капілярах ґрунту і, нарешті, з розкладом під впливом бактерій захисного колоїду — гумусу.

Вплив на колоїди електролітів і фізичних факторів (висушування, електричних явищ), що відбуваються в ґрунті, а можливо і дія світла (на гумус) приводять до утворення різної структури в окремих ґрунтових горизонтах.

Зміни в аерації ґрунту дають зміни не тільки біодинаміки ґрунту, але й суто хімічної динаміки елементів, що трапляються в різних формах, з різною валентністю — передусім N, P, Fe, Mn, S.

Утворення і розвиток ґрунту веде до появи нових, складніших, ніж порода, якостей (колоїди, біос), але з сільськогосподарського погляду, говорячи про наявний ґрунтовий фонд, треба зазначити, що далеко не завжди процес ґрунтоутворення веде до підвищення природної і ефективної родючості ґрунту, — досить нагадати про підзолютворення, що веде як до втрат у ґрунті запасу поживних речовин, так і до погіршення фізичних його властивостей. Те саме треба сказати і про безплідні солонці і латерити.

З другого боку, сільське господарство величезних просторів значної частини земної кулі розгортається не на ґрунтах, як природних тілах, що закономірно розвиваються, а на продуктах руйнування, змиву їх (гірські місцевості після знищення лісів), на намулах Нілу і інших рік, які щороку поновлюються, де переважає вплив геологічних факторів, де і людина не встигає виступити в ролі вирішального фактора творення нового ґрунту. Проте цим сільськогосподарським «ґрунтам» властиві майже всі ті основні властивості ґрунтового «тіла» (маси ґрунту), з якими ми ознайомилися вище.

### Основні напрями ґрунтоутворення і типи ґрунтів

У природі виявляються в основному чотири напрями ґрунтоутворення: підзолистий, дерновий, солонцевий і болотний.

Процес підзолотворення виявляється, головним чином, під впливом лісової рослинності в умовах гумідного (вологого) клімату і особливо різко на безкарбонатних породах\*. Він характеризується руйнуванням мінеральної частини породи, розпадом її глини, що відбувається як під впливом органічних кислот і CO<sub>2</sub> (див. про розчинність глини в кислотах), так, очевидно, і деяких мікроорганізмів.

Підзолистий процес здебільшого поєднується з дерновим, де діючим біологічним фактором є трав'яна рослинність. Тому в південній частині підзолистої зони переважають дерново-підзолисті ґрунти.

Продукти руйнування мінеральної частини ґрунту — золі Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> і золі гумусу — почасти осідають у верхніх шарах ґрунту, утворюючи нові сполуки; почасти через відсутність у достатній концентрації коагулятора — іона кальцію — вимиваються вглиб, де й осідають. Осідання відбувається почасти через підвищення концентрації електролітів, частково суто фізично, завдяки відкладанню в капілярах і простому закупорюванню пор, почасти внаслідок висихання (дегідратація). При розкладі і вивітрюванні насамперед відбуваються колосальні втрати основ, на які підзолисті ґрунти особливо бідні. Через низьку насиченість кальцієм колоїдний гумус також слабо утворюється і не затримується в ґрунті. У вбирному комплексі, крім Ca і Mg, відіграє велику роль H<sup>+</sup>; а часом Al<sup>3+</sup> і NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

У зв'язку з безструктурністю ґрунтів і нахилом до заболочування велику роль відіграють тут анаеробні процеси. Через нестачу вапна гуміфікація і нагромадження гумусу загальмовані. Органічні речовини вимиваються аж до підґрунтових вод і дають темне забарвлення колодязним і річковим водам.

Створюючи дедалі сприятливіші для застою води, для поганої аерації умови, підзолистий процес підготовляє ґрунт для розвитку болотного процесу; ось чому в підзолистій області часто-густо спостерігаємо появу ознак оглеювання в різних горизонтах (до верхнього включно) підзолистих ґрунтів.

Завдяки інтенсивності процесів розпаду мінеральної частини ґрунту і перерозподілу його продуктів підзолисті ґрунти мають

\* На карбонатних і взагалі багатих на кальцій породах діяння його дуже послаблюється і навіть паралізується з утворенням ґрунтів, за своїми властивостями (висока, до 90% насиченість, добра структурність, високий вміст гумусу) уже близьких до чорноземів. Сюди належать чорноземи, вкраплені в областях панування суцільного підзолотворення і темні дернові та дерново-підзолисті ґрунти.



тим різкіший диференційований профіль, чим сильніше і триваліше діяння цих процесів.

Профіль складається в основному із елювіально-аккумулятивного гумусового горизонту ЕН ( $A_1$ ), неглибокого, слабо забарвленого гумусом, безструктурного; структура його нетривка, і в основному грудочки, що трапляються, являють собою екскременти черв'яків; під гумусовим горизонтом лежить горизонт Е ( $A_2$ ) — елювіальний, підзолистий, білястого кольору, листуватий, який глибше (на глибині 40—60 см) переходить у горизонт вмивання — ілювіальний І (В).

При розвитку заболочування на підзолистому ґрунті знизу починають з'являтися ознаки оглеювання (G1), а вгорі оторфування органічних решток і утворення торфу Т( $A_0$ ).

Утворення чорнозему відбувається під впливом трав'яної рослинності\* на карбонатних породах (леси, лесовидні суглинки, продукти вивітрювання багатих на кальцій корінних порід) в умовах нестійкого зволоження (семиаридного — семигумідного клімату).

Утворення чорнозему полягає насамперед у втраті розчинних сполук і вимиванні карбонату Са до певної (невеликої для суглинкових і більшої для легких варіантів) глибини. Помітного розкладу мінеральної частини немає. Немає також помітного перерозподілу колоїдів і появи зв'язаного з ним ілювіального горизонту.

Гумус надає темносірого забарвлення ґрунту, яке поступово світлішає з глибиною. Рівномірність забарвлення зв'язана з тими метаморфозами продуктів розкладу, про які говорилося у відповідному місці (зміна діяльної молекулярно розчинної органічної речовини на чорний колоїдний гумус і закріплення його в ґрунті).

У зв'язку з цим диференціація профілю чорнозему на горизонти нерізка. По суті в ньому є три горизонти, визначені ще Докучаєвим, — Н(А) — гумусовий, НР(В) — перехідний і Р(С) — підґрунтя; крім того, горизонт К — карбонатний (а в солончакуватих

\* Рослинність у ґрунтотворенні відіграє роль як джерело гумусу, як фактор переносу мінеральних речовин із глибини в верхній, аккумулятивний, горизонт і як фактор, що впливає на водний режим ґрунту.

За рослинністю Келлер ділить чорноземну зону на такі частини:

І. Лісостеп, де поряд з різнотравними, а також дернистими (ковилевими) лучними степами є листяні ліси; у степах густий травостій з задернованістю до 100%.

ІІ. Степ у північній частині крупнодерновинний, ковиловий; у південній — дрібнодерновинний, ковиловий і ковилово-типчаківий.

У міру того, як рухатися із лісостепу на південь і південний схід, в зв'язку зі зміною клімату, рідшає трав'яний покрив; з цим зв'язане зменшення кількості перегною у ґрунті, незважаючи на зниження (через сухість клімату) темпів розкладу.

чорноземах і G — гіпсовий і S — сольовий — скупчення розчинних солей).

Процес опідзолювання чорнозему («деградація») під впливом заселення його лісом приводить до появи відповідних ознак — спочатку зниження горизонту К, потім поява горизонту І(В) у вигляді окремих бурих плям, які на наступній стадії зливаються між собою в суцільний горизонт, коли вже можна відрізнити й горизонт Е — світліший, з присипкою  $SiO_2$ ; утворюються деградовані (опідзолені) чорноземи й лісові суглинки.

Солонцевий процес зв'язаний з тим, що на вбирний колоїдний комплекс подієв іон натрію. Це призводить до втрати структури, до набрякання і пептизації колоїдів, до пересування їх вглиб, де вони утворюють (на глибині 5—10—25 см) ілювіальний шар із надзвичайно збільшеною твердістю у сухому і сильному в'язкості у вологому стані. Утворення ілювіального горизонту різко міняє водний і повітряний режим ґрунту, а разом з тим і умови розпаду мінеральної і органічної частин його.

Кінець кінцем солонець переходить у підзолоподібний ґрунт — деградований солонець або *солондь*, хоч умови утворення його відмінні від тих, за яких утворюються північні підзолисті ґрунти.

Накладення солонцевого процесу на чорноземні ґрунти приводить до того, що ґрунт втрачає зернисту структуру в поверхневому горизонті.

Нарешті, болотний процес, зв'язаний з нагромадженням органічної речовини в анаеробних умовах, своєю передумовою має не тільки надмірне зволоження, яке спричиняється до консервування органічних решток у вигляді торфу, але й, навпаки, усюди, де скупчується більш-менш значна кількість органічних решток через їх величезну водомісткість, розвивається заболочування.

Болотний процес полягає, таким чином, у нагромадженні органічних (рослинних) решток, у розвитку процесів розкиснення, у появі сполук закису заліза й марганцю, у зміні всього комплексу біодинаміки ґрунту.

З сказаного ясно, що кожний з цих процесів при відповідних умовах може виникати з суперечностей, створених внаслідок дії будь-якого з них. Людина часто загострює ці суперечності своєю діяльністю.

Природні властивості ґрунтів залежать від факторів і умов ґрунтотворення, а також від його напрямку, обумовленого взаємодією різних факторів, і від інтенсивності процесів. Залежно від цього в межах типу виділяють підтипи ґрунтів як переходи між окремими типами: наприклад, чорноземи вилуговані, опідзолені тощо. Далі йдуть види ґрунтів як різні ступені вияву основного процесу і, нарешті, — відмінності за механічним складом (глинисті, піщані тощо).

## КОРОТКИЙ ОГЛЯД ҐРУНТОВИХ ЗОН СРСР

## Тундра

Переходимо до огляду ґрунтових зон СРСР (див. схему розподілу ґрунтових зон).

## Ґрунтові зони

Разом 21 118 240 км²	ТУНДРА 3 262 750 км²
	Зона підзолиста 10 909 360 км²
	Зона чорноземна — 2 459 680 км²
	Зона каштанових ґрунтів — 1 853 670 км²
	Зона сіроземів — 1 906 060 км²
	Комплекси гірських районів — 726 720 км²

## Угіддя в зонах

Тундра	ТУНДРА			
Підзолиста зона	Ліси 8 600 000 км² 78%			Болота 1 500 000 км² 14%
	Рілля 400 000 км² 4%	Луки 400 000 км² 4%		
Чорноземна зона	Рілля 1 500 000 км²		Ліси 300 000 км²	Солонцюваті степи, займища тощо
	Рілля	Пасовища на степах	Пасовища на солонцюватих степах	Пасовища на кам'янистих степах
Пустинна зона	Рілля	Сухі степи, солончакові луки тощо	Солончакові і кам'янисті пустині	Піски
Гірські області	Гірські луки й степи		Гольці, сніги, льодовики	

Схема розподілу ґрунтових зон і угідь у них за Прасоловим (1932 р.).

У тундрі виділяють північну частину — голу тундру — полігональну тундру, де поверхня землі розтріскується на многогранники, позбавлені рослинності. Бідна рослинність розвивається лише вздовж тріщин.

Далі на південь — мохова тундра. Ще далі — лісотундра, перехідна до лісової (тайгової) підзолистої зони.

Ґрунтотворення в тундрі відбувається в основному під впливом надмірної кількості води й анаеробіозу і виявляється в оглеюванні ґрунту.

У лісотундрі на легких піщаних відкладах, краще дренованих, розвиваються підзолисті ґрунти.

У тундровій зоні основним фактором ґрунтотворення є низька річна температура, «вічна мерзлота» на невеликій глибині (піщані ґрунти відтають улітку сантиметрів на 150, глинисті — на 125, а торф — на 40; це — «діяльний шар»). Звідси — слабе випаровування й заболочування ґрунтів, якого немає тільки поблизу річкових долин. Значне поширення мохових боліт, бідних підзолистих ґрунтів, мала заселеність території до останнього часу робили ці райони лише мисливським і оленярським фондом Союзу РСР. У річкових долинах є прекрасні луки й пасовища. Проте літо з довгим днем, високою інсоляцією дає змогу вирощувати тут культурні рослини. У зв'язку з цим разом з появою залярних промислових комбінатів рішуче ставиться питання про просування землеробства і в ці райони. Звичайно, своєрідність ґрунтів потребує відповідних меліоративних заходів, спрямованих на болотистих ґрунтах до дренажу, вапнування з внесенням відповідних мінеральних добрив, на підзолистих же ґрунтах, крім мінеральних добрив, також і поповнення запасу органічної речовини (за рахунок торфу й торф'яного гною), а також вапнування, як основної хімічної меліорації, і заходів для поліпшення теплового режиму цих ґрунтів.

## Підзолиста зона

Ґрунтовий покрив підзолистої зони, як уже було сказано, складається не тільки з підзолистих ґрунтів, які сформувалися переважно на бідних вапном материнських породах під впливом лісової рослинності (у північній частині хвойних, а в південній — листяних і мішаних лісів); тут велику роль відіграє також болотний процес, який разом з підзолистим утворює переважну частину ґрунтового покриву СРСР. Крім того, у зв'язку з розвитком трав'яного рослинного покриву у південній частині зони переважно поширені дерново-підзолисті ґрунти. Під зімкнутими ялиновими насадженнями утворюються підзоли. Північна

частина зони — лісо-болотняна, південна — лісо-лучна. Материнські породи у цій зоні це, головним чином, відклади, залишені льодовиком або водами, що витікали з-під льодовиків, — флювіогляціальні й алювіальні відклади широких потоків і великих прісноводних басейнів.

Характерна особливість переважної більшості ґрунтів — їх бідність на вапно, ненасиченість на кальцій, а звідси — нестійкість колоїдного комплексу, руйнування й винос глини й гумусу з верхніх горизонтів, малий вміст гумусу у ґрунті; тут невистачає азоту, ґрунтові й річкові води забарвлені гумусом у темний колір. Процес вилугування з верхніх шарів ґрунту й винос цінних поживних речовин відіграє велику роль. Звідси виникає цілий ряд несприятливих хімічних і фізичних властивостей ґрунту. Підзолисті ґрунти надзвичайно схильні до поверхневого заболочування (відсутність структури). Наявність ілювіального горизонту ще більше посилює цю їх властивість.

Тому на невеликій глибині у підзолистому ґрунті широко розвиваються анаеробні процеси внаслідок нестачі кисню. Через брак факторів структурності навіть суглинкові ґрунти, з перевагою пилуватих часток, надзвичайно «припадливі»: після обробки, залишені без догляду, вони швидко осідають, ущільнюються, так що (надто після дощів) результати оранки швидко зникають.

Мінеральні добрива на цих бідних ґрунтах самі собою не можуть виявити повною мірою свій вплив. Гній, який є тут універсальним добривом («без гною земля не родить»), діє дуже недовго, бо, з одного боку, швидко відбуваються процеси мінералізації його, а з другого, — продукти розкладу вимиваються вглиб у ґрунтові води; тому, як тільки в умовах звичайного господарства перестають угноювати ґрунт, урожаї катастрофічно зменшуються, тоді як на чорноземах дія гною досить тривала (до 20 років), — так само як і вплив глибокої оранки. Тому підзолисті ґрунти до революції і до колгоспного ладу вважали дуже несприятливими для культури.

А тимчасом відносно сприятливі умови клімату — достатня кількість опадів, як правило, відсутність посух улітку, добрий сніговий покрив узимку — все це диктує необхідність і можливість перетворити споживаючу зону на виробничу, що успішно й здійснюється. Для того щоб швидше цього досягнути, слід боротися з підзолистим процесом, поліпшувати фізичні й хімічні властивості підзолистих ґрунтів; засобом для цього є хімічна меліорація — вапнування й добрива, не тільки мінеральні, але в першу чергу органічні (гній, торф тощо) і поліпшення повітряного режиму ґрунтів, якого можна досягти вже поліпшенням структури, а не тільки дренажем.

Результати цього можна бачити у радгоспі поблизу поста Немчиновського (під Москвою). У Чехословаччині на важких гли-

нистих ґрунтах (не на болотних) цей захід привертає велику увагу й дає величезний ефект, збільшуючи урожайність у кілька разів.

Щодо болотних ґрунтів, то тут серед них маємо, насамперед, ті колосальні енергетичні запаси для північної промисловості, про які ми вже говорили: з другого боку, вони є джерелом органічних добрив для підзолистих ґрунтів. Північні землероби (Архангельської області) понад 200 років тому виявили цінні властивості торфу як матеріалу для підстилки, що дає прекрасний гній. Для цього торф треба спочатку проморозити й провітрити, щоб шкідливі речовини, які в ньому містяться ( $\text{FeS}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ), могли окислитися й вимитися атмосферними опадами.

При сільськогосподарському використанні болотних ґрунтів, звичайно, в першу чергу треба усунути зайву воду (осушувальна меліорація, дренаж), а потім застосувати мінеральні добрива і, у відповідних випадках, для нейтралізації кислотності ґрунту — вапнування. Проте низові, лучні болота, у яких часом збирається величезна кількість  $\text{CaCO}_3$ , вапнування не потребують.

Для широкого розгортання меліоративних робіт МТС Півночі повинні мати досить відповідних знарядь і машин.

Ґрунтові комплекси підзолистої зони складаються з ґрунтів різної підзолистості і ґрунтів болотних, причому часто-густо спостерігається накладання болотного процесу на підзолистий і дерновий і поєднання в тому самому ґрунті ознак опідзолювання й заболочування. Різні сполучення впливу цих трьох процесів (підзолистого, дернового й болотного) і дають усю різноманітність ґрунтів зони, починаючи з підзолів, сильно-, середньо- й слабопідзолистих ґрунтів до дерново-підзолистих і дернових.

Найбільше проявляється вплив дернового процесу на карбонатних материнських породах, де поряд з високим процентом гумусу й розвиненим перегнійним горизонтом трапляється висока, незвичайна для цієї зони насиченість ґрунтів Са. У цих обставинах трав'яниста рослинність має сприятливі умови для розвитку й витісняє деревну.

Процес заболочування відбувається у підзолистій зоні не тільки на низьких місцях, але, як уже зазначали, всюди, де через ті чи інші причини створюються умови для затримання води. Це буває або в місцях інтенсивного розвитку мохів, або ж там, де підзолистий процес погіршує водопроникність ґрунту (поява ілювіального горизонту, руйнування структури верхнього горизонту). На вододілах залягають ґрунти різної підзолистості залежно від місцевих умов: кожному підвищенню мікрорельєфу відповідає менший ступінь опідзоленості, западинки ж відзначаються більшою опідзоленістю; на схилах переважно залягають середньопідзолисті ґрунти; біля підніжжя схилів, а також на безсточних, погано дренованих плоских рівнинах починається заболочування, яке

спочатку проявляється в оглеюванні підґрунтя, а потім поширюється на ілювіальний і навіть на підзолистий горизонти. Разом з тим у верхньому горизонті ґрунту починається нагромадження органічної речовини; оторфлюючись, він стає темнішим; потім торф починає відкладатися на поверхні ґрунту, і, нарешті, ґрунт перетворюється на болотний, що складається з торфу, підстеленого глеєм; підзолистий і ілювіальний горизонти зникають.

Характерний для підзолистих ґрунтів профіль складається з верхнього горизонту, у якому при слабкому забарвленні переґноем (колір його світлосірий або буруватосірий) дуже позначається винос колоїдних речовин; це буде горизонт ЕН(А<sub>1</sub>), найбільш розвинений у дерново-підзолистих ґрунтах.

Дальший, підзолистий горизонт має білястий колір, а у глинистих ґрунтів — листувату структуру, у мікрозниженнях при умові оглеювання вкритий плямами і конкреціями залізо-марганцевих сполук — це горизонт Е(А<sub>2</sub>). Під ним залягає звичайно червонобурого кольору ілювіальний горизонт І(В) з підгоризонтами ЕІ, І, ІР (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>), у сухому стані поділений тріщинами на призматичні окремість, з лакованими поверхнями, вкритими скоринкою сполук заліза й гумусу. Цей шар дуже міцний у сухому стані, коли його доводиться пробивати ломом, і в'язкий у вологому; виходячи на поверхню в результаті змиву верхніх горизонтів, він викликає несприятливі для культури умови і потребує серйозної агрономічної меліорації (вапнування і органічні добрива). Різна інтенсивність і сполучення підзолистого процесу з болотним, так само як і прояви болотного процесу, показані в класифікаційній схемі.

Термін *підзол* виник у північних говірках російської мови в умовах «вогневої» системи землеробства, де на очищених від лісу ділянках спалювали рештки лісу (верхівки, гілки), а попіл від них розкидали й заорювали. Те ж саме було й на «згарищах» після лісових пожеж.

Таким чином «підзоли» — це ґрунти в буквальному значенні слова «з-під золи» (В. І. Даль, «Толковый словарь живого великорусского языка»).

Треба сказати, що в цій зоні, зважаючи на характер ґрунтоутворення, особливо різко позначається вплив людини, який приводить до утворення своєрідних культурних варіантів ґрунтів з більшим вмістом гумусу, товщим переґнійним горизонтом, кращою структурою. У зв'язку з безструктурністю важкі глинисті ґрунти у підзолистій зоні вважають найгіршими. Вони дуже чутливі до вапнування. Піщані підзолисті ґрунти відзначаються надзвичайною бідністю на поживні речовини.

На широких піщаних просторах «Полісся» місцями утворюється ортштейн (рудяк, рудяковий горизонт) — щільний, часто схожий на камінь ілювіальний шар, який дуже утруднює культуру й заважає відновленню лісу. Боротьба з цим ортштейном вимагає застосування не тільки механічних способів пробивання, але й

хімічних (вапнування) \*. Утворюються ортштейни, головним чином, коло підніжжя схилів, де боротися з ними треба меліоративними заходами.

Підсумовуючи сказане, слід відзначити, що ґрунти підзолистої зони для повного використання їх потребують насамперед поліпшення фізичних властивостей. На першому місці тут стоїть боротьба за збільшення органічної частини й вапнування, а також поступове заглиблення орного шару принаймні до 22—25 см, збільшення запасу поживних речовин через внесення мінеральних добрив, а на ґрунтах важкого механічного складу також за структуру, за повітряний режим. Мінеральні й органічні добрива разом з хімічною меліорацією, вапнуванням і мергелюванням (на легких ґрунтах) дають можливість поліпшити як фізичні, так хімічні й мікробіологічні властивості цих ґрунтів. Цього найкраще можна досягти на основі вапнування у травопільних сівоzmінах з конюшиною і тимофіївкою.

У підзолистій зоні дернові ґрунти, утворені на карбонатних породах, наприклад, на вапняках, мергелях або валунних глинах, багатих на уламки карбонатних порід (де льодовик на своєму шляху захопив, перетер і переніс вапнякові породи), мають найкращі агрономічні властивості. Такі ґрунти трапляються островами у Ленінградській області, у Північному краї (Мезенський район), у Приураллі й інших частинах зони. Це — ґрунти, можна сказати, вапновані самою природою. Вони значно багатші на гумус і поживні для рослин елементи, мають кращі фізичні властивості, ніж підзолисті ґрунти. Це — найродючіші ґрунти зони.

### Чорноземна зона

На південь від підзолистої, де провідним біологічним фактором є лісові рослинні формації, розташована чорноземна зона. Одною з основних причин, які привели до панування трав'янистих (лучно-степових і степових) формацій — головного фактора утворення чорноземних ґрунтів, є багатство материнських порід карбонатом кальцію.

Роль кальцію в утворенні чорнозему підкреслена вже тим, що і в підзолистій зоні поява серед льодовикових відкладів карбонатних порід там призводить до утворення дернових і навіть чорноземоподібних ґрунтів або, принаймні, темніших, кращих дерново-підзолистих ґрунтів. Це має місце у великому острові так званих «владимирських чорноземів», які лежать за сотні верст на північ від межі чорноземної зони. Такі ґрунти трапляються й на південь

\* Треба відрізняти рудяк (ортштейн) — продукт фізико-хімічного процесу й рудякові (ортштейнові) зерна — конкреції, які бувають і в підзолистому горизонті підзолистих ґрунтів Півночі і навіть у ґрунтах подів Півдня. Це — уже продукт біосу — залізобактерій.

від Москви, і на північному сході — у Молотовській, Кіровській і навіть Архангельській областях. Правильність цього положення підтверджує характер північної межі чорноземної зони, досить порізаної «затоками» підзолистих ґрунтів, які спостерігаємо всюди, де карбонатні відклади перериваються безкарбонатними (наприклад, вздовж р. Цни в Тамбовській області).

Чорноземи утворюються на різних своїх походженням і геологічним віком породах, починаючи від четвертинних лесів і кінчаючи продуктами вивітрювання масивно-кристалічних порід. Механічний склад материнських порід не має вирішального значення для чорнозему, бо чорноземні ґрунти можна знайти і на важких і на легких породах (гумусові піски, сіропіски тощо). Вирішує насамперед хімізм ґрунтоутворюючої породи — вміст у ній  $\text{CaCO}_3$  — джерело обмінного  $\text{Ca}^{++}$  в ґрунті. Навіть на супісках або глинистих пісках, якщо їх колоїдні «сорочки» досить насичені кальцієм, у відповідних умовах клімату з'являються ґрунти чорноземного характеру. Велике значення має й вік ґрунту.

Щодо кліматичних умов утворення чорнозему, то слід зауважити, що чорноземна область, яка простяглася з півдня на північ на багато сотень кілометрів і на тисячі кілометрів з заходу на схід, охоплює райони з різними кліматичними умовами (Костичев). Найхарактерніший для цієї зони помірний клімат, для більшої частини чорноземної області скоріше сухий, ніж вологий; у північній частині це буде напіввологий (семігумідний), а в південній — напівсухий (семіаридний), який далі на південь переходить у клімат посушливого степу. За спостереженнями кліматологів (Воейков, Броунов), посередині чорноземної зони проходить смуга збільшеного атмосферного тиску, так звана вісь затропічного барометричного максимуму, яка поділяє чорноземну зону на дві частини: північно-західну й південно-східну, що характеризуються різним напрямом пануючих вітрів і різними умовами зволоження: у першій переважають північно-західні вітри, у другій — південно-східні.

На кліматичних умовах чорноземної смуги відбивається також і зміна рельєфу. Головними геоморфологічними областями, які впливають на рельєф Російської рівнини, є, з одного боку, височини: Волинсько-Подільська височина, висоти Донбасу, Середньоруська височина, Приволзькі й Уральські висоти, Північні ували тощо і, з другого — низини: зниження, зв'язані з Дніпровсько-Донецькою мулькою — з лівобережжям Дніпра, з Поліссям, з північними причорноморськими степами — Південноукраїнська мульда, з Оксько-Донською западиною й Прикаспійською низиною. Велика різноманітність рельєфу є на Кавказі і в Азіатській частині СРСР.

Так само і в межах окремих макрокліматичних районів різниці висот (у десятки метрів) приводять до мікрокліматичних варіацій, до утворення мікрокліматичних районів. Так, наприклад, на найвищих точках Донбасу ще лежить сніг тоді, як у долинах уже орють; це відбивається на ґрунтовому покриві, бо із зміною висоти, навіть при відносно невеликій амплітуді, уже починає виявлятися та вертикальна зональність, про яку ми вже говорили.

Щодо рослинності як фактора утворення чорнозему, то вже давно виявлено (Рупрехт), що чорнозем під лісом не утворюється, що фактором його утворення є трав'яниста рослинність, рослинність степів. На величезному просторі чорноземної області характер природної рослинності, яка брала участь у створенні чорноземних ґрунтів і панувала у час переваги перелогової системи землеробства, міняється з півночі на південь: у північній частині цієї області поширені лучні степи з зімкнутим і густим травостоєм, багатою рослинністю, що утворилася тут в умовах достатньої вологості клімату. В міру просування на південь і посилення посушливості міняється й характер рослинних формацій, які брали участь у створенні чорнозему і вкривали порівняно недавно чорноземні степи. Степ дедалі більше втрачає лучний характер, травостій зріджується (нестача вологи!), чимраз більшу роль починають відігравати ксерофіти — трави, здатні переносити посуху. Нарешті, на південній окраїні чорноземної смуги маємо зріджений травостій, досить бідний розвиток рослинної маси, появу серед рослин дедалі більшої кількості ксерофітів — посухостійких видів і ефемерів — видів, що закінчують свою вегетацію за короткий весняний період. За віком ґрунтів чорноземна смуга старіша від підзолистої, бо вона в значній частині не була вкрита льодовиком (див. карту четвертинних відкладів).

Материнськими породами в чорноземній смузі (з тим застереженням, що зроблено вище) є, головним чином, лес і лесовидні суглинки різного механічного складу і різного походження. На Україні в численних ґрунтових розрізах і природних відслоненнях у лесах — полових дрібнопористих суглинках (пилуватих, пилувато-глинистих і глинисто-пилуватих) — не можна виявити ознак шаруватості, які свідчили б про те, що вони відкладені водою — стоячою або текучою, немає в них і решток водяних молюсків (їх черепашок), зате трапляються черепашки наземних молюсків. У інших випадках, навпаки, знаходимо у лесовидних відкладах виразно помітну шаруватість, яка разом з рештками водяних молюсків свідчить про водяне походження таких суглинків.

Звідси виходить, що породи так званого лесовидного характеру зобов'язані своїм утворенням різним факторам — вітру й воді.

«Лесовидність», тобто полове забарвлення й дрібні пори мало зв'язані з генезисом породи: справді, якщо навіть червонобуру валунну глину замінити з вапняною водою, після висушування вона набирає «лесовидного» характеру.

Лесовидний характер мають часом і моренні відклади (карбонатні), які містять валунчики кристалічних порід.

У глибині лесової товщі, на якій утворилися сучасні чорноземні ґрунти, часто-густо знаходимо так звані поховані ґрунти. Як їх походження? Як би не утворилися лесові й лесовидні відклади, тепер виявляється одне, що їх відкладення зв'язане з кліматом льодовикового періоду, що лес приносили вода й вітер не за один раз, що були моменти, коли навіювання лесу припинялося і на утвореній товщі формувалися ґрунти. Потім знову починалося принесення вітром і водою пилу й мулу, які, відкладаючись на поверхні

ґрунту, ховали його разом зі всією рослинністю, утвореним гумусовим горизонтом і рештками тварин, що на ньому жили. Тим-то в чорноземній зоні знаходяться 2—3 яруси похованих ґрунтів, яким відповідає рівень поверхні землі під час їх відкладення. Характерно, що ці поховані ґрунти у межах чорноземної зони мають той же характер, що й сучасні нам.

Проте ґрунтовий покрив чорноземної зони далеко не однаковий. Інакше не може й бути, бо ґрунтоутвірні фактори (якщо навіть говорити про самі тільки природні фактори) на величезному просторі чорноземної зони міняються — міняється механічний склад порід, міняються умови рельєфу, міняється клімат і мікроклімат, міняється й рослинність.

Флора не обмежується самою тільки трав'янистою рослинністю: у цілому ряді випадків у межі чорноземної зони вторгаються й деревні рослинні формації — ліси. Цілком очевидно, що наступ льодовика, який захопив на багато десятиків і сотень тисяч років значну територію Європейської частини СРСР, знищив усю наявну там рослинність. З другого боку, відступ льодовика щоразу супроводжувався завоюванням звільнених ним просторів рослинністю — як деревною, так і трав'янистою. При коливаннях ґрунтових і кліматичних умов, які були на периферійній частині областей зледеніння, обставини були несприятливі для тривалого і стійкого завоювання території лісовою рослинністю. Ліс був знищений і тільки частково зберігся у «сховищах» на Прикарпатті, на Подільсько-Волинській височині, почасти, мабуть, на частині Середньоруської височини і подекуди в Донбасі, не кажучи вже про гірські місцевості на південь і захід від межі зледеніння, що їх укривало.

Після відступу льодовика, коли в межах теперішньої чорноземної смуги під впливом панування протягом багатьох тисячоліть трав'яних формацій утворилися чорноземи, із зазначених вище «сховищ» почалося просування лісів, із тайги — з півночі, а також зі сходу й заходу. Ліс як могутня рослинна формація міг, на думку деяких дослідників (Берг), робити цей похід за умови пом'якшення клімату, підвищення його вологості. Тому завоювання лісом північної і західної частин чорноземної зони розглядають як ознаку зміни клімату у бік більшого зволоження. Дотримуючись принципів, встановлених Докучаєвим, треба наперед сказати, що така зміна характеру одного з факторів ґрунтоутворення неминуче мала б привести до зміни і самого ґрунту під впливом лісу.

Адже ліс, який росте навіть в умовах того самого клімату, що й степ, сам у свою чергу є фактором зміни мікроклімату, тобто клімату місцевості, яку він вкриває. Справді, в лісі ґрунт краще зволожується у верхніх своїх горизонтах, бо корені дерев «викачують» потрібну їм воду з глибших шарів, ліс затримує вітер і тим зменшує висихання ґрунту, а взимку і його охолодження. Затінюючи ґрунт і захищаючи його від дії сухого вітру, ліс у літні місяці перешкоджає нагріванню поверхні ґрунту й висиханню його. Цьому ще більше сприяє лісова підстилка, яка вкриває ґрунт більш або менш товстим шаром.

Загальновідомо, що в лісі влітку більше прохолоди й свіжості, ніж у полі, а взимку тепліше. Ґрунт у лісі не замерзає так, як у полі; коротше кажучи, увійшовши в ліс, ми начебто переносимося у райони з м'якшим кліматом.

Внаслідок інших умов нагрівання й зволоження в лісі й органічні рештки і гумус у ґрунті мають іншу долю, ніж у полі, де літні посухи припиняють мікробіологічні процеси, приводячи розклад органічної речовини до тимчасового замирання. У лісі ж, в результаті більш постійної вологості ґрунту, розклад поставлений у кращі умови. Тому гумус тут не нагромаджується, особливо в лісах з густим деревостоєм, який не допускає проникання сонячного проміння і перешкоджає утворенню трав'яного покриву. Тому з оселенням лісу на степових чорноземах — природним чи під штучними посадками — починаються зменшення кількості гумусу в ґрунті, посилений розклад органічних решток з утворенням кислих продуктів. А ці останні, промиваючись крізь ґрунт дощовими водами, звичайно, впливають на мінеральну частину ґрунту, руйнуючи її. Відбувається опідзолювання чорнозему — так званий процес *деградації* \*. Це явище можна спостерігати під лісовими смугами у степу (наприклад, у Кам'яному степу), посадженими у 90-х роках XIX століття.

### «Деградація» чорнозему

Лісова рослинність, оселяючись на чорноземі, по суті чинить той самий вплив, який у північних районах приводить до утворення підзолистих ґрунтів, тобто опідзолене чорнозем; при цьому у профілі чорнозему з'являються поряд з «чорноземними» ознаки, характерні для підзолистих ґрунтів — зниження лінії карбонатів, поява безкарбонатного бурого горизонту, збагаченого полуторними окисами (ілювіальний горизонт); над ним утворюється більш-менш білосий, з кремнеземистою «присипкою» горизонт НЕ. Гумусовий горизонт укорочений; його структура грудкувато-горіхувата (вугласта); вміст гумусу зменшений. Відмінність від підзолистих ґрунтів тільки в тому, що тут підзолистий процес розвивається не на геологічних покладах, а на колишньому чорноземному ґрунті, — інакше кажучи, материнською породою для деградованих чорноземів є справжній чорнозем, що тут був.

Оскільки наступ лісів на степи ішов з півночі і з заходу, а в Приураллі зі сходу, площі деградованих ґрунтів розкривають історію розвитку рослинного покриву, відзначаючи просування в степ лісової рослинності. Цілком природно, що чим ближче до центрів, звідки поширювався ліс, тим більші масиви опідзолених чорноземів, тим дужче відбилася на них «деградація», опідзолення.

У межах Європейської частини СРСР на заході України великі простори були вкриті лісом уже тоді, коли ще чорнозем на них не встиг утворитися. Тут ясніші лісові ґрунти мають однаковий вік із степовими (Поділля). На захід від Дніпра значно більше розвинуті деградовані чорноземи, ніж на лівобережжі, де вони вклинюються у чорноземну область, головним чином, по правобережжя рік — притоків Дніпра й Дону. Так само й грабові ліси, яких так

\* Термін деградація був запропонований тоді, коли увагу правлячих кіл було звернено на чорнозем, який вражав своєю високою родючістю і неவிбагливістю до добрив. В той час звалялося, що всяка зміна чорнозему під впливом наступу лісу обов'язково зв'язана з погіршенням його агрономічних властивостей. Проте, як показано далі (стор. 286), «деградація» ще не значить погіршення агрономічних властивостей ґрунту.



багато на заході, трапляються все рідше й рідше в міру просування на схід. Північна частина центральних чорноземних областей, Горьковський і Середньовольський краї, Башкирія, південь Уральської області, нижні пояси гірських систем Кавказького хребта — усе це зайнято також досить широкою смугою деградованих чорноземів різної міри деградації (опідзоленості).

Що змінюється в чорноземі під впливом лісу? Відповідно до зазначеного вище зв'язку між морфологією ґрунту і умовами його розвитку і тут можна бачити в деградованих чорноземах іншу картину, ніж у «нормальних», недеградованих. Розглядаючи розріз нормального чорнозему, помічаємо в ньому такі зміни у характері ґрунтових горизонтів: верхній — темносірий, аж до чорного (залежно від вмісту гумусу), який поволі переходить в підґрунтя звичайно пологового або буруватополового кольору. У чорноземному розрізі маємо лише два основні кольори — колір верхнього горизонту, який визначається вмістом гумусу, і забарвлення глибоких горизонтів, що залежить від кольору материнської породи; проміжні, перехідні горизонти своїм забарвленням відбивають різний вміст гумусу, що проходить у ґрунт і в материнську породу. На певній глибині простим оком можна виявити горизонт скупчення карбонату кальцію, який легко встановити, якщо діяти на зразок ґрунту кислотою. Верхній горизонт на глинистих чорноземах має зернисту структуру, яка поволі грубує і, кінцевим кінцем, переходить у призматичну структуру лесу.

При деградації картина міняється: насамперед уже з поверхні помітна зміна структурних властивостей ґрунту — зерниста структура зникає, з'являється злитість; на орній землі маємо брилисту ріллю. Горизонт закипання від кислоти знижений на 15—20—40 см порівняно з сусідніми ділянками, вкритими нормальним чорноземом. Крім того, починає змінюватися і забарвлення ґрунту: через зменшення кількості гумусу в верхньому горизонті — горизонт H(A) світлішає, стає сірим.

Мало того — у нижніх горизонтах такого деградованого (опідзоленого) ґрунту починає мінятися й забарвлення — з'являються спочатку окремі червонобурі плями, які свідчать про винос у нижні горизонти ґрунту сполук окису заліза. Це говорить про те, що процес деградації зачіпає не тільки гумус, а й мінеральні колоїди, руйнуючи ґрунтову глину (так званий алюмосилікатний комплекс) і приволяючи до втрат з верхнього горизонту заліза і алюмінію, які входять до її складу.

Дальший хід деградації приводить до дедалі більше виявленого руйнування ґрунту: не тільки зменшується кількість гумусу, але скорочується й гумусовий горизонт. У нижній частині його, внаслідок руйнування глини й виносу колоїдних речовин, відбувається відносно нагромадження кремнезему, яке вже здалеку впадає в очі сивуватим кольором кремнеземистої присипки, що часом обгортає ніби павутинням структурні окремість цього горизонту. Останній набуває своєрідної структури, яка має гострокутні, досить тверді окремість (так звана «горіхувата» структура); під ним розміщений призматичний горизонт (I), що своїм виглядом нагадує ілювіальний горизонт підзолистих ґрунтів.

У процесі деградації утворюються ґрунти, різною мірою відмінні від чорнозему. Тут ми маємо й викуговані чорноземи із зниженою лінією карбонатів, і мало деградовані ґрунти, і ґрунти з виразними ознаками опідзолювання — деградовані чорноземи, темносірі й сірі лісові суглинки.

Нарешті, в чорноземній зоні трапляються так звані «ясносірі лісові суглинки» (наприклад, на крайньому північному заході зони: Вінниця—Львів), які не зазнали дії чорноземного процесу: вони не мають слідів степового періоду, що про них сказано нижче\* (так званих «котовин» — заповнених землею нір ріючих тварин—ховрахів, бабаків).

Як уже було сказано, деградовані ґрунти, які утворилися під впливом лісів на чорноземі, захоплюють північну й західну ча-

стину чорноземної зони і вклинюються в середню її частину. Найбільш опідзолені ґрунти зв'язані з височинами (Волино-Подільське плато, Приволзька височина тощо), у межах яких вони знов-таки займають найвищі місця. Чорноземи, навпаки, пристосовані до вирівнених, знижених ділянок. Слабоопідзолені ґрунти займають проміжне становище. У південніших районах, наприклад, на лівобережжі України, де деградовані чорноземи пристосовані до правобережжя рік басейну Дніпра й Дону, найбільша ступінь деградації спостерігається ближче до правого берега цих рік і спад її в міру віддалення від нього. Внаслідок «оселення» лісу в степу, в північній частині чорноземної смуги є своєрідні ландшафти, де простори, зайняті лісом, чергуються з суто степовими. Це — лісостеп (пів-степ, передстеп).

\* Процеси деградації відбуваються в лісостепу протягом уже значного періоду часу. Доказом того, що на місці теперішніх деградованих чорноземів колись були справжні степи, є, крім кольору й збільшеного вмісту гумусу, також сліди діяльності степових тварин і їх рештки. У деградованих ґрунтах на деякій глибині ми знаходимо так звані «котовини» — засипані землею норіючих степових тварин (звичайно, це були не кроти, які в сухому степу не живуть, а ховрахі, бабаки, тушканчики тощо). Ці котовини свідчать про те, що до «оселення» тут лісу на даному місці були справжні степи з властивою їм флорою й фауною.

«Боротьба лісу й степу» проходить різно у різних умовах. Ліси просуваються далеко на південь по річкових долинах і піщаних ґрунтах других (борових) терас рік.

У лісостепу вони виходять і на вододіли, а в степу ховаються в балки (байрачні ліси).

Проте запропонована Коржинським теорія деградації, як єдиного напрямку зміни чорнозему, одностороння. По-перше, результат боротьби лісової й трав'яної (лучної й степової формації) рослинності залежить і від умов середовища, і конкуренції їх у природних умовах, і від втручання людини. Костичев — прекрасний знавець чорноземних ґрунтів і їх рослинності, відзначає, що «на чорноземі може рости ліс, і якщо він раз там оселиться, то вже його не можуть витіснити інші рослини; у більшості, проте, чорнозем зайнятий трав'яною рослинністю». «Ця рослинність так само стійко утримує раз зайняті нею місця і без втручання людини рідко коли витісняється рослинністю деревною» (П. А. Костичев. Ґрунти чорноземної області Росії. Москва, 1937, стор. 127).

Докучаєв, який запропонував «ґрунтовий метод» відновлення минулої історії наших степів і лісостепів, надавав великого значення «деградації» лісом уже готового степового чорнозему, вважаючи, що «така зміна чорнозему, теоретично, не тільки можлива, а навіть і неминуча» (В. В. Докучаєв, Місце і роль сучасного ґрунтознавства, 1899 р.).

Чим сприятливіші для трав'яної рослинності властивості верхнього горизонту ґрунту (насиченість кальцієм і структура), тим

\* Це ґрунти одного віку з чорноземами цих районів.



легше утриматися трав'яним групам рослин, тим важче оселитися й вижити лісу. Приходячи з вогнем і сокирою, людина надає переваги у цій боротьбі степові. Цьому допомагає й трав'яна рослинність, яка віднімає у молодих деревець і поживні речовини, й вологу, і потрібний корінню кисень.

Яких величезних розмірів доходить при цьому витіснення лісової формації, показують підрахунки Докучаєва для Полтавської і Нижегородської губернь.

Площа лісів (у процентах від усієї території)

	колишніх	тих, що залиши- лися на кінець 1880-х років	
Полтавський повіт . . .	34	7	
Роменський повіт . . .	28	9	
Лубенський повіт . . .	30	4	(За Сибірцевим, Ґрунтознавство, стор. 379)
Південь Нижегородської губернії . . . . .	80	24	

При цьому в корені міняється напрям ґрунтотворення. По-перше, збільшується випаровування з верхніх горизонтів ґрунту, зменшується ступінь промочування його, посилюються висхідні капілярні токи води, підвищується лінія карбонатів; по-друге, посилюються акумулятивні процеси із збільшенням ступеню насиченості верхніх горизонтів кальцієм; по-третє, розвиток дернового процесу приводить до збільшення вмісту гумусу.

Усе це, разом узятє, сприяє тому, що ґрунт більше наближається своїми властивостями до чорнозему.

Іде процес «реградації» — ніби відновлення чорнозему, що був тут до наступу лісу. Звичайно, ряд ознак залишається — насамперед перерозподіл мінеральних колоїдів, зберігається ілювіальний горизонт, набравши тільки інших властивостей внаслідок збільшення насиченості.

«Очорноземлювання» дерново-підзолистого ґрунту або ясносірих ґрунтів лісостепу, одного віку з чорноземами, має назву «проградації».

У деяких випадках зміна лісової рослинності степовою відбувалася кілька разів. Свідченням цього є «облямовані» кротовини.

Історія лісостепу зв'язана як з історією льодовикового й післяльодовикового часу й розвитку рослинного покриву, так і з етапами розвитку людського суспільства, яке досі допомагало трав'яній формації, знищуючи ліси.

#### Солонцюваті чорноземи

Чорноземні ґрунти міняють свої характерні риси не тільки під впливом деградації, тобто підзолистого процесу, який наступає з півночі й заходу зони, але й під впливом засолення. У південній

частині чорноземної зони, де на порівняно невеликій глибині трапляються уже відклади не тільки  $\text{CaCO}_3$ , а й гіпсу, і розчинних солей натрію, останні переносяться корінням рослин у верхні шари ґрунту, відкладаючись у надземних частинах рослин і потрапляючи на поверхню ґрунту після їх розкладу. Так цей процес повторюється протягом багатьох тисячоліть, причому поверхня ґрунту щороку промивається (хоч і слабкими розчинами) солей натрію; цілком природно, що при цьому неминує відбувається, у більшій чи меншій мірі, витіснення увібраного кальцію зі всіма тими наслідками, про які говорилося у попередніх розділах.

Якщо підзолистий процес, накладаючись на чорнозем, дає деградовані чорноземи, то тут ми спостерігаємо одночасну дію і чорноземного процесу, і солонцюватого. Власне кажучи, засолення в цих ґрунтах, якщо й є, то на таких глибинах, які для наших культурних рослин практичного значення не мають. Проте у верхніх горизонтах ґрунту під впливом зменшення насиченості кальцієм відбуваються зміни, які приводять до своєрідної солонцюватості й осолоділості ґрунту, про яку Келлер вдало висловився, що тут маємо справу не з фізіологічною солонцюватістю, не з засоленням, а з фізичною. Частково — у приморських районах — цей процес треба віднести за рахунок солей, що їх вітер приносить від моря, а то й з солончаків, якими багата, наприклад, Каспійська низина.

Справді, розглядаючи ґрунтовий профіль солонцюватих каштанових і частини південних чорноземів, виявляємо в ньому такі характерні риси: насамперед, крім меншої гумусності і менш глибокого перегнійного горизонту (у зв'язку з сухішим кліматом і біднішою рослинністю, а отже, біднішими джерелами утворення гумусу), ми бачимо різку зміну структури верхнього горизонту, помітну вже за шириною Миколаєва на півдні України і за Міллеровим на схід від неї. Вона проявляється у послабленні й зникненні зернистої структури, появі шаруватості у верхньому горизонті (глибина його коливається від 5—7 до 15—20 см); під ним лежить ущільнений горизонт, який після висихання розпадається на грубогрудкуваті тумбовидні (за Савіновим і Францессоном) окремісті. Серед цих чорноземів трапляються і ясно виявлені солонці, а по долинах рік — і солончаки. Ці солонцюваті чорноземи оточують з півдня і південного сходу чорноземну смугу, а, крім того, трапляються і в межах лісостепу. Так, дуже поширені солонцюваті чорноземи й солонці у Середньому Наддніпров'ї на прадавній долині Дніпра, потім надзвичайно поширені солонцюваті чорноземи у комплексі з солонцями й солями у Західному Сибіру. Багато їх і в Оксько-Донській низині. У Полтавській області (наддніпрянські райони) солонцюваті чорноземи, за їх фізичні властивості, населення назвало «окости».

Солонцюваті різною мірою чорноземи утворюються на всяких породах, багатих солями або з близьким підстиланням ними. Так, на сході в Бузулукському районі (Середня Волга) трапляються серед звичайних солонцюваті чорноземи на пісковицях і глинах пермського періоду (Неуструєв).

Чорноземна область Західного Сибіру відзначається тим, що там майже немає великих масивів «нормальних» чорноземів — деградовані з півночі й солонцюваті з півдня майже щільно стикаються (Горшенін).

Це пояснюється тим, що внаслідок соленості материнських порід (або тих, що їх близько підстилають) тут в утворенні ґрунтів велику роль відіграв іон Na.

Разом з тим це обумовлює надзвичайну комплексність ґрунтів цих районів як у чорноземній області, де чергуються чорноземи, різною мірою солонцюваті, з солонцями, так і на північній окраїні, у Барабинському «степу», де панують комплекси лучних чорноземовидних і лучноболотних ґрунтів з солончаками, солонцями й солодами. Осушення тут приводить до перетворення солончакових боліт на солончаки, а солончаків — на солонці (Рожанець).

У чорноземній смузі, як і в інших ґрунтових зонах, спостерігаємо не одноманітний ґрунтовий покрив, а комплекси. Кожне зниження, хоч би й незначне, обумовлює більше зволоження ґрунту так само, як і схил на північ. Тому і в лісостепу, на степових його ділянках, і в степу на зниженнях, і на північних схилах маємо ґрунти більш північного вигляду. Так, наприклад, у південних степах України і в Заволжі, у Казахстані невеликі западинки мають ґрунт темніший, дужче забарвлений гумусом, з меншою солонцюватістю, з більшою, так би мовити, «чорноземністю». Більш знижені місця, залежно від близькості ґрунтових вод, мають на собі солончаки, так звані, степові підзоли або солоді на блюдцях і подах.

Отже, у чорноземній зоні розрізняємо «типіві» («нормальні»), деградовані (опідзолені) і солонцюваті чорноземи.

Щодо «нормальних» (умовно, звичайно, тобто недеградованих і несолонцюватих) чорноземів, то їх ділять за кількістю гумусу, глибиною гумусових горизонтів, глибиною закипання і формами відкладання карбонату кальцію (білозірка, псевдогрибниця, псевдоміцелій — карбонатна «цвіль» або ж тверді карбонатні конкреції) та іншими ознаками на типові, звичайні, південні і передкавказькі чорноземи.

Всі вони, в свою чергу, за кількістю гумусу підрозділяються на малогумусні, середньогумусні й тучні, а за глибиною гумусового горизонту — на неглибокі, середньоглибокі й глибокі. Проте ще й досі лишається в силі зауваження Коссовича (1911), що «тепер ще важко запропонувати досить систематичну й витриману класифікацію чорноземів».

### Агрономічні властивості чорноземних ґрунтів

Агрономічні властивості чорноземних ґрунтів, як і всяких інших, залежать, з одного боку, від їх природних особливостей, а з другого, — від їх культурного минулого і впливу господарської діяльності людини тепер.

Серед усіх описаних вище підтипів чорноземи нормальні чорноземи (кажучи про глинисті) мають найкращі фізичні властивості через свою структурність угорі і відсутність будь-яких ущільнених горизонтів. Найкраща структура на піднятих цілих і перелогових землях; проте при достатній насиченості кальцієм і орні чорноземи мають усі умови для відтворення структури у певні періоди вегетаційного сезону (влітку). Досить висока нітрифікація забезпечує азотове живлення рослин; проте фосфати на цілинах менше їм доступні. На деградованих чорноземах, залежно від ступеню впливу опідзолювання, відбувається погіршення структури, яке тим дужче відбивається на врожаї, чим більше відхиляються умови погоди від нормальних (у бік посухи, або надмірних дощів). Запаси азоту й тут досить високі, а фосфати — більш рухомі.

Для південних чорноземів характерні менш сприятливі фізичні властивості — мало виявлена зерниста структура, часом наявність ущільненого горизонту, що робить їх нестійкими у боротьбі з посухою. На них часто спостерігається загибель озимих, бо при нестійкій зимі у сухих степах, малому сніговому покриві, а також частих тут відлигах безструктурність ріллі й ущільнений горизонт приводять до застою води, до замерзання її у верхньому орному шарі ґрунту; це зв'язано з різко виявленим вимоканням, випиранням і удушенням озимини під льодовою коркою. Надзвичайно розвинений мікрорельєф ще більше сприяє цим явищам. Чим більше виявлена солонцюватість ґрунтів, тим більше проявляються згадані тут несприятливі впливи.

При досить високому вмісті основних поживних речовин у чорноземних ґрунтах, добрива на них, принаймні у лісостепу й північній частині степу, дають добрий ефект, причому впливають навіть азотисті добрива. Це пояснюється тим, що природний хід нітрифікації, створюючи великі запаси селітри на парах, не відповідає потребам культурних рослин. Тим-то весняне підживлення рослин азотом у формі селітри або сульфату амонію дає значні наслідки.

Погляд, який існував до останнього часу, начебто чорнозем не потребує азотистого добрива, на думку Прянішнікова, базувався на внесенні дуже малих доз цього добрива. Це можна пояснити також і характером кривої впливу добрив: вона має вигляд не параболи, а сигмоїдної кривої, тобто перші порції добрив не відбиваються на урожаї, використовуючись, можливо, для розвитку кореневої системи, крім того, їх споживають нижчі організми,

і тільки далі збільшення добрив дає помітний ефект на урожаї.

Щодо фосфатів, то запаси фосфору в ґрунтах чорноземної зони не такі вже великі, зменшуючись часом до кількох сотих проценту. Проте і цих запасів мало б вистачити на сотні років, якщо врахувати, що рослина бере поживні речовини не з самих лише верхніх орних горизонтів, а й з більш глибоких. Те, що фосфатні добрива все ж таки, як правило, дуже впливають на врожаї на чорноземних ґрунтах, показує, що значна частина цього запасу недоступна рослинам; фосфати кальцію, як відомо, мало розчинні у воді, і кількість розчинної  $P_2O_5$ , як показали досліді Маслової (табл. 44), мало міняється протягом літа.

Таблиця 44  
Нітрати і воднорозчинні фосфати у Харківському чорноземі  
(за Масловою)

Час Де взято зразки	Що визначали							
	N-нітратний				$P_2O_5$			
	14.IV	9.VI	17.VII	11.VIII	14.IV	9.VI	17.VII	11.VIII
Незмінний пар								
0—18 см . . . . .	6,44	10,99	9,87	5,6	—	1,73	0,78	0,35
18—36 » . . . . .	12,11	12,13	9,92	11,3	—	0,95	0,45	0,69
36—72 » . . . . .	19,23	7,37	10,10	11,0	—	—	0,15	0,35
72—100 » . . . . .	13,19	10,17	10,28	10,5	—	—	—	0,20
Квітневий пар								
0—18 см . . . . .	4,56	17,3	10,08	4,6	—	0,60	0,41	0,36
18—36 » . . . . .	6,42	11,66	13,49	16,6	0,60	0,39	0,22	0,51
36—72 » . . . . .	9,49	12,06	9,72	14,6	—	—	0,15	0,24
72—100 » . . . . .	6,78	10,85	9,22	5,85	—	—	—	0,24

Вплив ступеню здрібнення фосфориту на його засвоюваність  
(за Лебедянцевим)

Діаметр часток фосфориту в мм	Ефект у процентах від дії розчинного фосфату ( $Na_2HPO_4$ ), прийнятого за 100
0,2—0,15	25
0,15—0,05	50
0,05—0,02	75
0,02—0,005	100

Отже, було б невірно думати, що вся справа тут тільки у нерозчинності фосфатів. Досліді Лебедянцева показали, що при достатньому роздрібненні й фосфорит засвоюється рослинами не гірше від легко розчинних фосфатів. У дослідях Харківської

дослідної станції на чорноземі діють не тільки суперфосфат, а й фосфоритова мука. У даному випадку, очевидно, справа і в іншому факторі — у біологічному зв'язуванні фосфору тими мікроорганізмами, які так пишно розмножуються на чорноземі, — звідси потреба поповнювати запаси мінеральних фосфатів у ґрунті.

Проте в періоди панування анаеробного процесу — рано навесні і пізно восени, а також у випадках тривалих дощів — фактором зв'язування фосфорної кислоти можуть бути рухомі сполуки заліза —  $Fe^{+++} \rightleftharpoons Fe^{++}$ , які є в цей час у деяких ґрунтах.

Добра структура ґрунту й посилена аерація внаслідок підпушування, зменшуючи рухомість  $Fe^{++}$  і  $Fe^{+++}$ , тим самим допомагає збільшенню розчинної фосфорної кислоти.

Крім тільки що зазначеного, відіграє тут роль ще, звичайно, й інертність основного фосфатного капіталу чорноземного ґрунту, зв'язана з малим вивітрюванням мінерального комплексу. Цікаво відзначити різницю щодо потреби у фосфатних добривах, яка впадає в очі на чорноземах і деградованих чорноземах лівобережжя України: деградовані чорноземи менше чутливі на фосфати, тоді як «нормальні» дають під їх впливом різке збільшення урожаю. Це слід пояснити тим, що в процесі деградації, зв'язаному з дією на ґрунт різних кислот, фосфатний «капітал» ґрунту переходить у більш розчинну і більш доступну рослинам форму, а з другого боку, помітна кислотність ґрунтів, менша насиченість кальцієм, перешкоджаючи утворенню нерозчинних сполук, разом з тим пригнічують розвиток мікробів, які споживають фосфати. Порівнюючи між собою родючість різних ґрунтів чорноземної смуги, бачимо, що на правобережжі України найродючішими є «нормальні» (недеградовані, несолонцюваті) чорноземи (табл. 45).

Таблиця 45  
Родючість різних типів ґрунтів у кол. Київській губернії  
(за Флоровим)

Назва ґрунтів	Жито	Пшениця	Вплив фосфатів	Вплив калійних солей	Вплив селітри
	Урожай в центнерах з гектара		Збільшення урожаю в цент- нерах на гектар		
Чорнозем і деградований чорнозем . . . . .	17,5	18	4,3	0,37	0,45
Темносірий лісовий суглинок	15,6	14,9	2,7	2,6	1,95
Світлосірий лісовий суглинок	14	14,4	0,45	0,60	2,6

Деградація тут знижує урожайність культур, збільшує потребу на поживні речовини, відбиваючись на родючості ґрунту тим більше, чим далі зайшов цей процес. Знижує родючість також і солонцюватість чорнозему.

На Лівобережжі часто буває навпаки: наприклад, ґрунти Полтавської дослідної станції (сірі лісові суглинки) виявляються родючішими, ніж нормальні чорноземи Краснограда. Нагадаймо, що ґрунти Лівобережжя України в меншій мірі зазнавали впливу підзолистого процесу, ніж на Правобережжі: тут спостерігаємо переважно слабо деградовані відміни з вищою, ніж у нормальному чорноземі, засвоюваністю фосфатного фонду; щождо Правобережжя, то там зміни зайшли значно далі, більше наблизивши ці ґрунти до ґрунтів підзолистих (проте, можливо, що тут відіграють деяку роль і інші властивості материнських порід тих або інших районів чорноземної зони).

Особливе місце займають чорноземні ґрунти «третьої» тераси Дніпра, більше вивчені завдяки роботам Носівської станції і Гедройца, а також аналогічні їм, утворені на річкових і флювіогляціальних, пілуватих, слабглинистих відкладах; особливості механічного складу (мала глинистість, перевага пілуватої частини) і безструктурність ґрунтів північніших районів чорноземної смуги створюють несприятливі для водно-повітряного режиму анаеробні умови, в результаті чого утворюються токсичні речовини. Так, наприклад, на півдні Чернігівської області у перший період діяльності Носівської дослідної станції на пілуватих безструктурних ґрунтах озиме жито родило гірше, ніж ярі культури (овес), — це факт, незвичайний для чорноземної зони\*. Є підстави думати, що й розвинений тут мікрорельєф і хімічні особливості цих ґрунтів, внаслідок прояву процесу осолодіння, так само сильно впливають у цьому напрямі.

Цікаво, що й нітрифікація на різних варіантах чорноземних ґрунтів неоднакова: тоді як на Харківській дослідній станції на момент посіву озимини утворюється в шарі розташування коренів близько 1000 кг нітратів, на Носівській станції буває ледве третя частина цієї кількості; бідність мікрофлори у цих ґрунтах, про яку ми вже згадували, зв'язується і з малою мікробіологічною активністю, і з слабким виявленням біологічних процесів. Такі пілуваті ґрунти поширені не тільки на давній терасі Дніпра, але і в інших районах, охоплених дією льодовикових потоків (Прилуцький, Роменський, Сумський); так само по лівобережжях річок—приток Дінця й Дону—ми спостерігаємо аналогічну картину. Великі ділянки супіщаних чорноземів простягаються вздовж лівобережжя річок, усюди там, де друга піщана (борова) тераса межує з третьою лесовою (степовою). На півдні легшого складу чорноземні ґрунти мають ряд переваг для культури рослин з довгим вегетаційним періодом, наприклад, для бавовника.

Агрономічні властивості чорноземів, звичайно, визначаються не тільки запасом поживних речовин: колосальний вплив на умови господарювання мають також і фізичні їх властивості, які міняються залежно від структурності й механічного складу ґрунтів.

\* Другий період 30-річного існування станції (1911—1941 рр.), дякуючи окультуренню її ґрунтів, показав протилежну картину: урожай озимини перевищував урожай вівса (Кулжинський).

Чим більше виявлена структурність, тим сприятливіші фізичні властивості ґрунтів, тим легше їх обробляти, тим раніше починаються на них весняні роботи, тим краще вони сприймають воду атмосферних опадів і зберігають її для врожаю. Несприятливі фізичні властивості тим більше знижують агрономічні особливості ґрунтів, чим далі просуваємося на південь в область посушливих степів, де, крім атмосферної, дуже відчутна також і «ґрунтова посуха», з одного боку, і в надмірно зволожені північні райони — з другого.

Агрономічні властивості ґрунтів міняються й під впливом культури. Не кажучи вже про ті випадки, коли ґрунт різко міняє свої властивості внаслідок безладної оранки схилів, коли змивається родючий верхній шар і відкривається неродюче підґрунтя, обробіток ґрунту сам по собі, сприяючи кращому нагромадженню в орному шарі води, кращому промиванню й вилугуванню ґрунту, приводить разом з тим до зменшення насиченості ґрунтів кальцієм, до посиленого розкладу гумусу, а разом з тим і до послаблення структурності ґрунту — до виснаження його поживних фондів і погіршення його біодинаміки. Проте при правильній організації господарства, при застосуванні усього комплексу заходів високої агротехніки родючість чорноземних ґрунтів не тільки не зменшується, а невпинно зростає.

Чорноземні ґрунти, досить насичені кальцієм, після тривалої культури починають виявляти чутливість і до вапнування, потребуючи поповнення запасу гумусу і поживних речовин. Особливо це треба сказати про деградовані чорноземи. Тимчасом потреба у добривах так само є в значній мірі функцією культурного віку ґрунту і ступеню інтенсивності його використання. Сто років тому, наприклад, на опідзолених чорноземах Татарської АРСР і на нормальних чорноземах теперішньої Харківщини гнійове добриво не тільки не застосовували, а навіть вважали шкідливим. Пройшло сто років екстенсивного зернового господарства, коли поживні фонди ґрунту безперервно виснажувалися внаслідок прагнення до максимального вивозу на ринок зерна (а разом з ним і взятого з ґрунту фосфору й азоту) і тому тепер важко уявити собі добрі урожаї без гною. Звичайно, потреба у тих чи інших поживних речовинах великою мірою залежить від характеру використання ґрунту, від специфічних особливостей вирощуваних культур. Так, цілком очевидно, що при зерновому господарстві, і зв'язаному з ним однобічному виснаженні ґрунту щодо фосфору й частини азоту, має різко проявитися потреба в фосфатах. З другого боку, при тривалій культурі на тих самих ділянках буряків, на фоні азоту й фосфору, як показали дані Миронівської дослідної станції, неминуче виявляється потреба в калії.

Мало того, порівнюючи між собою різні райони з різною інтенсивністю господарства—райони старого заселення й новіші (таких

районів можна підібрати чимало на північних границях степу), ми бачимо, що ефективність добрив у них неоднакова, даючи більший ефект у старих районах і часом майже повну відсутність його — у нових, де ще не вичерпано «вершків» природної родючості.

Таким чином, і агрономічні властивості ґрунту залежать не тільки від генетичного типу ґрунту, але (в межах тієї самої ґрунтової зони, того ж самого ґрунтового району) також і від культурного варіанту ґрунту. Це треба враховувати при плануванні сільськогосподарського виробництва.

У різних частинах чорноземної зони неоднакові ті провідні моменти, вплив на які дає найбільший ефект. Тут спостереження в полі нас дечому вчать. Особливо характерну картину спостерігаємо у південних і південно-східних сухих степах, де уже зовнішній вигляд хлібів з фотографічною точністю передає особливості ґрунтів: на несолонцюватих ділянках добре росте й дика трав'яна рослинність і зернові хліба. Проте такі ґрунти на віддалі кількох метрів змінюються плямами й смугами більшої чи меншої солонцюватості; чим більша солонцюватість, тим дужче зріджені рослини, тим менші вони на зріст, тим гірший їх зовнішній вигляд. Це спостерігається і в Заволжі, це бачимо і на півдні України. У таких умовах надзвичайна строкатість ґрунтового покриву позначається і на відношенні ґрунту до обробітку, що ми вже бачили, коли розглядали результати динамометричних визначень тягової сили.

### Ґрунти сухих степів

У напрямі на південь разом зі спадом факторів, потрібних для зростання рослинності (зменшення кількості опадів, зниження вологості, зменшення співвідношення між опадами й випаровуванням, крайнє зниження відносної вологості повітря), рослинний покрив стає дедалі бідніший. Разом з тим зменшуються джерела утворення гумусу, а звичайні тут сильні вітри сприяють тому, що рештки рослин у формі своєрідного «перекотиполя» розносяться повсюди.

Тимчасом, у південніших районах і в районах Південного сходу ґрунти чимраз менше промиваються, рослинність цих територій більше вбирає солі з глибших шарів ґрунту й підґрунтя. Промивання униз продуктів розкладу цих рослин обумовлює невинний вплив на ґрунти розчинів натрієвих солей, зо всіма наслідками, що звідси виникають. Другим джерелом солей тут є перенесення їх вітром: захоплюючи солоний пил морських узбереж і солончаків, яких багато на півдні і південному сході, вітер переносить його на досить далекі відстані, даючи, таким чином, нові джерела засолення цих ґрунтів. На півдні і південному сході по

всіх знижених місцях з близькими ґрунтовими водами залягають солончаки; там же, де ґрунтові води знижені, — солонці й солонцюваті ґрунти бувають різної солонцюватості.

Низький вміст гумусу у цих ґрунтах, мала кількість опадів, вплив увібраного натрію приводять до того, що в посушливих районах Союзу РСР з малою кількістю опадів і великим випаровуванням \* утворюються своєрідні ґрунти, відомі під назвою каштанових, світлокаштанових і бурих ґрунтів. Для них усіх характерні незначна кількість гумусу, більший чи менший ступінь прояву фізичної солонцюватості — безструктурності верхнього горизонту і наявність ущільненого шару, який заважає воді проникати вглиб; все це, разом узятє, обумовлює несприятливий водний режим ґрунту і надзвичайну нестійкість урожаїв (ґрунтова посуха).

Як ми вже бачили на прикладі Валуйської дослідної станції, на таких ґрунтах зрошування само по собі не дає ще достатнього ефекту; при зрошуванні такі ґрунти дають значно менші урожаї, ніж менш солонцюваті ґрунти. Звідси висновок, що, коли ми хочемо домогтися повного ефекту від зрошувальної води (а ефект має бути максимальний, бо дорогі капітальні спорудження вимагають саме максимальної ефективності від впливу зрошування), то повинні твердо пам'ятати, що дефектом посушливих районів є не тільки їх несприятливі кліматичні умови (нестача вологи, несприятливий розподіл її у різні сезони), але й погані ґрунтові умови, що не дають змоги ефективно використати ті малі опади, які бувають у цих районах, а також і зрошувальні води.

Саме на ці несприятливі умови ґрунтового покриву й слід звернути особливу увагу, поставивши своїм завданням у районах великих капіталовкладень поліпшити ґрунти, усунути несприятливі їх властивості, створені природним ґрунтоутворним процесом. Цього можна досягти з допомогою хімічної меліорації — гіпсування й вапнування (у відповідних випадках — на солодах), тісно зв'язаних із зрошувальними заходами, глибоким обробітком, а також застосуванням добрив. Застосовувати добрива конче потрібно, бо добре зволоження ґрунтів неминуче приведе до підвищення урожаю, а значить і до більшого витрачання поживних речовин. Крім того, вилугування вапна й поживних речовин, зв'язане із зрошуванням, вимагає організованого поповнення їх запасу. Про це говорить також і минулий досвід зрошування в СРСР і закордонна практика зрошувального господарства.

Ґрунти напівпустинних і сухих районів — бурі, каштанові і солонцюваті південні чорноземи — особливо нас цікавлять, з одного боку, як райони сухого землеробства, а з другого — як райони, де вода при належній організації зрошування дасть

\*  $\frac{\text{Опади}}{\text{випаровування}} < 1$ , за Висоцьким.

колосальний ефект. Несталість урожаїв у цих районах, за умов звичайної агротехніки, змушує переглянути агротехнічні заходи, перенесені сюди в свій час переселенцями з районів достатнього зволоження, з зовсім відмінним кліматом, з іншими ґрунтами, іншими геологічними й гідрогеологічними умовами — головним чином, з чорноземних областей лісостепу й степу Європейської частини СРСР. Цілком очевидно, що *слід наслідкування того, що виробила практика в інших районах*, заздалегідь засуджене на невдачу. Це стосується умов сухого землеробства і поливного господарства. Це стосується також і питань обробітку (глибина і характер оранки тощо), і питань удобрення, як і самої системи зрошування.

### Сіроземи Середньої Азії і Закавказзя

Генетичний ряд ґрунтових типів, накреслений Докучаєвим, *зачінується середньоазіатськими й закавказькими сіроземами*.

Сіроземи відрізняються від попередніх типів ґрунтів дуже малим вмістом гумусу, зменшенням, через посушливий клімат, вивітрювання мінеральної частини ґрунтів і диференціації ґрунтового профілю. Як ми вже говорили у першому розділі цієї книги, навіть пустинні піски тут мало відрізняються своїм зовнішнім виглядом від порід, які дали їм початок. Проте диференціація ґрунтового профілю є й тут. Горизонт скупчення карбонатів лежить близько до поверхні, а часто і на самій поверхні; пересування ж колоїдної частини, яке відбувається під впливом іона натрію, спостерігається (правда, в слабшій мірі) і в північній частині зони, навіть у кам'янистих пустинях (Неуструев). Сіроземи, завдяки надзвичайно багатій кількості вміщених у них поживних речовин, при належному зрошуванні і додатковому удобренні (N і  $P_2O_5$ ), дають колосальні урожаї. Про добрива доводиться говорити, бо малий процент гумусу в них зв'язаний з недостатнім вмістом азоту, а мала вивітрюваність ґрунтових мінералів, які майже без змін перейшли з породи в ґрунт, при лужній реакції обумовлює нестачу засвоюваної фосфорної кислоти; тому азотисті й фосфатні добрива значно впливають на ґрунти Середньої Азії. Внаслідок сухості клімату маємо значну кількість солончаків і солевих грязей усюди, де ґрунтові води близько підходять до поверхні.

У ґрунтовому покриві районів Середньої Азії велику роль відіграють солончаки.

Своїм походженням солі в ґрунтах завдячують не тільки замкненості Арало-Каспійської низовини, звідки немає збігу води, але й, головним чином, величезним соляним запасам, відкладеним за минулі геологічні періоди до третинного включно. Для переносу солей мають значення також і підземні води, і вітри, які

виносять «з укритих сніжнобілими солями рівнин дрібний солевий пил».

У зв'язку з соленосністю корінних порід Середньої Азії завжди доводиться побоюватися засолення під час зрошування й провадити з ним боротьбу; підняття ґрунтових вод або утворення вторинних горизонтів ґрунтової води (верховодки), яке приводить до капілярного підняття солей, може звести нанівець не тільки всі затратені зусилля, але й перетворити ґрунти на солончаки, зробити їх цілком непридатними для культури, як це було у деяких районах зрошування ще до 1917 року (Скворцов).

Боротьбу з засоленням і його наслідками легше вести на ґрунтах легкого механічного складу і з добрим природним дренажем (підстилення галечниками, крупними пісками).

Сотні років культури із зрошуванням дуже змінили вигляд і властивості зрошуваних сіроземів — уже позначається «сазова-тість» (сазові — темнозбарвлені глеюваті солончаково-лучні ґрунти), *збільшується кількість гумусу, в'язкість, з'являються оглеювання й засолення*, які погіршують умови зростання сільськогосподарських культур. Щоб керувати ґрунтовим режимом за таких умов, треба більше уваги віддавати мінливим особливостям водного і солевого режиму.

Агрономічні властивості ґрунтів Середньої Азії залежать не тільки від зазначених вище моментів — наявності тих або інших поживних речовин у ґрунтах і явищ засолення, але й від фізичних властивостей їх, бо останні, саме в умовах зрошувального господарства, відіграють особливо велику роль. Хоч для бавовника віддають перевагу легшим ґрунтам, проте, зменшення їх запасу примушує звертатися й до більш глинистих відмінностей, які дуже важко піддаються обробітку внаслідок тих особливостей їх колоїдної частини, яка зв'язана з безструктурністю і всіма наслідками, що звідси походять. Тому навіть на ледве глинистих ґрунтах, за свідченням місцевих працівників (Студьонов, Серапихський, Павлов, Рижов) доводиться приділяти багато уваги їх фізичним властивостям.

Цілком ясно, яка колосальна кількість праці, коштів і часу йде на обробіток цих ґрунтів, її можна було б значно зменшити поліпшенням фізичних властивостей ґрунту.

У боротьбі з утворенням корки й замулюванням ґрунту при зрошуванні на глинистих ґрунтах Середньої Азії слід звернути належну увагу на збільшення запасу органічних речовин у них. На своєрідних солонцюватих ґрунтах — такирах — треба застосовувати й хімічну меліорацію. Характерно, що місцеве населення цих районів застосовує на такирах як добрива стіни старих будов, складених з карбонатного лесу і, таким чином, дає матеріал для вапнування цих ґрунтів.

## ҐРУНТОВИЙ ПОКРИВ СРСР

Хоч ґрунти — не вирішальний фактор, який визначає напрям і спеціалізацію соціалістичного сільськогосподарського виробництва, проте властивості ґрунту й клімату докорінно впливають на зміст усього комплексу агротехнічних заходів і, в певних випадках, визначають організаційний бік справи. Тим-то дуже важливо вивчити «інвентар» наших ґрунтів, провести реєстрацію їх, зважаючи на їх агрономічні властивості. Ґрунтові дослідження, які проводилися в дореволюційні часи на замовлення земств, переселенського управління, комітету бавовництва тощо, занадто мало приділяли уваги саме агрономічним властивостям ґрунтів і повинні тепер поступитися місцем перед агрономічною інвентаризацією земельних фондів — тобто ґрунтового покриття окремих областей і районів. Ця інвентаризація має дати загальну картину агрономічної цінності ґрунтів окремих республік і всього Радянського Союзу, а в межах виробничих одиниць — МТС, колгоспів і радгоспів — і реальну основу для опрацювання конкретних заходів боротьби за врожай (меліорація, удобрення, обробіток).

Загальний розподіл ґрунтів Радянського Союзу та інших країн подано в таблицях 46 і 47, складених акад. Прасоловим.

Таблиця 46  
Площі ґрунтових зон у квадратних кілометрах  
(за Прасоловим, 1932)

Частини СРСР	Зони ґрунтів						Разом
	Тундри і арктична область	Зона підзолистих ґрунтів	Зона чорноземів	Зона каштанових ґрунтів	Зона сіроземів	Вертикальні зони гірських областей	
Європейська частина . . . . .	222770	2149890	1370240	334500	219490	142450	4439340
Азіатська частина . . . . .	3039980	8759470	1089440	1519170	1686570	584270	16678900
Уся територія СРСР . . . . .	3262750	10909360	2459680	1853670	1906060	726720	21118240

Таблиця 47  
Розподіл ґрунтів в СРСР та інших країнах

Країни	ґрунти (в процентах від загальної площі)								
	Червоноземі	Тундри	Підзолисті	Сірі й бурі лісові	Червоноземі	Каштанові	Пустинні (сіроземі й солончаки)	Алювіальні	Гірські
СРСР . . . . .	0,014	8	32	3	9	6	10	2	30
США . . . . .	11	8	8	13	15	14	11	2	18
Китай . . . . .	14	—	1	6	5	15	10	5	44
Аргентина . . . . .	4	—	—	10	17	39	10	5	15
Бразилія . . . . .	75	—	—	14	2	—	—	9	—

Таблиця 48

Площі оброблюваних і засіюваних земель  
(за Прасоловим)

Країни	Площі держав (млн. га)	Площі земель, засіяних і зайнятих під сади і виноградилики		Загальні площі оброблюваних земель	
		млн. га	%	млн. га	%
СРСР . . . . .	2205	149	6,8	243	11,0
США . . . . .	939	131	14,0	204	21,7
Китай . . . . .	949	77	8,2	—	—
Індія . . . . .	408	122	30,1	160	39,2
Бразилія . . . . .	851	9	1,1	—	—

Як бачимо, з загальної території Союзу РСР переважна частина припадає на підзолисту зону й зайнята лісами та болотами, порівняно незначна частина припадає на чорноземні ґрунти, а також каштанові бурі ґрунти й сіроземи (табл. 49). У цій таблиці показано розподіл ґрунтів Радянського Союзу за угіддями. Ми бачимо, що тільки дуже незначна частина нашої території (близько 11%) припадає на оброблювану землю, решта 89% — це ліси, «пустощі», луки, пасовища, піски, пустині й гірські райони, вкриті снігами, й оголені скелі. Основна частина орної площі припадає на чорноземну зону.

Таблиця 49  
Розподіл ґрунтів СРСР по зонах  
(за Прасоловим)

Зони	Тис. км²	%	Освоєно % площі зони	% від орних площ СРСР
Тундра (рівнинна—1,8 млн. км², решта гірська, Арктика) . . . . .	3131	14,47	—	—
Лісова (рівнинна—6,7 млн. км²; болота 2 млн. км², торфовища 0,7 млн. км², алювій 0,2 млн. км², лісу 86 млн. км²) . . . . .	11697	54,05	4,3	—
Чорноземна-степова й лісостеп (1,2 млн. км²), ліси—300 тис. км² . . . . .	2600	12,02	60	75
Сухі степи (каштанові) . . . . .	1300	6,01	8	—
Пустинно-степова (бурі, сіроземи з пісками й солончаками) . . . . .	2200	10,17	—	—
Південні гірські області (гірсько-степові, гірсько-лучні, нивальні, тобто вкриті льодовиками, червоноземи) . . . . .	711	3,29	—	—
Загальна площа	21639	100	6,5	—

\* «Пустощі» — сільськогосподарські угіддя в лісовій зоні, що покинуті без обробітку й заросли дрібним лісом.



Малий процент орної площі на південь від чорноземів і на північ від них диктує, з одного боку, «о п і в н і ч н е н н я» з е м л е р о б с т в а, для якого є всі дані. Це перенесе основні райони постачання країні харчових продуктів і сировини в області стійкого клімату, де за допомогою хімізації і критичного використання раніше набутого досвіду створюється міцна база сільського господарства, яка мало залежить від примх клімату.

З другого боку, південніші посушливі райони, зону солонцюватих чорноземів, каштанових ґрунтів, а тим більше зону бурих ґрунтів — райони дуже недостатнього й нестійкого зволоження — можна освоїти землеробською культурою при умові не тільки зрошування, але й опрацювання відповідних агротехнічних і організаційних заходів «сухого землеробства», які відповідали б особливостям цих районів. До революції ці райони, у роки сприятливого зволоження, були невичерпними джерелами високоцінних хлібів, а в хоч трохи посушливі роки ставали осередком нещодавніх і тому ніяк не могли домогтися стійкості господарства.

У плановому соціалістичному сільському господарстві кожний район має виробниче державне завдання. Для південних посушливих районів більш зволожені місця (займища, лимани тощо), а також зрошувані ділянки були осередками високоінтенсивного землеробства, які забезпечували країну урожаєм теплолюбних високоцінних продовольчих і технічних культур. Решта площі в умовах звичайного господарства при проведенні деяких елементарних заходів (снігонагромадження за допомогою полежахисних смуг і літніх кулісних посівів, регуляції стоку води) була, головним чином, кормовим фондом для тваринництва.

Тепер настала нова ера у використанні сухих степів, яка відповідає ґрунтово-кліматичним умовам організації землеробства. Правильна агротехніка з широким застосуванням зрошування й обводнення, насадження полежахисних лісових смуг і інші заходи дадуть можливість одержувати тут високі врожаї цінних зернових і технічних культур.

### Агротехнічні заходи й ґрунтовий покрив

Разом із зазначеним вище поширенням і збільшенням сільськогосподарських районів на півночі й півдні, де вже самі природні властивості ґрунтів і клімату підказують цілий ряд першочергових агротехнічних заходів, надзвичайно важливо забезпечити доцільне використання території, яка досі була основним виробничим районом: лісостеп і чорноземні степи. У цих районах старого заселення потрібне значно детальніше знання виробничих можливостей ґрунтів кожного радгоспу, кожного колгоспу. Це знання треба добути при діяльній участі наукових організацій нашої країни (ґрунто-

знавці, геоботаніки, гідрогеологи, меліоратори, землевпорядники, агрономи); воно повинно дати можливість керувати явищами ґрунтової родючості на основі повного обліку динаміки ґрунтових процесів; це знання має дати раціональну підставу для належного, найдоцільнішого, найефективнішого у кожному окремому випадку використання тих або інших ділянок території на основі народногосподарського завдання у зв'язку з їх природними умовами\*.

Так, наприклад, виконуючи державне завдання щодо використання лучних угідь в умовах Півдня, треба вирішувати, які з них і під яку культуру відводити (чи під рис із зрошуванням, чи під городні культури, або ж під кормові трави).

Щодо схилів слід вирішувати питання таким чином, щоб при використанні їх не відбувалися процеси розмивання, які приводять до колосального руйнування самої сільськогосподарської території. Детальне знання ґрунтового покриття, його природних і господарських властивостей, знання способів використання окремих частин цієї території в минулому дасть можливість належним чином забезпечити і виконання завдань держави даному району, радгоспу, МТС або колгоспу.

Це дасть можливість правильно розміщати в часі сільськогосподарські роботи\*\*, застосовуючи для кожної частини території найефективніші в даному випадку агротехнічні заходи.

У загальному плануванні сільського господарства знання ґрунтів забезпечить правильне розв'язання таких питань, як, наприклад, розподіл добрив, завезення їх, застосування їх, типізація знарядь обробітку ґрунту й районування їх і, нарешті, питань характеру й часу обробітку ґрунту. Досі конкретних знань агрономічних властивостей ґрунту ще немає, та й ті, що є, дуже мало відомі широким агрономічним колам. Тому часто-густо, встановлюючи агротехнічні заходи, беруть за основу голі *шаблони*, запозичені з умов цілком іншого господарського укладу, з цілком іншими ґрунтами й кліматом, не кажучи вже про зовсім інший культурний стан тамтешніх ґрунтів. Таке нехтування реальної бази господарства, його конкретних обставин, як уже зазначено вище, у розділі про вапнування ґрунту, приводило (а іноді приводить і тепер) до цілого

\* Оскільки між різними частинами господарської території існує тісний зв'язок: вода, яка збігає з підвищених місць, дає посилене зволоження низьким місцям, розмиває й намагає, відкладаючи на нижчих місцях знесені з високих ділянок мулисті частки, різні рельєфом і експозицією ділянки мають різний ґрунтоклімат і мікроклімат; так само неоднаковий клімат і ґрунтів різного механічного складу: «теплі» — піщані ґрунти й «холодні» — глинисті ґрунти. Тому треба визнати цілком справедливою вимогу Вільямса планувати використання сільськогосподарської території в цілому, комплексно.

\*\* Так, наприклад, весняні роботи починаються насамперед на раніш встигаючих ґрунтах — на піщаних ґрунтах, на структурних чорноземах, на південних схилах; відповідно до цього й вистигання культур і збирання їх настає раніше.

ряду господарського і політично шкідливих наслідків в галузі застосування добрив, обробітку, меліорації, в галузі хімізації й механізації сільського господарства, а також і добору культур.

Узяти хоч би питання обробітку ґрунту, де не так давно панувала «шкіди́ва теорія переваги мілкої оранки» (див. постанову сесії ЦВК СРСР, 30/І—1933 р.). Історія справи така. Ще у 70-х роках минулого століття глибоку оранку визнали найдосконалішим способом обробітку ґрунту, найефективнішим у боротьбі з посухою. Уперше значення глибокої оранки визнано у країнах з вологішим кліматом, де на підзолистих ґрунтах, з слабо розвиненим перегнійним горизонтом, збільшення глибини розпушеного доступного для коріння рослин шару є сприятливим моментом. Щождо степу й лісостепу, то там справді є ряд вказівок (Ізмаїльський, Тімірязев, Бараков, Полтавська сільськогосподарська дослідна станція, Безенчукська, Херсонська і інші), що в посушливі роки і на чорноземі поглиблення оранки сприяє зберіганню врожаю. За глибоку осінню оранку висловлювалися Костичев і Вільямс, ставлячи, проте, за основу при виборі тієї чи іншої глибини оранки конкретні умови погоди, стану ґрунтів і поля.

І ось на початку 30-х років, коли наше соціалістичне землеробство просу́нулося в посушливі простори півдня й південного сходу, коли в зв'язку з механізацією сільського господарства постало питання про найвигіднішу глибину оранки, намагалися це питання розв'язати на основі даних, одержаних колись у чорноземній смугі, до того ж не в умовах реального господарства радгоспу або колгоспу, а на ділянках дослідних станцій, які були у виняткових умовах за їх культурним станом. Проти таких способів розв'язання питань завжди слід категорично заперечувати. Справді, яке призначення має оранка ґрунту? Очевидно, насамперед вона має забезпечити сходам досить пухке середовище для поширення коріння; з другого боку, вона повинна створити умови для найкращого забезпечення кореневих систем поживними речовинами, водою й повітрям (запасання й зберігання води в ґрунті, забезпечення належного розвитку мікробіологічних процесів у ґрунті, належної «стигlosti» ріллі, попередження заболочування) і, нарешті, цілком очевидно, що на різних ґрунтах всі ці моменти потребують різного підходу. У підзолистій області, там, де вміст гумусу невеликий і глибина перегнійного шару обмежується 5—10—15—20—30 см, де глибше йде неродючий підзолистий горизонт, усяке — поступове звичайно — збільшення (обов'язково разом з угноюванням) глибини культурного орного шару є позитивним фактом.

Наявність у цих північних підзолистих ґрунтах на глибині кількох десятків сантиметрів дуже щільного ілювіального\* горизонту виступає як фактор надзвичайно шкідливий для рослин з глибокими кореневими системами, зокрема для дерев.

Переходячи до чорноземних ґрунтів, у їх профілі не бачимо ущільненого горизонту, який несприятливо впливає на розвиток коріння рослин, на водний режим ґрунту (Пейхвассер, Рождественський). Проте навіть у межах глибокого перегнійного горизонту чорнозему (Н або А + В за старим визначенням) родючість далеко не однакова в різних його підгоризонтах; підорний шар, виявляється, мало забезпечений засвоюваною фосфорною кислотою. Тому навіть на чорноземах поглиблення оранки вимагає обережності і його треба супроводжувати удобренням. Боротьба з бур'янами так само потребує диференційованої (але в основному — глибокої) оранки — наприклад, однієї для пірню і значно глибшої — для гострецю з глибоким заляганням кореневих.

В умовах Степу й Лісостепу у посушливіші роки глибока осіння оранка поліпшує умови нагромадження води в ґрунті. Питання про агротехнічні за-

ходи, а в тому числі і про глибину оранки, треба вирішувати з повним обліком природних властивостей конкретного ґрунту, погоди й культурного стану полів.

У посушливих районах, районах солонцюватих південних чорноземів, каштанових і бурих ґрунтів ми стикаємося насамперед з цілком іншими властивостями самого ґрунту: тут зовсім інші фізичні властивості ґрунтів, інша будова ґрунтового профілю. При наявності ущільненого горизонту І (В), який так шкідливо відбивається на розвитку коріння рослин і на водному режимі ґрунту, особливо гостро стоїть питання про глибину оранки. І справді, насамперед, є потреба знищити цей горизонт (або принаймні змінити його властивості), а безструктурність орного шару ґрунту, потребує збільшення в ньому факторів, що обумовлюють структуру ґрунту. Звідси — потреба досить глибокої оранки, знищення ущільненого ілювіального горизонту й перемішування його з верхнім.

Проте в звичайних умовах поглиблена оранка вимагає на цих ґрунтах колосальної затрати сили, зв'язана з швидким зношуванням знарядь і машин, з надзвичайним напруженням живої тяглової сили, з великим витрачанням пального. Крім того, як показали досліді Богдана (див. вище стор. 101) звичайне вивертання ілювіального горизонту нагору не дає бажаних наслідків: по-перше, утворюється надзвичайно в'язка, дуже тверда після висихання поверхня ріллі, яка легко замулюється й дає корку, а, крім того, як видно з тих же дослідів, вивернутий нагору ілювіальний горизонт за два роки відновлюється на тій самій глибині.

Тому, проводячи глибоку оранку солонців, слід забезпечити, по-перше, легше проведення її, а по-друге, більшу її ефективність. Виявляється (дослід Можейка), що при гіпсуванні дуже солонцюватих (темнокаштанових) ґрунтів півдня України вплив гіпсування поширюється й на ілювіальний горизонт, який стає пухкішим і легше орється. Тому застосування гіпсування полегшує проведення глибокої оранки і, крім того, закріплює її наслідки, усуває той переродючий ґрунтових колоїдів, що так шкідливо відбивається на агрономічних властивостях ґрунтів; в той же час гіпсування створює на поверхні ґрунту досить стійкий проти замулювання структурний шар.

Питання про глибину оранки не можна розглядати поза іншими особливостями ґрунту й іншими агротехнічними заходами. Наприклад, угорські досліді показали, що на солонцях саме лише заглиблення оранки (з 10 до 20, 30, 40 см) дає безперервне погіршення урожаїв цукрових буряків, якщо воно не супроводжується гіпсуванням. При гіпсуванні ж, навпаки, чим глибше зораний ґрунт, тим більший буває урожай. Тут зайвий раз підтверджується потреба підходити до цього складного явища у всій багатогранності. Звідси видно, що всяке поліпшення обробітку на солонцюватих ґрунтах півдня й південного сходу Союзу РСР треба якнайтісніше зв'язувати з хімічною меліорацією ґрунту. При близькому заляганні гіпсоносного горизонту можна під час глибокої (надглибокої — 40—60 см) оранки винести його нагору й обійтися, таким чином, без завезення гіпсу. Проте, це зв'язано з великим збільшенням витрат на обробіток ґрунту.

Справи агротехніки не можна вирішувати, не зв'язуючи їх з економікою й політикою.

У реальному, практичному господарстві за капіталізму ураховували не тільки те, що дає той чи інший метод агротехніки, але й те, скільки він коштує господарству.

Глибока оранка зв'язана з великим опором ґрунту; для неї потрібні міцні плуги, більша тягова сила. Це було під силу великим капіталістичним господарствам, забезпеченим не тільки робочою худобою, але інколи, з 80-х років XIX століття, й паровими плугами, а перед першою імперіалістичною війною — і тракторами. Велике господарство орано глибоко (на 18—20—22 см під хліби, під цукрові буряки на 22—27, а інколи — й на 36 см і навіть як дослід — на 45 см). До мілкої оранки переходили господарства, яким не під силу були витрати, зв'язані з поглибленням оранки.

\* Ілювіальний — від слова *illuo* — вмиваю (лат.) — горизонт, куди вмиваються речовини, вимиті з верхнього, елювіального — від латинського слова *eluo* — вимиваю, горизонт.

Особливо важке було становище середнього й біднішого селянства, що в основному не мало ні коня, ні волів. Мало того, дрібні й середні поміщики, господарство яких занепало, намагаючись зберегти своє становище, хапалися за «теорію» мілкої оранки Овсінського, яка виникла в умовах бурякового господарства з глибокою оранкою у сівозміні під буряки. Вони сподівалися на «чудо», яке могло б урятувати їх від загибелі.

Новим джерелом поживлення тенденцій мілкої оранки були ті ліваські заскоки в перші роки соціалістичної реконструкції сільського господарства, коли, прикриваючись прапором боротьби за поширення посівних площ великих зернорадгоспів, всупереч усьому досвіді передового сільського господарства і даним дослідних установ, пропагувалася мілка оранка.

Природно, що це призвело до цілковитого нехтування звичайних правил агротехніки, до небувалого поширення на полях бур'янів, до зменшення урожаїв.

Таким чином, боротьба за правильну агротехніку була увесь час тісно зв'язана з економікою й політикою.

Останнім часом передовий досвід колгоспів довів, що на ґрунтах із більш-менш задовільною структурою вплив оранки триває не один рік. Це, між іншим, стверджує «бур'янова стадія» розвитку рослинності на перелогах.

Це дає змогу використовувати так званий «сухопар» чи «підпарок» для посіву озимини по озимині чи ярини по торішніх просапних (буряках, кукурудзі тощо), обмежуючись самим лущенням чи культивацією. В умовах Курганської області колгоспник-дослідник Т. С. Мальцев дав наочний доказ того, що агротехніка високого врожаю зовсім не вимагає орати щороку.

Цілковито зрозуміло, що питання глибини оранки, як і всяке інше питання агротехніки не можна розв'язувати поза часом і простором, без обліку культурного стану ґрунту, вимог вирощуваної культури, будови ґрунтового профілю і конкретних умов пори року й погоди.

Цього вимагали і основоположники нашої агрономії — І. А. Стебут, П. А. Костичев, К. А. Тімірязєв і В. Р. Вільямс. Відстоюючи глибоку оранку, вони разом з тим робили застереження проти застосування її влітку та за умов сухої весни, коли вона призводить до висихання ґрунту, до втрати води. Глибока оранка — один із найважливіших факторів урожаю, оскільки об'єм ґрунту, доступний корінню рослин, визначає і розвиток коріння, а отже, і буйність рослин, і запас доступної їм води, і стійкість проти посухи.

Особливо треба дбати за збільшення глибини розпушеного орного шару на ґрунтах з неглибоким верхнім перегнійним горизонтом, обережно (на 2—3 см щороку) поглиблюючи оранку, поєднуючи її з угноєнням, а на підзолистих ґрунтах — і з вапнуванням. Там, де на невеликій глибині розвинутий ущільнений горизонт (солонцюваті ґрунти і солонці), його не слід вивертати, а спершу розпушувати ґрунтозаглиблювачем; орати лише мілко, одночасно приносячи внесений під оранку гіпс.

Звичайно вважають, що можна сміливо поглиблювати оранку

там, де немає різкої відмінності й межі між орним і підорним горизонтами.

Проте це невірно: численні дані показують, що природна родючість ґрунтових горизонтів неоднакова й зменшується згори униз навіть на чорноземі (див. стор. 314) і на сіроземі.

Так, у дослідях Баракова на наддністрянському чорноземі Плотянської дослідної станції, якщо зняти тільки верхній орний шар її і висіяти рослини на оголеному підорному горизонті, урожай зменшувався удвоє.

Родючість різних горизонтів чорноземів безперервно зменшується згори униз, знижуючись на глибині 1 метра до 10—20% порівняно з урожаєм на орному горизонті, прийнятому за 100%.

У ряді випадків це зв'язано насамперед з нестачею засвоюваних форм Р, N, а може й мікроелементів, яких найбільше вгорі, там, де вони акумульовані корінням рослин, що перекачує їх з глибини, а також ауксинів (ростових речовин).

Для підзолистих ґрунтів слід відзначити різке зниження родючості у білястому підзолистому горизонті і деяке збільшення її в ілювіальному (якщо він не дуже щільний), де у дерев інколи спостерігається другий максимум розвитку коріння. Тут зниження родючості — результат ґрунтоутворного процесу, зв'язаного з руйнуванням мінеральної частини ґрунту і перерозподілом колоїдів у профілі ґрунту.

Можлива присутність у підорному горизонті й отруйних для рослин речовин — кислот — у лучних і болотних ґрунтах (результат окислення двосірчастого заліза — піриту й марказиту) і органічних токсинів — продуктів анаеробіозу.

У підзолистих ґрунтах і солонцях треба при цьому боротися з шкідливими для родючості ґрунту наслідками ґрунтоутворного процесу — перерозподілом колоїдів, кислою реакцією й присутністю рухомого алюмінію в першому, лужною реакцією і поганими фізичними властивостями — у другому випадку.

Варто уваги, що, всупереч звичайній думці, навіть на піщаних ґрунтах глибока оранка (до 40 см) добре оплачується в урожаї. Це показали старі дані Розенберг-Ліпинського і Богданова у київському Поліссі — з одного боку, і роботи Українського інституту агролісомеліорації на нижнедніпровських пісках — з другого. Про те ж свідчить досвід передових колгоспів українського й білоруського полісся (Цибенко, Орловський). Це зв'язано з своєрідністю водного й поживного режиму піщаних ґрунтів, що дуже рано пересихають у верхньому горизонті, але вологі у «підорному».

Природна родючість ґрунту — це не тільки результат впливу на ґрунтоутворну гірську породу біологічних факторів — вищих рослин і тісно зв'язаних з ними групувань мікроорганізмів, яких найбільше у верхньому шарі ґрунту, але й прямого впливу на ґрунт енергії сонячного проміння. Сонячний промінь не тільки викликає

розвиток життя у самому верхньому шарі земної кори, але й впливає на ґрунт як фізично (висушування), так і хімічно (фотохімічні процеси). Так, за Лебедянцевим — найродючішою є верхня частина орного горизонту, на яку прямо діє сонячна радіація. Коли ж її покласти наспід, а спідню — зверху, то згодом остання стає родючішою за першу.

Питання про поглиблення оранки вирішується й залежно від запасу у господарстві добрив — як мінеральних, так і ґною.

У зв'язку з цим І. А. Стебут сформулював правило, що глибока оранка краще мілкої, але чим глибше оранка, тим більше треба побоюватися пересихання ґрунту й тим на більшу глибину слід поліпшувати ґрунт — тобто насамперед удобрювати його тим дуже, чим глибше орють.

Взагалі ж поглиблення оранки, як правило, повинно йти поступово, з належною підготовкою і своєчасно: на зябу, на чорному парі. При поглибленні оранки її вплив виходить далеко за межі орного шару: поліпшення аерації впливає й на підорний горизонт, сприяючи все більшому й більшому проникненню вглиб коренів рослин, а разом з тим використанню все більшого об'єму ґрунтової маси, поліпшенню умов живлення рослин, стійкості їх проти посухи й зимових негод.

Вирішуючи однобічно справу про глибину оранки, без уваги до всього комплексу агротехніки, виходили по суті з того ж «закону спадної родючості ґрунту» й зменшення ефективності додаткових вкладень, який мав такий великий вплив на буржуазну науку.

При цьому забували, по-перше, що саме поняття: «додаткові (або: послідовні) вкладення праці й капіталу» *передбачає* (курсив Леніна) зміну способів виробництва, перетворення техніки... \* При умові незмінності цих даних межі додаткових вкладень праці й капіталу в землю аж надто вузькі.

Питання про глибину оранки, як і всякі інші питання, не можна ставити відірвано від усього комплексу агротехнічних заходів, від властивостей ґрунту й умов погоди. Про обов'язковість уваги до добрив і до вапнування сказано вище. Далі — на солонцях поглиблення оранки веде до послідовного зменшення урожаю навіть цукрових буряків. Це й зрозуміло, якщо зважити на особливості будови профілю солонцю. Проте при гіпсуванні, навпаки — чим глибша оранка (10—20—30—40 см), тим більший урожай, як показали досліді у нас і в Угорщині.

Ще більше дає при гіпсуванні удобрення й зрошування у районах Півдня й Південного Сходу. А головне треба домагатися такої продуктивності праці, щоб кожний кілограм добрив, кожний кубометр води, кожне НР давали повноцінну оплату людської праці.

Організаторам сільського господарства треба не просто вико-

\* В. І. Ленін. Твори, т. 5, стор. 89.

ристати те, що дає природа, а намагатися змінити природні властивості не тільки ґрунту, а й клімату у потрібному напрямі. Питання меліорації, зв'язані з застосуванням різних методів поліпшення ґрунтів, потребують точного розуміння того, які дефекти є в ґрунті і що ми власне хочемо у ньому змінити. Це тим більше потрібно, що універсального масштабу для визначення родючості ґрунту немає: родючість ґрунту в кожному конкретному випадку є не тільки результат природних його особливостей, але не меншою мірою й наслідок впливу людини на цей ґрунт.

У підзолистій зоні, де виявляються два основні напрями ґрунтоутворення — підзолистий і болотний процеси, — усюди потрібна боротьба з процесами заболочування як поверхневого, так і ґрунтового. Для боротьби з першим часто буває досить агрономічної, хімічної меліорації, вапнування, збільшення вмісту гумусу й закріплення його, створення структури, поповнення запасів поживних речовин, поступового поліпшення й поглиблення орного шару, поліпшення повітряного режиму в цих ґрунтах. Боротьба з ґрунтовим заболочуванням вимагає вже складніших інженерних заходів.

У лісостепу доводиться боротися у відповідних випадках з наслідками процесу опідзолювання (деградації), ненасиченістю (використовуючи її для того, щоб замінити суперфосфат фосфоритом), з безструктурністю ґрунту, яка надто позначається на змитих ґрунтах, що часто трапляються в порізаному балками лісостепу; тому вапнування, використання дефекаційної гряди й органічних добрив разом з мінеральними треба застосовувати в першу чергу. У чорноземній зоні (на «нормальних чорноземах») разом з поповненням запасу поживних речовин, вичерпуваних при великому загущенні тих або інших культур (цукрові буряки, хліби, соняшник тощо), боротьба за створення й зберігання структури ґрунту, поповнення запасу органічної частини його, мобілізація потенціальних запасів, зокрема фосфатного фонду (для чого може бути корисним кислування ґрунту), повинні зайняти відповідне місце. Оскільки у межах лісостепової частини чорноземної зони на значних просторах виявляється вплив підзолистого процесу й солонцевого (солонці, солоді), способи поліпшення їх зв'язані насамперед зі зменшенням ненасиченості вапном (з належною увагою й до Mg у ґрунті — див. досліді Гедройца), із збагаченням органічної частини ґрунту, з поповненням запасу поживних речовин.

Щодо солончаків — ґрунтів, багатих на розчинні солі натрію, то тут, у зв'язку з особливостями їх водного режиму, першим моментом повинно бути поліпшення водного режиму, усунення надмірного зволоження, промивання від солей з одночасним закріпленням колоїдного комплексу гіпсуванням. У тих випадках, де велику роль відіграють суто геологічні процеси — розвіювання, навіювання, розмив або налив, — там треба вдатися до відповідних

агролісомеліоративних і меліоративних заходів. Сюди слід віднести зрошувальні й осушувальні роботи, а також лісозахисні смуги й посіви куліс\* — засіб для рівномірного затримання снігу на полях і «чорних бур». Звичайно застосовувати їх треба у відповідності з місцевими умовами клімату, ґрунту й рельєфу, бо в протилежному разі можна мати зовсім несподівані негативні наслідки.

Говорячи словами Костишева, «глибина оранки, ступінь, характер розпушування ґрунту, час і способи застосування різних добрив, способи для послаблення або посилення хімічних процесів у ґрунті, посилення його намокання або висихання, вирівнювання температури на різних частинах поля — все це можна визначити найнадійніше тільки при умові точних відомостей про ґрунти і про їх властивості у різних станах: ці ж відомості дає тільки ґрунтознавство». В умовах планового соціалістичного сільського господарства треба так оволодіти цими факторами виробництва, щоб позбутися, кінець кінцем, тих стихійних впливів, які порушують цю плановість. Насамперед слід поставити на порядок денний оволодіння ґрунтом як основним засобом сільськогосподарського виробництва.

Будова гігантських водоймищ (Куйбишев, Сталінград, Каховка, Цимлянська тощо) і зв'язаних з ними зрошувальних систем, які охоплюють величезні площі, не тільки не зменшує значення особливостей ґрунтів цих районів, а навпаки, вимагає посиленої уваги до них, як основного засобу виробництва.

\* Розвиток «чорних бур» на півдні України, Північному Кавказі, в Заволжі і інших районах країни, як наслідок «зимової (і весняної) посухи» вимагає застосування «куліс» як літнього посіву (соняшник), так і підзимнього (жито на зелений корм).

## РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ

Родючість ґрунту, тобто відповідність властивостей ґрунту вимогам рослини, здатність ґрунту давати найбільший урожай — звичайно, не таке просте явище, як це може здаватися, і не характеризується тільки вмістом у ґрунті елементів мінерального живлення (Р, К, N тощо). Насамперед, немає ґрунтів (за дуже малим винятком) зовсім неродючих: навіть на сипучих пісках, якщо їх не витоптують і не розбивають тварини, росте своя специфічна рослинність; на бідних торф'яних болотах, крім значного розвитку мохового покриву, ростуть і дрібношарувата сосна, і ягоди, наприклад, клюква (журавлина), чорниці, брусниця тощо. На солончаках з високим вмістом солей зростають такі рослини, як, наприклад, салікорнія, що почуває себе тим краще, чим більше розчинних солей у ґрунті (Келлер).

Родючість ґрунту — явище багатогранне (див. мал. 1) і динамічне; рівень родючості того самого ґрунту міняється як під впливом природних умов клімату й погоди, зміни рослинності (трав'яна і деревна), так і від діяння людини.

Таким чином, родючість ґрунту — явище відносне, що залежить не тільки від властивостей ґрунту, але й від рослин, які культивуються на ньому. Це стосується не тільки диких, а й культурних рослин. Так, наприклад, там, де не росте пшениця, ростуть жито, гречка, люпин тощо. Звичайні наші культурні рослини, які потребують не тільки вологи, але й провітрювання ґрунту і належать до так званих мезофітів, почувають себе дуже погано при надмірному зволоженні, при застої води. А от зрошуваний рис, навпаки, вимагає у певні моменти суцільного вкриття ґрунту водою — мало того, його насіння навіть при проростанні не терпить від заболочування, у протилежність іншим видам культурних рослин.

## СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ФАКТОРИ РОДЮЧОСТІ

Основоположники марксизму-ленінізму зазначали, що із зміною соціально-економічних відносин, з розвитком природознавства й техніки міняється й підхід до розподілу земель на придатні й непридатні. Старе прислів'я справедливо говорить, що «немає поганих ґрунтів, а є погані господарі». Наприклад, у першій половині ХІХ століття вважали, що таврійські степи (південь України) за своїм кліматом і нестачею води завжди належатимуть до непридатних для хліборобства місцевостей. Проте уже на той час, коли писали про це, населення Таврійської губернії вирощувало хліба у 10 разів більше, ніж за 60 років перед тим. «Непридатні землі» Середньої Азії стали центром нашого бавовництва. Уся справа в тому, що змінилися виробничі відносини, змінилася техніка промисловості й сільського господарства, зросли виробничі сили країни, і все це уможливило розвиток потенціальних сил природи, які не проявлялися за старого ладу.

Жовтнева революція в корені змінила соціальний лад старої Росії, зруйнувала капіталістичні виробничі відносини і разом з тим знищила залишки кріпацтва, які сковували дальше зростання продукційних сил країни, і створила революційну диктатуру пролетаріату; робітничий клас у союзі з трудящим селянством під керівництвом Комуністичної партії завоював право будувати нове безкласове суспільство. Тепер кожний крок у розвитку землеробської техніки і творча праця найширших мас народу роблять можливими не тільки додаткові вкладення праці й засобів у старі землі, підвищення їх продуктивності, але й використання й окультурювання неосаяжних просторів нових земель — цілин і перелогів.

Це зазначав і Маркс, говорячи, що родючість ґрунту може бути природною, потенційною або ж ефективною, актуальною, економічною. Якщо природна родючість ґрунту залежить від клімату, хімічних, фізичних, біологічних властивостей ґрунту, від різного вмісту речовин, потрібних рослинам, то все ж самої їх присутності в ґрунті ще не досить.

Продуктивність праці у землеробстві визначають не потенційною родючістю, а актуальною. Актуальна, ефективна родючість — це вже результат соціально-економічних впливів на ґрунт; головним фактором тут є технічний прогрес, що зростає з розвитком науки. Можливість використання потенційної родючості ґрунту тісно зв'язана з розвитком природознавства й техніки. Взагалі, як зазначав Енгельс, тільки людська праця «запліднює» землю, даючи змогу затримати на поверхні землі сонячну енергію і примушуючи її діяти довше, ніж було б без неї. Тому Маркс і зазначав, що «хоч родючість і є об'єктивною властивістю ґрунту, економічно вона все ж постійно передбачає певне відношення — відношення

до даного рівня розвитку землеробської хімії і механіки, а тому й змінюється разом з цим рівнем розвитку»\*. З розвитком природознавства й агрономічної науки міняється й родючість ґрунту в країні, бо міняються способи, які роблять можливим безпосереднє використання елементів родючості ґрунту. Так, наприклад, у Франції і східних округах Англії легкі ґрунти, які колись вважали за бідні, тепер, з «розвитком природознавства й агрономії», перетворені на першокласні землі; те ж саме бачимо під Москвою й Берліном на полях зрошування, розташованих на бідних піщаних ґрунтах.

З другого боку, ґрунти, що їх не вважали поганими за хімічним складом, але які становили певні механічні або хімічні перешкоди для їх використання\*\*, перетворювалися на добрі ґрунти, як тільки винаходили способи усувати ці перешкоди. До цих способів Маркс відносить раціональну оранку, добрива, вирівнювання ріллі, культуру кормових трав і, зокрема, конюшини, дренаж, поглиблення орного шару тощо. Велике значення мало поліпшення знарядь обробітку й збирання, поява нових машин для цього, а також і меліорація, зв'язана уже з значними капіталовкладеннями. Як за допомогою хімічних способів, так і механічними заходами можна усунути перешкоди, що роблять однаково родючі ґрунти менш родючими.

Індустрія, що виробляє машини й знаряддя і дає добрива, завдяки цьому виступає як основний фактор підвищення родючості в широкому розумінні слова; техніка, таким чином, робить революцію в родючості ґрунту, культура створює нові відміни ґрунтів і разом з тим нівелює відміни, створені природою; утворюється «штучна родючість», яка поєднує в собі не тільки ту родючість, що мав ґрунт раніше, але й ту, що надано йому завдяки культурі. Таким чином, робочий клас, створивши під керівництвом Комуністичної Партії потужну індустріальну базу, перетворивши нашу країну із відсталої дрібноселянської аграрної країни на країну високої індустріальності, разом з тим створив умови для революції в родючості наших ґрунтів. Звідси цілком очевидне невпинне підвищення урожайності — результат творчої праці радянського народу, його передовиків, керованих Комуністичною Партією і Радянським урядом.

Економічно штучна родючість відрізняється від природної остільки, оскільки вимагає вкладення капіталу з певним строком амортизації. Сучасна «природна» родючість містить у собі сили, «набуті завдяки індустрії». Через певний час «штучна родючість стає продуктивністю самого ґрунту»\*\*\* і її не можна відокремити

\* К. Маркс, Капітал, т. III, Держполітвидав УРСР, 1952, стор. 659.

\*\* Наприклад, наявність у ґрунтах щільних прошарків, що не дають змоги корінню рости або воді просочуватися вглиб.

\*\*\* Наприклад, осушені болотні землі, або ж незрошені сухі степи й «пустині».



від природної; створюється новий рівень родючості ґрунту, який уже не звичайний продукт природи, а результат соціальних впливів на неї. Родючість ґрунту міняється разом із змінами соціально-економічних відносин; вона — природна родючість плюс людська праця.

Це відбувається як внаслідок того, що із зміною соціальної структури суспільства міняються взаємини класів, ліквідується клас експлуататорів, міняються соціальні замовлення сільському господарству, так і тому, що міняються й можливості виконання цих замовлень — техніка, агротехніка і ті організаційні форми, в які втілюються агротехнічні впливи на природу.

Постанови вересневого (1953 р.) і лютого (1954 р.) Пленумів Центрального Комітету КПРС забезпечили умови для належного використання основного багатства радянської країни — наших ґрунтів.

#### ВПЛИВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ КУЛЬТУРИ НА РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ

Звичайно, вплив людини далеко не завжди і не за всяких умов міняє природну родючість ґрунту у бік збільшення. У гонитві за прямим зиском людина досі у більшості випадків тільки псувала ґрунт і тільки тепер починає його поліпшувати. Культура, якщо вона розвивається стихійно, а не підпорядкована свідомому керівництву, залишає після себе пустині.

При капіталізмі вплив людини на ґрунт, як ми вже підкреслювали, кінець кінцем зводився до його пограбування, до розкрадання основ його родючості. Це псування ґрунту, його природного багатства далеко не обмежувалося виснаженням запасів поживних речовин, хоч воно й відіграло тут колосальну роль. Так, наприклад, саме цьому виснаженню Маркс надавав великої ваги у тих неврожаєх, які періодично зазнавало сільське господарство старої Росії. З другого боку, згубно впливали на родючість ґрунту і погіршення структури, і розпорошення ґрунту, і змив його, і розмноження бур'янів та шкідливих для рослин мікробів у ґрунті. Але, крім того, уже з перших моментів розвитку людського суспільства й примітивного використання природи для землеробства людина псує ґрунт через лісові пожежі, чи то навмисно, щоб розчистити місце для посівів, чи ненавмисно, роблячи лісові пожежі від забутого вогнища. При цьому в ґрунті відбуваються дуже істотні зміни його природної продуктивності. Суцільні вирубки лісів і лісові пожежі в умовах нерозчленованого рельєфу приводять у північних широтах до заболочування, а при порізаному рельєфі, надто там, де пасеться худоба, усюди супроводжуються колосальним розвитком явищ ерозії, коли зносяться величезні маси ґрунту

у долини, утворюючи делювіальні намули біля підніжжя схилів, замулюючи річкові русла, озера й водоймища.

Великі зміни властивостей ґрунтів часом бувають і при зрошуванні, коли через недостатню увагу до умов сольового режиму відбувається засолення ґрунтів і перетворення їх на солончаки. При осушувальних меліораціях також різко міняється ґрунтовий клімат, напрям хіміко-біологічних процесів у ґрунтах, їх реакція, міняється й самий вигляд ґрунту. Ця зміна не завжди йде у бажаний для людини бік (переосушення ґрунту тощо).

Таких прикладів чимало (необережне розорювання схилів, суцільні вирубки лісів, пересушування боліт, засолення, а також утворення солонців при зрошуванні). Про це вже згадувалось у попередніх розділах. Взагалі кажучи, ставлення до природи і в докапіталістичному, і в капіталістичному суспільстві було варварським. При цьому прогрес сільськогосподарської техніки в капіталістичному суспільстві зовсім не компенсує втрат; він веде скоріше до прогресивного поліпшення методів експлуатації ґрунтових ресурсів і до збільшення кількості поживних речовин, які щороку видобувають з ґрунту з урожаєм і пересилають у міста. Хоч капіталізм і застосовує наукові методи господарювання, проте сам капіталістичний спосіб виробництва перешкоджає дальшому зростанню продуктивності праці в сільському господарстві і збільшенню родючості ґрунту; виснажуються й руйнуються постійні джерела родючості.

Ми наводили вище думки Маркса, Енгельса і Леніна для того, щоб підкреслити невірність тверджень тих «ліваків», які намагалися протиставляти людину природі, виходячи, наприклад, з того, що, ніби то, маючи у сільському господарстві значну механізовану базу, ми вже не залежимо від природних факторів і можемо на них не зважати. Цей «заскок» завдає шкоди нашому соціалістичному сільському господарству в період його зміцнення.

Таким чином, і природні, і соціально-економічні фактори, і зв'язаний з ними розвиток науки й техніки є невід'ємними елементами у боротьбі за збільшення економічної родючості ґрунту. «Родючість природи становить тут одну межу, одну вихідну точку, одну основу. Другу ж становить розвиток суспільної продуктивної сили праці»\*.

Природними факторами у даному випадку будуть як сама рослина з її біологією, сортами, шкідниками, хворобами тощо, так і клімат і ґрунт. Агротехнічні заходи дають можливість впливати на ці фактори. Кліматом, у широкому розумінні слова, керувати не можна, оскільки основні сили, які діють на погоду, — космічного й геофізичного порядку — поза нашим впливом, та до того ще й не досить вивчені.

\* К. Маркс, Капітал, т. III, Держполітвидав УРСР, 1952, стор. 643.



Проте щодо мікроклімату, «клімату» наземного шару атмосфери, а тим більше клімату самого ґрунту — ґрунтоклімату — уже є ряд способів, що дозволяють докорінно його змінювати (меліорація, агролісомеліорація, хімічна меліорація).

#### АГРОТЕХНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ

Родючість ґрунту, як ми бачили уже в попередніх розділах, залежить далеко не від самого загального запасу поживних речовин, і не тільки від стану вологості ґрунту, і не від самої лише аерації ґрунту, від його структури, механічного складу, реакції тощо, — вона залежить від усіх, разом узятих, зазначених моментів, які нерозривно зв'язані між собою і впливають один на одного. Тому, змінивши один із них, хоч би ступінь зволоження ґрунту або вміст у ньому азоту чи інших поживних елементів, ми змінюємо й інтенсивність і самий напрям тих ґрунтових процесів, від яких залежить задоволення потреб рослини у поживних речовинах, воді й повітрі.

Тим-то зовсім неправильні намагання звести боротьбу за врожай до якогось одного способу, не зв'язаного з усім комплексом агротехнічних впливів: не можна відірвано розв'язувати ні проблеми меліорації, ні обробітку ґрунту, ні його удобрення, — усе це треба брати у взаємному зв'язку, як зв'язані між собою окремі властивості ґрунту у своєму впливі на його родючість.

Тільки при плановому соціалістичному господарстві, в основі якого лежить не експлуатація трудящих, не гонитва за прибутками, а задоволення широких, усе зростаючих потреб населення нашої країни, стає можливим раціонально використовувати усі ґрунти різних районів Союзу РСР.

Тепер, коли наше сільське господарство перетворене на найкрупніше в світі, коли замість дрібного землеробства, позбавленого засобів виробництва й знань, знищуючого сили ґрунту та його родючість, створені радгоспи, МТС — фортеці соціалістичного перетворення сільського господарства, — тільки тепер відкрилися небувалі перспективи доцільного використання потенціальних можливостей, що їх містять у собі колосальні простори ґрунтів Радянського Союзу.

Основна цінність ґрунту — звичайно, його родючість, тобто здатність давати той чи інший урожай. Проте інтерес до ґрунту у нашому сільському господарстві неминуче поширюється за межі, що цікавили старих агрохіміків, єдиним критерієм яких був урожай, одержаний на тому чи іншому ґрунті. Адже для того, щоб одержати цей урожай, треба провести цілий ряд сільськогосподарських робіт, починаючи з оранки ґрунту (а в нових районах — з підіймання пласта).

Ми вже знаємо, що різні ґрунти залежно від їх властивостей (механічного складу, від хімічних властивостей колоїдної частини)

виявляють неоднакові механічні особливості, чинять неоднаковий опір при обробітку, вимагаючи в зв'язку з цим неоднакової затрати тягової сили, впливаючи на зношування машин, знарядь тощо. Так само і проміжні роботи по догляді за рослинами (міжрядний обробіток) вимагають (особливо в умовах зрошуваного господарства) неоднакових затрат залежно від механічних властивостей ґрунту. Крім того, різні своїм механічним складом і біологічною активністю ґрунти не в однаковій мірі потребують підсилення фонду поживних речовин добривами.

Створюється таке становище, коли один ґрунт легко оброблюється, не потребує добрив, інший же, для того щоб дати такий самий урожай, вимагає більшої затрати й сили, й засобів як для обробітку, так і для удобрення, поливу, догляду за зрошувальними й осушними системами. А головне у народному господарстві — це *п р о д у к т и в н і с т ь п р а ц і*. Тому всі особливості ґрунту (самого по собі або у зв'язку з кліматом, з рельєфом або ж минулими умовами культури), які впливають на затрати сили й засобів для одержання урожаю, ми відносимо до агротехнічних властивостей ґрунту. Так, наприклад, уже стара статистика відзначала, що урожай в чорноземній області без удобрення дають стільки ж, скільки і в підзолистій з гноєвим удобренням. Урожай сам по собі, як ми бачили, ще не характеризує агрономічної цінності ґрунту: треба брати до уваги й усі операції агротехнічного порядку, й умови застосування їх на тому чи іншому ґрунті.

Звичайно, не самий тільки ґрунт є фактором, який визначає напрям сільськогосподарського виробництва: його визначають державні завдання, які виходять з інтересів розвитку всього народного господарства. Проте не останню роль в цьому відіграє й ґрунт. Природні фактори — це рамки, в яких розвивається сільськогосподарське виробництво, але людина, оволодівши природою, має можливість розсувати ці рамки настільки, наскільки, зваживши особливості природних факторів, винайде способи мініяти їх вплив у потрібний для неї бік. Знання передумов родючості ґрунтів Союзу РСР, шляхів їх освоєння й необхідного перетворення у республіці, області й районі повинно лежати в основі всякого планування й спеціалізації, як один з важливих моментів. Різні сполучення властивостей у різних типах ґрунтів (природних і культурних) потребують і різної агротехніки. Докучаєв настоював на необхідності опрацювання зональних систем землеробства відповідно до встановлених ним законів зональності й поширення ґрунтів. Цього ж вимагають постанови вересневого (1953 р.) і лютево-березневого (1954 р.) Пленумів ЦК КПРС. Тому і планові організації, і директивні органи, і керівники окремих сільськогосподарських одиниць повинні належною мірою зважати на властивості ґрунтів у зв'язку з кліматичними й економічними умовами даної сільськогосподарської території.

## Родючість ґрунтів різних типів у СРСР

При невисокому рівні сільськогосподарської культури і низькій продуктивності праці у сільському господарстві старої Росії природні властивості ґрунтів були основним фактором, який визначав урожайність.

В умовах соціалістичного землеробства перспективи піднесення продуктивності праці у сільському господарстві необмежені; нові виробничі відносини, нове ставлення до праці, безперервно зростаюча енергоозброєність сільського господарства створили усі передумови для максимального збільшення ефективної родючості ґрунту. Але разом з тим треба мати ясне уявлення і про природну родючість ґрунтів, що проявляється навіть при незначній участі людини.

Звичайно, у дореволюційний період продуктивність праці у землеробстві була зв'язана соціально-економічними умовами, які не давали змоги як слід використати потенціальну родючість ґрунтів. Репутацію найбільшої «продуктивності» у першому столітті торговельного землеробства мали чорноземи; проте хижачьке господарство, виснаження ґрунту нерациональним його використанням, а також експлуатація трудящого землеробського населення, що досягла тут найбільших розмірів, привели до того, що центральна чорноземна область уже на початку XX століття стала областю «зубожіння», «вимирання села». Разом з тим до товарного зернового виробництва були залучені степи Півдня і Південного Сходу, які раніше вважали непридатними для землеробства.

Спробу порівняти урожайність різних типів ґрунтів СРСР маємо у даних вегетаційних дослідів НІД'у\*, зведених Лебедянцевим.

Якщо урожай зернових на підзолистому ґрунті взяти за 100, то картина буде така:

Ґрунти	Урожай у процентах
Підзолисті ґрунти . . . . .	100
Деградовані чорноземи й сірі лісові землі . . . . .	109
Глибокі й звичайні чорноземи . . . . .	189
Чорноземи південні й каштанові . . . . .	180
Сіроземи Середньої Азії . . . . .	152

Звичайно, значення цих даних відносно, якщо зважити на штучність вегетаційного досліду й відірваність його від безпосередніх умов сільськогосподарського виробництва, від погоди, природного ґрунту тощо. Загальний хід показаних тут змін «продуктивності» ґрунтів нагадує картину, яку дає для України зведення Ремезова, складене на підставі статистичних даних за період 1905—1914 рр. Воно показує найбільшу урожайність для всіх зернових культур

\* Науковий інститут добрив у Москві.

у районах правобережного лісостепу України, де разом з нормальними глибокими чорноземами дуже поширені чорноземи деградовані, опідзолені. Звідси врожаї зменшуються як на північ, доходячи до свого мінімуму на підзолистих ґрунтах Полісся, так і на південь, даючи найменші величини (менші навіть, ніж для Полісся) на південних чорноземах. Виняток становить тільки картопля, урожайність якої доходила до максимуму у смузії «північних» чорноземів, що межують з Поліссям.

Певна річ, різна урожайність у цих неоднакових своєю економічною структурою районах зв'язана не тільки з природними властивостями ґрунтів, але й з відмінностями клімату й інтенсивності господарства. Спроби встановити різницю у родючості ґрунтів були зроблені також і для окремих областей України. Так, наприклад, для колишньої Полтавської губернії середня продуктивність головних зернових хлібів визначена (Тюрємнов) такими величинами (у центнерах на гектар) при весняних і літніх опадах у 230—260 мм:

Чорнозем горбовий . . . . .	10,8
Лісові ґрунти . . . . .	9,3
Чорнозем долиний . . . . .	8,3
Супіски . . . . .	6,8

Надзвичайно цікавий матеріал про родючість окремих типів ґрунтів був одержаний на Полтавській дослідній станції, де в свій час були закладені шарами у великі цементовані ями (розміром 70 × 210 × 54 см) як полтавський лісовий суглинок, так і середній чорнозем з Карлівки. Виявилось, що у тих самих метеорологічних умовах сільськогосподарські рослини не однаково росли й розвивалися на цих двох ґрунтах (табл. 50). Це значить, що ґрунтоутворний процес — різні його напрями й стадії — по-різному впливає на найціннішу властивість ґрунту — його ефективну, економічну родючість.

Таблиця 50

Урожайність зернових культур на різних ґрунтах

Культури	Урожай на лісовому суглинку в грамах		Відношення соломи до зерна	Урожай на чорноземі в грамах		Відношення соломи до зерна
	солома	зерно		солома	зерно	
Яра пшениця . . . . .	211	106	1,98	150	71	2,12
Овес . . . . .	255	242	1,05	276	228	1,21
Ячмінь . . . . .	197	221	0,89	138	114	1,16
Озима пшениця . . . . .	425	170	2,50	555	320	1,73
Озиме жито . . . . .	857	438	1,93	897	637	1,40

Вага 1000 зерен ярої пшениці й вівса була на лісовому суглинку більша, ніж на чорноземі, для ячменю й обох озимих — навпаки.

Велика різниця урожаю виявилася для кормових буряків (за два роки): на чорноземі урожай буряків був значно більший, а надто після перелогу.

Таблиця 51

## Урожайність кормових буряків на різних ґрунтах

Елементи урожаю	Ґрунт			
	З ріллі		З перелогу	
	Лісовий суглинок	Чорнозем	Лісовий суглинок	Чорнозем
Урожай у грамах				
Корені . . . . .	3506	5348	3873	7466
Суша вага листя . . . .	182	223	138	366
Вага одного кореня . . .	584	891	645	1244

Найбільший урожай картоплі одержано так само на чорноземі; а процент крохмалю на перелозі дав протилежну картину. Різниця в урожаї для картоплі (за три роки) була така:

Таблиця 52

## Урожайність картоплі на різних ґрунтах

Елементи урожаю	Рілля		Переліг	
	Лісовий суглинок	Чорнозем	Лісовий суглинок	Чорнозем
	Урожай у грамах			
Урожай бульб . . . . .	2187	2121	1317	2794
Процент крохмалю . . .	21,5	18,0	19,9	17,1
Урожай сухої речовини .	575	545	200	700

Так звані «колективні» досліді, проведені Полтавською станцією, показали, що у районі її роботи різні ґрунти дають різну врожайність двох досліджуваних кормових рослин — суданки й вики з вівсом (табл. 53).

Таблиця 53

## Урожайність кормових трав на різних ґрунтах

Трава	Чорнозем		Лісовий суглинок	
	1925 р.	1926 р.	1925 р.	1926 р.
	Центнерів з гектара			
Суданка, два укоси . . .	87	44	45	37
Вика з вівсом . . . . .	37	37	48	38

Цікаво, що злакова рослина за обидва роки давала більший урожай на чорноземі, ніж бобова суміш, тоді як на лісовому суглинку урожайність була майже однакова.

Крім цих дослідів є ще порівняльні дані урожайності озимих (без удобрення) для ґрунтів різних дослідних станцій (табл. 54).

Таблиця 54

## Урожайність озимих культур на різних ґрунтах

Ґрунти	Урожай зерна озимини у центнерах з гектара	
	Без удобрення	Збільшення урожаю при внесенні 18 т гною
Глинистий чорнозем Костянтиноградської станції	16,7	7,5
Середній чорнозем Сумської станції . . . . .	20,7	4,5
Пилуватий чорнозем Драбівської станції . . . . .	22,0	7,5
Лісовий суглинок Полтавської станції . . . . .	24,5	1,0
Піщані ґрунти району Полтавської станції . . . . .	16,0	4,5

Характерно, що в досліді у кол. Київській губернії співвідношення урожайності чорнозему, з одного боку, й темносірих суглинків — з другого, було інше: перші давали урожай озимого жита 17 ц і пшениці 18 ц, тоді як темносірі лісові суглинки — 15,6 і 15 ц. Очевидно, вплив деградації неоднаково відбився на ґрунтах правобережної й лівобережної частини України. Про причини цього явища ми вже говорили (стор. 286).

Неоднакова урожайність чорнозему й лісового суглинку пояснюється тим, що фосфатний запас чорнозему мало доступний рослинам. Особливо низьку родючість виявили різні дослідники у глибших горизонтах його профілю.

Це підтверджується й дослідіми Пейхвассера на Полтавській дослідній станції, де посудини заповнювали порціями лісового суглинку й чорнозему, узятими з шарів ґрунту на різній глибині його (таблиці 55 і 56).

Таблиця 55

## Урожай ячменю в грамах на посудину у вегетаційних дослідіх на полтавському лісовому суглинку

Шари ґрунту (в сантиметрах)	0—26	25—50	50—72	72—95	100—125	135—160
Урожай ячменю (уся маса по N)	37	33	38	46	56	56
Процент $P_2O_5$ у ґрунті . . . . .	0,096	0,093	0,084	0,099	0,115	0,124

Таблиця 56

Урожайність ячменю в грамах на посудину у вегетаційних дослідів на чорноземі Краснограда

Шари ґрунту (в сантиметрах)	0—20	20—30	30—50	50—80	80—120	120—140
Урожай ячменю (уся маса по N)	21,5	15,7	17,6	4,9	3,5	3,5
Те ж по РN . . . .	44,5	40,1	44,3	39,0	46,6	39,1
Процент $P_2O_5$ . . .	0,145	0,139	0,138	0,127	0,122	0,100

У цих дослідів впадають в очі доступність фосфору в усіх горизонтах лісового суглинку і недоступність його у чорноземі, починаючи уже з невеликої глибини.

Цікаве зіставлення урожайності різних типів ґрунтів маємо в роботах Саратовської дослідної станції. За даними Кузьміна, урожайність ґрунтів Нижнього Поволжя була дуже відмінна; так, навіть на самій Саратовській станції, де є три типи ґрунтів, урожаї були такі (в центнерах з гектара):

	Жито	Пшениця	Пшениця полтавка
Південний чорнозем . . . . .	19	14	16
Темнокаштановий чорнозем . . . . .	16	11	9
Солонець . . . . .	—	—	6,4

Щодо ґрунтів краю, то відмінність їх родючості для окремих культур видно з таких даних (таблиця 57).

Таблиця 57

Урожайність сільськогосподарських культур на різних ґрунтах Нижнього Поволжя (в центнерах з гектара)

Ґрунти	Яре жито	Яра пшениця	Овес	Сояшник	Просо	Люцерна
Звичайний чорнозем . . . . .	15,7	7,0	13,9	11,8	18,6	23,4
Південний чорнозем . . . . .	19,1	13,6	8,7	9,3	17,7	45,7
Каштановий чорнозем . . . . .	13,0	7,8	11,1	8,0	9,0	21,6
Солонцюватий бурий ґрунт . . . .	12,3	4,8	—	—	—	—
Той же ґрунт, але із зрошуванням	21,3	16,3	22,9	—	—	106

Дуже цікаве те, що ці відмінності урожайності на ґрунтах Саратовської станції ніяк не пов'язуються з їх хімічними властивостями, бо дослідження динаміки азоту й фосфору показало тут, що солонець виявляє інколи велику нітрифікаційну здатність і містить більше нітратів і розчинних фосфатів, ніж чорнозем.

Очевидно, в моменти найбільшої потреби в поживних речовинах здатність рослин використовувати їх незначна через несприятливі фізичні властивості ґрунту.

Коли порівнювати чорноземи різної структурності, то й тут спостерігаються великі відмінності їх відносної врожайності. Якщо взяти носівські осолоділі чорноземи, то в районі їх поширення побачимо незвичайне співвідношення урожайності озимих і ярих хлібів. За перший період існування Носівської дослідної станції (1911—1926 р.) жито давало 11 ц з гектара, тоді як овес — 16 ц. При цьому гній і мінеральні добрива не усували цього розриву (16 і 19,5 ц), незважаючи на те, що овес ішов другим після гною. Очевидно, особливості носівських ґрунтів, їх динаміки, зв'язані з умовами їх формування, такі, що вони спричинялися до створення несприятливих для озимої рослини умов зростання й розвитку. За друге п'ятнадцятиріччя, внаслідок більшої окультуреності ґрунтів, зменшення їх дисперсності, усталилося звичайне співвідношення між цими культурами.

Таблиця 58

Ефективність добрив на ґрунтах різних типів (за Лебедянцевим)

Ґрунти	Урожай на посудину (в грамах)		Збільшення урожая (у процентах)
	без добрив	РKN	
Підзолисті ґрунти . . . . .	7,6	51	572
Деграловані чорноземи й сірі лісові землі . . . . .	8,3	48	482
Глибокі й звичайні чорноземи . . . .	14,4	61	327
Південні й каштанові чорноземи . . .	13,7	62	352
Сіроземи . . . . .	11,6	54	365

Тут слід відзначити разом з колосальним у всіх випадках ефектом від удобрення, який показує на великі перспективи піднесення продуктивності ґрунтів, на великі потенціальні можливості їх, також і певний зв'язок з даними відносного запасу поживних речовин і гумусу, показаний на мал. 20.

Підзолисті ґрунти через малу здебільшого насиченість кальцієм, насамперед потребують вапнування як основної хімічної меліорації і органічних добрив для збільшення їх колоїдної частини, а також запасів азоту, фосфору й калію.

Щодо супіщаних підзолистих ґрунтів, як показали дані Ново-збіківської дослідної станції в РСФРР, а також дані інших країн, то основною умовою піднесення їх родючості слід вважати збагачення органічними речовинами (гній, торф, сидерація) разом з мінеральними добривами, які треба давати в формах, що не допускають значних втрат від вимивання (азот — у формі сірчано-

кислого амонію, калій — у силікатній \* формі в умовах українського Полісся). Обов'язковою умовою ефективності й тривалості дії гною і зеленого добрива (сидерації) на цих ґрунтах є вапнування й мергелювання (краща гуміфікація, повніше закріплення гумусу в ґрунті, більший ефект як від гною, так і від зеленого добрива у поєднанні з глибокою оранкою) \*\*.

Легкі ґрунти майже не терплять від погіршення фізичних властивостей, від замулювання, утворення корки, орної підшви. Тому ці ґрунти мають широкі перспективи значного піднесення їх ефективної родючості для польових культур, якщо глибина пісків не більша 1 — 1,5 метра.

Ненасичені кальцієм глинисті підзолисті ґрунти є добрим об'єктом для їх фосфоритування, так само як і кислі болота, надто ті, що містять значну кількість піриту. І далі на південь, в області деградованих ґрунтів лісостепу, а також на солонцях, внаслідок недостатньої насиченості їх кальцієм, фосфорит має також свій вплив.

У сухих степах півдня й південного сходу в умовах зрошування потреба у поживних речовинах виявляється досить сильно; крім того, фізичні властивості цих ґрунтів потребують хімічної меліорації.

Якщо говорити про відносну потребу різних типів ґрунтів СРСР у добривах, то певною мірою тут можуть характеризувати дані, наведені Лебедянцевим (мал. 20). Тут показані запаси у ґрунтах азоту й фосфору. Як бачимо, найбільше забезпечені ними ґрунти чорноземного типу, найменше — підзолисті й сіроземи. В обох останніх — малий запас азоту пояснюється малим вмістом у них гумусу; що ж до фосфору, то верхні орні горизонти підзолистих ґрунтів мало містять його через втрати у процесі ґрунтотворення. У зв'язку з цим згадані типи ґрунтів найбільше потребують добрива.

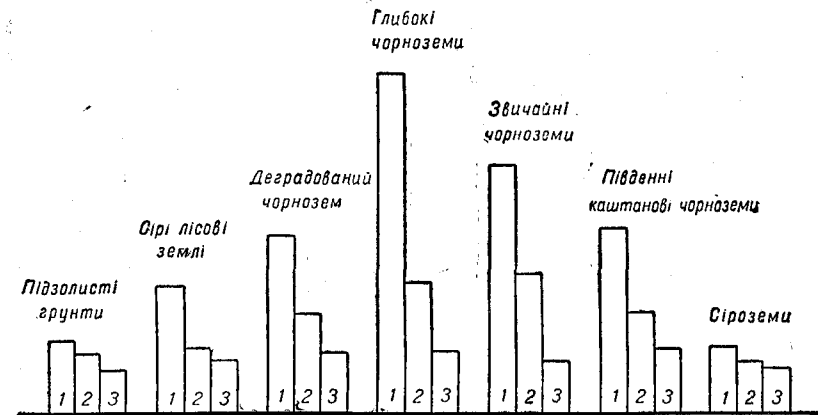
Лебедянець дає таку порівняльну ефективність добрив (РКН на різних типах ґрунтів) у вегетаційному досліді (див. табл. 58). Тут маємо справу з ґрунтами, мало окультуреними, які мало (на 30-ті роки ХХ століття) зазнали позитивного впливу людини.

Щодо чорноземів, то тут потреба вирощуваних рослин у поживних речовинах якнайтісніше зв'язана з видами й сортами їх, з тривалістю періоду інтенсивного використання ґрунтів «товарним» землеробством. Саме чорноземи при достатньому забезпеченні їх резервами поживних речовин мають більш-менш сприятливі фізичні

\* З відходів гранітних кар'єрів українського кристалічного масиву.

\*\* Застосування цього комплексу заходів дало змогу значно збільшити урожайність на супіщаних ґрунтах лівобережного Полісся України і навіть культури пшениці на цих «житніх» ґрунтах (колгосп «Рассвет», Бобринської області БРСР, колгосп ім. Хрущова, Черкаської області, колгосп ім. І травня, Житомирської області, колгосп «Більшовик», Сумської області).

властивості і, насамперед, структурність. У молодших сільськогосподарських районах це дає можливість протягом значного періоду користуватися «вершками» родючості цих ґрунтів. Як гній, так і мінеральні добрива найефективніші у лісостепу і старіших районах степу. У південній частині умовою впливу гною є глибоке заорювання його. Друга, не менш важлива умова, по-перше, посилення уваги до «стигlostі» ґрунту навесні і, по-друге, точне дотримання правил агротехніки, які забезпечують нагромадження й збереження вологи в ґрунті; боротьба з ерозією у лісостепу



Мал. 20. Зміна вмісту азоту, фосфору і гумусу в ґрунтах основних зон (за Лебедянцевим):

1 — гумус; 2 — азот; 3 — фосфорна кислота.

і північній частині степу, боротьба з дефляцією (розвіюванням, вітровою ерозією) — у південній.

Усі наведені, хоч далеко неповні, дані певною мірою характеризують різні типи ґрунтів Союзу РСР щодо їх родючості. Раніше вже говорилося про ті численні фактори, які впливають на ступінь прояву ефективної родючості.

За умов соціалістичного будівництва, коли створені цілком сприятливі умови для збільшення урожайності й досягнення найбільшої і стійкої ефективної родючості ґрунту, основним завданням є боротьба за запровадження правильної агротехніки (якість агротехнічних заходів), правильних, відповідних природним і економічним умовам, сівозмін, боротьба за оволодіння технікою і агротехнікою робітниками сільського господарства, правильна, чітка організація усіх процесів виробництва. Впровадження досвіду передових колгоспів та радгоспів і досягнень сільськогосподарської науки уже на даній стадії дає можливість домогтися високих і сталих урожаїв.

По деяких районах комплексність ґрунтового покриття порушує

однорідність умов зростання сільськогосподарських культур і вимагає заходів для вирівнювання полів.

Тут два випадки — блюдевий мікрорельєф у лісостепу й північному степу і солонцюваті комплекси, особливо на півдні й південному сході, де солонці займають значну частину площі. В останньому випадку, крім механічних заходів (вирівнювання знижень через завезення на них землі), треба позбутися солонцюватих плям гіпсуванням. Ці операції не тільки створять кращі умови для застосування агротехніки, але й ліквідують такі розсадники бур'янів, як не зайняті сільськогосподарськими рослинами плями.

Щодо підзони каштанових і, тим більш бурих ґрунтів, які характеризуються надзвичайним розвитком комплексності в умовах «сухого землеробства» і проявів «ґрунтової посухи», а ще більше у зрошуваному господарстві, то ці заходи повинні набути ще більшого значення.

У зоні сіроземів — у південному Казахстані і Середньоазійських республіках, — особливо при слабкій диференціації профілю позначається малий вміст гумусу й погані фізичні властивості ґрунтів — схильність до утворення корки, до замулювання — показники солонцюватості, так само як і відповідні особливості профілю ґрунту (Неуструєв, Матусевич, Розанов і Кудрін).

### Динамічність родючості ґрунту

Ступінь ґрунтової родючості не являє собою якоїсь сталої, статичної величини: родючість не тільки неоднорода для різних ґрунтів, — вона міняється й для того самого ґрунту залежно від способів його використання (про це вже була мова); міняється вона і в часі залежно від змін погоди, рослинності, агротехнічних впливів на ґрунт. Та інакше й бути не може, бо весь час міняються умови зволоження ґрунту, його аерації, а отже, і умови діяльності мікроорганізмів та розкладу органічних решток, а разом з тим і умови постачання рослинам поживних речовин, води й повітря.

Міняється, таким чином, і самий ґрунт, а врожай є результат впливу не тільки ґрунту, не тільки роботи кореневої системи рослини, але не меншою мірою й результат роботи наземних зелених частин рослини, що залежить від загальних умов «живлення з повітря».

«Живлення з ґрунту» і «живлення з повітря» нерозривно зв'язані між собою у рослині, яка поєднує в собі ці протилежно спрямовані, але постійно один з одним взаємодіючі процеси. Тому кожна зміна і ґрунтових і надземних умов зростання рослини впливає на урожай. Звідси ті нез'ясовані, з погляду старих агрономічних уявлень, явища, коли на тому самому ґрунті у одні роки маємо значне збільшення урожаю від добрив (наприклад, на чорноземі — від

фосфатів), а в інші роки ефекту немає, а інколи буває навіть зменшення урожаю. Так само мінливий вплив і інших методів агротехніки, наприклад, глибини оранки тощо. Усе це тому, що ми маємо перед собою в ґрунті надзвичайно багатогранний і мінливий комплекс явищ, які впливають на урожай не ізольовано, а разом зі всіма надземними умовами (повітря, температура, інтенсивність і якість освітлення, вологість повітря тощо).

Сільськогосподарська наука дає нам чимало прикладів цієї мінливості. Так, Сазанов виявив, що той самий ґрунт — харківський чорнозем, узятий у різну пору року, мав і різну родючість.

Дослід був поставлений так: для вегетаційних посудин був узятий ґрунт з однієї ділянки, тільки одні посудини були наповнені чорноземом (шар на глибину 36 см), узятим навесні 1906 р., для інших чорнозем був узятий перед засівом пару — в серпні 1906 р. і, нарешті, для третіх, — чорнозем з тієї ж ділянки (з її незасіяної частини), узятий навесні 1907 року. Як видно з наведених далі цифр, у всіх цих посудинах урожай вівса був різний (ґрунт у всіх був той самий, тільки взятий з поля в різний час): максимальний — на зразку з пару, мінімальний — на ґрунті, узятому навесні 1907 р.; весняний зразок 1906 р., який пролежав під дахом цілий рік, займав середнє місце. Цікаво, що і вміст нітратного азоту у цих зразках мінявся аналогічно, як видно з наведених нижче даних. У зв'язку з цим виявилось, що й удобрення селітрою неоднаково відбилося на врожаї цих же трьох посудин.

Урожай вівса (солома + зерно) залежно від того, коли взято ґрунти для дослідів у посудинах (у грамах на посудину):

на ґрунті, взятому навесні 1906 р. . . . .	23,9
на ґрунті, взятому у серпні 1906 р. . . . .	32,5
на ґрунті, взятому навесні 1907 р. . . . .	11,5

Кількість нітратного азоту у зразках перед посівом. Вміст нітратного N (мг на кілограм ґрунту):

у зразку, взятому навесні 1906 р. . . . .	12,5
у зразку, взятому 14 серпня 1906 р. . . . .	40,7
у зразку, взятому навесні 1907 р. . . . .	8,1

Чутливість до азотистих добрив залежно від того, коли взято ґрунти для дослідів (неудобрені — 100%):

для ґрунту, взятого навесні 1906 р. . .	до 189% від удобреного
для ґрунту, взятого влітку 1906 р. . .	до 126% »
для ґрунту, взятого навесні 1907 р. . .	до 333% »

Звичайно, відмінність динаміки ґрунтів залежно від моменту, коли взято зразки для дослідів, стосується не самого тільки азоту, але й інших елементів, важливих для родючості ґрунту.

Гедройц протягом кількох років ставив дослідів у посудинах з ґрунтом, узятим 1903 р. (ґрунт зберігався увесь час у повітряно-сухому стані), одержуючи із року в рік зростання врожаїв льону й вівса. Так, наприклад, у 1904 р. урожай вівса у нього був 21,6 г на посудину, а 1909 р. — 58 г на посудину. Ґрунт, узятий 1905 р., дав урожай у 1906 р. 12,7 г вівса, а в 1908 р. — 23,6 г вівса; ґрунт, узятий 1907 р., того ж року дав урожай 23 г, а через рік — уже 32 г і т. д.

Причини таких змін у родючості того ж самого ґрунту полягали, з одного боку, у провітрюванні ґрунту і звільненні від тих шкідливих речовин, які утворилися в період надмірного зволоження його восени й навесні; з другого боку, під впливом висушування ґрунту під час зберігання й підготовки, які змінювали властивості ґрунтових колоїдів, мінялася й розчинність вміщених у них поживних речовин. Що навесні справді можуть утворюватися у ґрунті шкідливі для рослин речовини, показали досліді Носівської станції, де виявлено присутність у ґрунтах того ж району (безструктурних чорноземах) у весняний період речовин, шкідливих для рослин (токсинів); навіть колодязна вода, куди ці речовини вимивалися з верхніх шарів ґрунту, мала токсичні властивості. З часом, при висиханні й провітрюванні ґрунту, ці речовини окислюються й зникають. Очевидно, це повинно відбиватися на посівах.

До умов, які міняють родючість ґрунту, належать і прямий вплив на ґрунт сонячного світла і його висушування. Це прекрасно показали досліді Лебедянцева на Шатилівській дослідній станції. Виявилось, що коли брати для вегетаційних дослідів ґрунт шарами, то найродючішим буде верхній шар; він же й найчутливіший до добрив. Коли ж верхню половину орного шару покласти униз на дно борозни, а спідню — зверху, вона через деякий час стане родючішою.

Для того щоб зрозуміти вплив підсушування ґрунту на його родючість, треба мати на увазі, що при цьому структура ґрунту стає міцнішою, вбирна здатність його зменшується, насиченість кальцієм збільшується, а дисперсність знижується; при цьому азот і фосфор ґрунту стають доступнішими. Крім того, як показали дані Ротамстедської станції, нагрівання ґрунту помітно змінює мікрофлору. Те ж саме виявив і Рудаков у Москві: він показав, що після висушування міняється хід мобілізації азоту, посилюються темпи мобілізації фосфатів, зменшується біологічне вбирання їх, збільшується здатність ґрунту розчиняти фосфорити. Дані Гедройца, Бичихіна, Горшеніна показують, що під впливом висушування у ґрунті збільшується кількість розчинних речовин. Таким чином, в и с у ш у в а н н я ґ р у н т у, сприяючи операціям обробітку, очевидно, у відповідних випадках, впливає на збільшення ефективності родючості не менше, ніж зволоження; тому наше завдання — правильно сполучати ці два процеси. Крім впливу на поверхневий шар ґрунту під час висушування, що збільшує водостійкість його структури, пряме освітлення сонячним промінням, впливаючи на гумус, сприяє окисленню його (фотохімічні реакції) і збільшенню вмісту нітратів.

У процесі обробітку ґрунту, парування, а також росту рослин у різні моменти вегетаційного періоду міняється ґрунтовий режим. Це позначається на більшій чи меншій відповідності або невідповідності його до потреб рослин і на неоднаковій потребі того самого ґрунту в добривах у різні періоди. Так, на тій же Носівській дослідній станції виявлено в ґрунті так званий з м і н и й м і н і м у м, коли ґрунт (маються на увазі рослини, які ростуть на ньому) восени виявляв чутливість на фосфати (азот завдяки

нітрифікації був у доступній формі); навесні ж, навпаки, фосфати уже не впливали на нього \*, а впливали азотні добрива.

Якщо завдання удобрювання — поповнювати запаси поживних речовин у ґрунті саме в моменти, коли вони найбільш потрібні, то, очевидно, зважаючи на динаміку зростання й розвитку рослин, на процеси динаміки ґрунту, що розгортаються в часі неоднаково залежно від умов погоди, агротехнічних заходів і особливостей рослини, — зважаючи на все це, не можна говорити в загальній формі про потреби даного поля у добривах хоч би протягом одного вегетаційного періоду. Очевидно, ефективність добрив мінятиметься залежно від того, наскільки процеси ґрунтової динаміки самі по собі спроможні забезпечити зростаючу рослину потрібною поживою; тому для раціонального застосування добрив треба знати хід розвитку ґрунтових процесів, а що він тісно зв'язаний з метеорологічними умовами — добре було б наперед знати ці умови. У всякому разі дані щодо споживання культурними рослинами поживних речовин свідчать про те, що в існуючій досі практиці між моментом внесення в ґрунт поживних речовин і споживанням їх є великий розрив. Так, виявляється, наприклад, що для озимого жита, за дослідом Ремі, хід споживання поживних речовин такий (табл. 59).

Таблиця 59

Споживання житом поживних сполук у різні періоди життя  
(у кілограмах на гектар)

Споживання	Місяці										Разом
	X—XI	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
N . . . . .	10	7	14	15	17	17	2	—	—	—	82
K <sub>2</sub> O . . . . .	11	8	16	22	27	7	—	—	—	—	91
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	3	3	5	7	11	6	2	—	—	—	37

Таким чином, хоч жито потребує поживних речовин, починаючи з осені, основне споживання відбувається у весняно-літній період. Ще в більшій мірі це виявляється у пшениці. Отже, колосальна кількість нітратів, утворених протягом періоду парування, дуже мало використовується житом, яке бере найбільшу кількість їх у весняно-літній період свого росту. Не менш разюча картина надходження поживних речовин у цукрові буряки у різні місяці, як показали праці того ж Ремі (табл. 61).

\* У роки з холодною й вологою весною фосфати стають менш рухомими, бо дають дуже мало розчинних сполук з іонами заліза:  $Fe^{+++} \rightleftharpoons Fe^{++}$ .



Таблиця 60

Споживання цукровими буряками поживних речовин в різні періоди життя

Спожи- вання	Місяці						Разом у кг/га
	V	VI	VII	VIII	IX	X	
N . . . .	2	31	70	26	17	7	152
K <sub>2</sub> O . . .	3	29	93	51	31	15	222
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .	1	8	19	13	10	1	52
CaO . . .	1	7	30	16	8	4	66

Аналогічні дані одержано в мережі дослідних полів сахароза-водчиків Юровським, за радянських часів — Душечкіним, за кордоном Лібшером і іншими (табл. 61).

Таблиця 61

Надходження поживних речовин у цукрові буряки  
(в процентах від найбільшого вмісту)  
(за Душечкіним)

Дата	N	P	K	Mg
10.VI . .	20	14	13	3
1.VII . .	54	35	46	65
23.VII . .	72	50	53	73
15.VIII . .	91	66	72	91
1.IX . .	98	74	79	100
20.IX . .	100	98	93	85
5.X . .	91	100	100	84

Таким чином, споживання поживних речовин має свої кульмінаційні пункти, і ці кульмінаційні пункти залежать далеко не від самого тільки моменту обробітку ґрунту й заорювання гною, але й від моменту посіву. Цілком очевидно, що потреба у добривах має відповідати ходу кривої споживання поживних речовин; тому правильно буде сказати, що на тому самому ґрунті потреба в добривах буде неоднакова у різну пору вегетаційного періоду, які б не були дані від тих або інших аналітичних, хімічних, чи проведених з рослинами визначень «запасів» поживних речовин у ґрунті. Ці дані підтверджуються й відкриттям (Носівська дослідна станція) явища змінного мінімуму (див. вище).

Саме ця динамічність явищ родючості ґрунту потребує відповідної гнучкості й від агронома, який повинен розуміти співвідношення між потребами рослин і ґрунтовими процесами настільки, щоб керувати ними так, як говорив Костичев. Цілком очевидно,

що зростаюча рослина у різні періоди свого розвитку попадає під вплив різних темпів і напрямів динаміки ґрунтового процесу саме в той час, коли вона потребує то різних поживних речовин, то води, то повітря в ґрунті. Тому агротехніка має весь час іти назустріч цим мінливим потребам рослин. В умовах однакової агротехніки різні типи ґрунтів мають і різні агрономічні властивості й різний рівень ефективної родючості. Це видно з порівняння ґрунтів на широких просторах цілих країв і республік, як, наприклад, по Україні й Поволжю. Це ж видно і при порівнянні урожайності — на різних ґрунтових типах і варіантах в умовах того самого клімату (табл. 50 — 53), а також у вегетаційному досліді.

Керувати ходом живлення рослин можна за допомогою внесення добрив, причому тут велике значення мають форми добрив, особливо азотних (NH<sub>4</sub>-іон або NO<sub>3</sub>-іон), фосфатів і калійних. Маючи на увазі вбирну здатність ґрунту, яка сприяє *закріпленню іонів NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Ca<sup>2+</sup>* в тому місці, де їх внесено, при підживленні слід класти добрива на глибину розвитку коріння при достатній вологості ґрунту, інакше ефект не буде повний.

### Родючість ґрунту і його культурний вік

Культурний стан і культурний вік ґрунту відбиваються, як це було відомо вже давно, на його родючості. Костичев указував на те, що тільки-но підняті цілини мають більшу родючість, ніж здавна орані ґрунти — звичайно, в умовах незмінної техніки. Цю більшу родючість цілин він приписує, так само як і Рассель для Англії, їх кращим структурним властивостям. Проте, як показують дані у Поволжі, перелogi виявляють більшу родючість порівняно з м'якими землями тільки на «нормальних» чорноземах. Ґрунти ж південніших районів — каштанові й бурі — такої різниці не дають. Адже на них навіть багаторічна трав'яна рослинність за тисячі років не може створити структуру (саме водостійку, дрібнозернисту, агрономічно цінну структуру) внаслідок ненасиченості ґрунтів кальцієм і інших причин. Найменш стійка структура у підзолах, солонцях і сіроземах.

Щодо поживних речовин помічено, що цілини, взагалі кажучи, більше забезпечують рослини засвоєваним азотом (краща структура — краща нітрифікація). Відносно фосфатного живлення рослин досліді Чірікова на воронізькому чорноземі показали, що «фосфатний капітал» доступніший культурним рослинам (крім таких, як гречка) саме на м'яких землях, де процеси розкладу й вивітрювання в ґрунті відбуваються інтенсивніше, ніж на цілині. Про фосфатне живлення треба зазначити, що слабо опідзолені чорноземи більше родючі, ніж нормальні, саме внаслідок того, що вміщений у них фосфор, доступніший рослинам.

Відмінність у родючості й потребі в добривах виявляють не тільки цілини й м'які землі, а й орні ґрунти різної тривалості розорювання. Вище ми вже зазначали, що і дрібні й великі капіталістичні господарства виснажують запас ґрунтової родючості, знімаючи з нього спочатку, так би мовити, «вершки». Тому у той період, коли були ще значні площі незораних земель, коли у чорноземній смузі панувало переложне господарство, після оранки перелогів або цілини протягом 4—5 років знімали урожаї «сам 17—20», а потім, в міру руйнування сприятливої ґрунтової структури, вони зменшувалися до «сам 7—8», залишаючись на цьому рівні протягом тривалого періоду. Це зменшення для підзолистих ґрунтів при вирубній і, особливо, вогневій системі господарства мало значно гостріший і катастрофічніший характер. Збільшення родючості і врожаю надалі вимагало вже значних зусиль і витрат на обробіток і удобрення ґрунту. Тим-то кожний ступінь використання ґрунту потребує нової, пристосованої для нього агротехніки, — звичайно, на основі всього здобутого людством попереднього досвіду з критичним засвоєнням його.

#### Виснаження ґрунтів і боротьба з ним

Виснаження ґрунту значно зменшувало запаси поживних речовин у ньому. Причиною виснаження було те, що поживні речовини з ґрунту разом з урожаєм вивозили на ринок, далеко за межі даної території, а також те, що під впливом обробітки і зв'язаного з ним кращого зволоження ґрунту у ньому відбувалися посилені процеси розкладу гумусу, вивітрювання глини й вимивання поживних речовин униз.

Проте зменшення урожаїв зв'язується не тільки з виснаженням, але й з так званим «випахуванням» ґрунтів. Останнє полягає не стільки в зміні хімічного складу ґрунту, скільки у вичерпанні запасу легкодоступних поживних речовин («вершків» родючості), з одного боку, зміні мікробіологічних властивостей і фізичних особливостей (насамперед структури) ґрунту — з другого, і, нарешті, появі шкідників і хвороб, а також розмноженні бур'янів. Очевидно боротьба з цими явищами має бути неоднакова.

Проте саме при товарному землеробстві стираються відмінності, властиві ґрунтам від природи, й з'являються нові, створені культурою; до таких належить і так звана потреба ґрунтів у добривах. Вона неоднакова не тільки для різних ґрунтів, але й для того самого ґрунту залежно як від умов погоди, так і давності використання ґрунту. Відомо, що небагато десятиків років тому не тільки в степу, а навіть і в лісостепу (кол. Харківська, Казанська і інші губернії) гнійове добриво вважали не тільки непотрібним, а мабуть, і небезпечним.

Тепер, під впливом тривалого періоду товарного землеробства, ті самі ґрунти добре реагують на гній, на фосфати і навіть на азот. Причина цього та, що в період правильного землеробства, що настає після панування перелогової системи, використовуються запаси «потенціальної» природної родючості ґрунту, так би мовити, «вершки» її, які нагромаджувалися протягом багатьох століть.

Навіть відносно менш родюча орна земля, «яка лише недавно почала оброблятися і ще не була зачеплена культурою... довгий час дає урожай, не потребуючи удобрення, та ще при зовсім поверхневому обробітку».

«Можливість такого поверхневого обробітку природно вичерпується більш або менш швидко, — тим повільніше, чим родючіша нова земля, і тим швидше, чим більший вивіз її продукту» \*.

Порівняння даних дослідів, які проводилися у близьких районах, з дуже близькими варіантами ґрунтів і кліматичними умовами, показало, що в районах старішого заселення і інтенсивнішого господарства чутливість ґрунту до добрив значно більша, ніж у «молодших» районах. Так, наприклад, порівняння збільшення врожаїв жита від добрив на Червоноградській і Харківській дослідних станціях дає таку картину в центнерах на гектар (табл. 62).

Таблиця 62

Збільшення урожаїв жита від внесення добрив  
(в центнерах з гектара)

	Удобрено							
	Р	Н	К	РН	РК	НК	РНК	О
Харківська дослідна станція (глибокий середньогумусний чорнозем)	8,8	0,14	—	9,2	—	—	8,8	14,3
Червоноградська дослідна станція (глибокий варіант звичайного середньогумусного чорнозему) . . . . .	4,3	0,59	1,13	3,7	3,5	0,44	3,4	19,3

Старіша щодо використання земля Харківської станції, таким чином, виявляла більшу чутливість до добрив, ніж молодша — Червоноградської станції. Ще разючішу картину дає порівняння результатів, одержаних «колективними» дослідями Полтавської дослідної станції на чорноземах Решетилівки, з одного боку, і Машівки — з другого. Незважаючи на незначну за широтою відмінність у положенні цих двох районів, чутливість їх ґрунтів до

\* К. Маркс, Капітал, т. III, Держполітвидав УРСР, 1952, стор. 679.

мінеральних добрив була ще більше неоднакова, як це видно з таких цифр (табл. 63).

Ефективність добрив і врожай озимини  
(в центнерах з гектара)

Таблиця 63

Ґрунти	Удобрено		Не удобрено
	Томашпланом	Суперфос-фатом	
Машівка (глибокий варіант звичайних чорноземів — молодший район) . .	+ 0,4	+ 2,8	13,6
Решетилівка (глибокі чорноземи — район старого заселення) . . . . .	+ 2,8	+ 7,7	15,7

Те, що чорноземи найбільше реагують на фосфатні добрива, пояснюється однобічним впливом виснаження їх фосфатного «капіталу» внаслідок відчуження з полів зернової продукції. Як показав дослід Миронівської станції, незмінна культура цукрових буряків протягом кількох років уже приводила до ясно виявленої потреби у калії; це цілком зрозуміло, якщо взяти до уваги специфічні потреби цієї культури.

У зв'язку з інтенсивністю процесів перетворення потенціальної родючості ґрунту в ефективну маємо, за справедливим зауваженням Ільєнкова, ґрунти багаті і ґрунти щедрі\*, які легко віддають запаси своєї родючості. Різні типи ґрунтів неоднаково втрачають свою родючість. Вище вже була зазначена відмінність щодо цього між ґрунтами чорноземними й підзолистими. Так само відзначаються швидким «випахуванням» і солонцюваті чорноземи, як на це звернув увагу ще у свій час Докучаєв, а тепер — Бобко і Вакар (мова йде про західносибірські чорноземи). Звичайно, ця швидка «випахуваність» ґрунтів неоднакова не тільки для різних типів їх, але й для різних варіантів. Так, на харківських чорноземах при безперервній культурі відбувається швидке зменшення родючості. На воронізьких чорноземах і полтавських сірих лісових ґрунтах зменшення урожаїв з часом не зазначено. Швидко виснажуються солонцюваті чорноземи Західного Сибіру.

В інших випадках при правильному поєднанні навіть існуючих способів агротехніки спостерігається швидке поліпшення бідних ґрунтів\*\*. Правда, зменшення урожаю на старих орних ґрунтах пояснюється не самим лише виснаженням їх поживних запасів, але також і погіршенням їх фізичних властивостей, а надто структури, і, крім того, безпосередньо зв'язаних з загальними змінами

\* «Богатые и тароватые».

\*\* Особливо це помітно на піщаних ґрунтах, як показали дослідні станції Поліська й Новозибківська, а також передові господарства за старих часів і тепер (див. вище).

ґрунтового процесу біологічних особливостей ґрунтів. Очевидно, боротьба з явищами виснаження і «випахування» ґрунтів має йти тими шляхами, які відповідають характерові змін, що відбулися у ґрунті. В умовах планового соціалістичного господарства вперше створюються усі передумови для безперервного збільшення ґрунтової родючості.

У питаннях визначення потреби ґрунтів різних типів у добривах має значення як природна родючість ґрунту, запас у ньому поживних речовин, так і зміни, внесені культурою. Ми вже бачили, що хімічний аналіз дає дуже відносне уявлення про запаси поживних речовин, бо справа не в загальному запасі поживних речовин, а в формах, у яких вони є в ґрунті. Тут становище складніше, ніж у питаннях обробітки, де інколи вже сама морфологія ґрунту, його структура, будова його профілю дає вказівки, що треба робити, зважаючи на культурний стан поля, його засміченість тощо.

### ДОСЛІДЖЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ

Для дослідження родючості ґрунтів застосовують різні методи. Їх можна розбити на такі групи: статистичні методи, які базуються на збиранні масових відомостей про родючість ґрунтів тих або інших територій; агрохімічні—лабораторні й вегетаційні, які визначають вміст тих або інших поживних речовин у ґрунтах, з одного боку, і за якими ставляться досліді в посудинах у вегетаційних будиночках — з другого. Польові методи, коли на дослідних станціях проводять дослідження ґрунтів у полі для визначення їх родючості.

Цінувальне ґрунтознавство у свій час намагалося пов'язати дані статистичних обслідувань урожайності з поширенням тих або інших ґрунтів, морфологію яких при цьому вивчали. Такий метод можна назвати географічним. Кожний з цих методів мав свої позитивні й негативні сторони. Одні з них хибували на емпіризм (статистичні, що збирали відомості у населення з різних частин великої території, а також, так звані, колективні досліді); інші (агрохімічні) були повністю відірвані від реального сільськогосподарського ґрунту у всій різноманітності його в умовах природи й господарства. При цьому інколи результати вегетаційних дослідів були зовсім протилежні польовим (наприклад, чорноземи, не чутливі на азотні добрива у польовому досліді, виявляли надзвичайну потребу в азоті у вегетаційному; штучні умови вегетаційного будиночку й посудини давали зовсім іншу картину збільшення урожаю від добрив, ніж у полі). Методи цінувального морфолого-географічного ґрунтознавства не були зв'язані з справжніми агрономічними властивостями ґрунту і тому не могли дати бажаних наслідків.

Коротше кажучи, агрохімічні методи не були зв'язані з тими формами, у яких виявляється потенціальна й актуальна родючість ґрунту в різноманітних умовах природи й господарства: морфолого-географічне ґрунтознавство давало саму форму, не зв'язуючи її з агрономічною суттю, із змістом явищ ґрунтової родючості.

Найстарішим методом визначення відносної продуктивності різних ґрунтів був метод статистичний, який характеризував урожайність в окремих повітах, волостях, селах і маєтках на підставі масових відомостей, що їх збирали земські кореспонденти. Докучаєвське ґрунтознавство на початку свого існування намагалось використати основи недавно створеної науки для опрацювання «об'єктивних» критеріїв оцінки ґрунтів різних губерній. Проте швидко виявилось, що цей метод не дав бажаних наслідків. Причиною цього була невідповідність бонітувальних шкал агрономічним ознакам ґрунтів (які в дійсності впливали на урожай) і нехтування економічних умов і агротехніки.

З часом на допомогу були залучені досліді з рослинами не тільки в умовах вегетаційних будиноків, в посудинах, але і в ящиках з великими монолітами ґрунтів, які звозили в одне місце, закопували врівень з землею, а потім засаджували відповідними рослинами. Із зменшенням інтересу до цінувальних робіт припинилися й такі спроби визначати родючість ґрунтів. Школа Набоких (Одеса) уже перед першою імперіалістичною війною проводила територіальні дослідження ґрунтів, супроводжуючи їх польовими досліддами на ділянках з різними типами ґрунтів.

Про лабораторні агрохімічні методи вище вже було зазначено, що вони дають цінні вказівки у крайніх випадках для зовсім неродючих ґрунтів або для дуже родючих; для звичайних же ґрунтів, що лежать між цими двома крайніми полюсами, дають плутані результати. Це стосується й до спроби визначати потребу ґрунту у фосфатах за допомогою лимоннокислих витяжок (Лемерман), способу, запропонованого Арреніусом, і тих методів, які запропоновані Мітчерліхом, Нейбауером і іншими. У всіх цих підходах і суто хімічних і, так би мовити, фізіологічних, а також спробах створити прості математичні формули для визначення родючості ґрунту позначається все той же механістичний підхід до ґрунту і до рослини.

Слід підкреслити, що вегетаційний метод, який так багато дав у фізіології, цілком непридатний для того, щоб розв'язувати питання про «продуктивність» того або іншого ґрунту. Для досліді в цьому випадку беруть обмежену кількість ґрунту з орного шару (а рослина ж використовує й підорні горизонти), причому порушується природна будова ґрунту, ґрунт відривають від умов погоди, які впливають на його динаміку, створюючи цілком штучний ґрунтовий клімат. Біодинамічні процеси в ґрунті за умов вегетаційного

досліді проходять інакше, ніж у полі, і т. д. Тому зрозуміло, що й ефективність тих факторів, які намагаються визначити за допомогою вегетаційного досліді, тут зовсім інша, ніж у полі. У роботах Носівської дослідної станції є, наприклад, характерні дані, що свідчать про зовсім відмінні масштаби впливу добрив (Р, К, N) у полі і у вегетаційному будиночку залежно від величини доз добрив.

Вважаючи врожай без добрив — 100%, у полі маємо такий ряд: 100, 140, 152, 156, 166, а у вегетаційному досліді — 100, 200, 321, 445, 776, 923, 1121, 1387%.

Цілком очевидно, що вегетаційний дослід сам по собі не може бути основою для визначення ступеню родючості ґрунту й потреби його у поживних речовинах.

Тому зрозуміло, що оцінка ґрунту як засобу сільськогосподарського виробництва ніяк не може базуватися на одному будь-якому моменті. Для оцінки агрономічних властивостей ґрунту і опрацювання способів поліпшення їх і збільшення ефективної родючості ґрунту як природних, так і соціально-економічних у їх взаємодії й розвитку в часі. Універсальних мірок тут не може бути. Оцінка агрономічних властивостей ґрунту має бути синтетична з використанням даних, які можна одержати різними методами, придатними для освітлення багатогранності ґрунтових властивостей, їх динамічності і напряду ґрунтових процесів. Певна річ, у кожному конкретному випадку серед комплексу цих властивостей треба виявити провідні. Крім визначення продуктивності ґрунтів у господарських умовах, звичайно, повинні зайняти своє місце й різні методи характеристики окремих агрономічних властивостей ґрунту й з'ясовані причини, що їх обумовлюють і зв'язані з генезисом і розвитком ґрунту.

Цілком очевидно, що для правильного використання тих можливостей, які закладені в ґрунтах, для керування процесами їх родючості, для боротьби за врожай треба враховувати всю багатогранність, різноманітність ґрунтів у природі, порівнювати ґрунти один за одним за їх родючістю, за тим, як реагують вони на агротехнічні впливи, вивчати їх динаміку і будувати відповідну їй агротехніку на підставі порівняння статички й динаміки різних ґрунтів як у природному стані, так і в зміненому сільськогосподарською культурою в різних умовах клімату й погоди.

Із усього сказаного ясно, що час від часу повторювані вимоги до ґрунтознавця — «зробити аналіз ґрунту, щоб довідатися, чим його удобрювати», і тепер, як і за часів Костичева, не мають ніякої наукової підстави, а зроблені на таке «замовлення» аналізи ніякої цінності для сільськогосподарського виробництва не мають (див. вище стор. 225 висловлювання Костичева, Гедройца, Прянішнікова, Кірсанова і інших).

## ТЕРИТОРІАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТІВ

Знати характер ґрунтового покриву країни, областей і районів треба як для планування народного господарства, так і для правильного використання ґрунтів у сільському господарстві.

Тут на зміну цінувальним і в додаток до природно-історичних досліджень ґрунту має прийти *агрономічна інвентаризація ґрунтів* земельних фондів, якнайтісніше зв'язана як з генезисом і динамікою ґрунтів, так і з завданнями державного планування сільськогосподарського виробництва.

У результаті ґрунтових досліджень створюються агроґрунтові карти республік, країв і областей, з одного боку, і плани радгоспів, колгоспів і меліорованих масивів, з другого.

На них — на цих картах і планах, крім генетичних позначень, мають відбитися й основні агрономічні показники (структурність, ступінь заболоченості, засоленості, солонцюватості ґрунтів) — усе те, що впливає на родючість ґрунту і на продуктивність праці в землеробстві, а також забур'яненість, ступінь окультурення.

ґрунтознавці повинні мати ясні завдання від виробничих організацій. Вони повинні мати уявлення про те, на які запитання має відповісти ґрунтове обслідування і які зміни й поліпшення у сільськогосподарському виробництві можна зробити на підставі одержаних даних. Від виробничих завдань залежить як комплекс запитань, поставлених перед ґрунтовими обслідуваннями, так і характер одержуваних у результаті їх відомостей — насамперед масштаб і зміст ґрунтової карти або плану і зміст стаціонарних польових і лабораторних досліджень.

Сільськогосподарське ґрунтознавство має дати чіткі й ясні уявлення про основний фактор сільськогосподарського виробництва — про ґрунт: воно повинно забезпечити правильне розуміння процесів розвитку й можливого спаду ґрунтової родючості, щоб побудувати на цій основі науково обґрунтовані системи землевпорядних, агротехнічних і меліоративних заходів у конкретних умовах тієї чи іншої зони, провінції і конкретної господарської території.

Тому в основу виділення ґрунтових типів і картографування ґрунтів мають бути покладені ті провідні ознаки, які найтісніше пов'язуються, з одного боку, з походженням ґрунтів, із зміною їх під впливом культури, а з другого — з використанням ґрунту в сільськогосподарському виробництві і боротьбою за стійку, безперервно зростаючу родючість його.

Для ґрунтів різних зон провідними ознаками виділення ґрунтових відмінностей мають бути різні властивості як морфологічні, так і фізико-хімічні у їх поєднанні.

Крупне механізоване господарство зацікавлене у показниках,

що характеризують водні й механічні властивості ґрунтів (опір ґрунту при обробітку), а тим більше їх структурність.

Для підзолистої зони — деяких її частин — важлива не тільки глибина перегнійного горизонту (НЕ або А<sub>1</sub>), але й присутність або відсутність карбонатів у підґрунті підзолистих ґрунтів. Для чорноземної зони — наявність чи відсутність впливу на ґрунт підзолистого або солонцевого процесу. Останнє дуже важливе для ґрунтового покриву зони сухих степів тощо.

Крім того, з механічним складом і структурними властивостями ґрунтів зв'язані й процеси біодинаміки їх, які надзвичайно впливають на умови зростання рослин, на використання ґрунтом атмосферних опадів і зберігання води в ґрунті (у сухих районах), або, навпаки, на поверхневий дренаж ґрунту, який не дає йому заболочуватися зверху (у вологих районах).

Сказане вище не тільки не заперечує потреби поглиблених досліджень закономірностей поширення ґрунтів у природі, а навпаки, вимагає ширшого і глибшого, ніж досі, їх проведення. Звичайно, зважаючи на те, що ґрунтові покриви Союзу РСР досліджені неоднаково і інтенсивність господарства різна, завдання цих робіт у різних районах треба диференціювати, пов'язуючи їх із стаціонарним вивченням динаміки ґрунтів, геологічних, літологічних і геохімічних властивостей материнських порід, і з провідними агрономічними показниками для того, щоб разом із пізнанням ґрунтів у їх міцливості й розвитку у просторі й часі дати правильні перспективи їх агрономічного використання.

У ряді випадків для з'ясування цих закономірностей застосовують метод «ключів» — дослідження у великому масштабі типових комплексів-ландшафтів.

Агрономічну інвентаризацію ґрунтів залежно від завдань, очевидно, повинні проводити різні органи. Центральні і республіканські організації і науково-дослідні інститути повинні дбати про складання за їх участю агрономічних карт своїх територій, у які мають увійти всі ознаки, що стосуються використання ґрунтів у сільському господарстві, шляховій справі тощо; усі особливості ґрунтів, які впливають на відношення ґрунтів до обробітку, на зберігання вологи, дренаж, на зрошування й осушування, на дію добрив і хімічної меліорації тощо.

Такі карти для великих територій республік, країв і областей, не кажучи вже про Радянський Союз у цілому, неминуче матимуть порівняно невеликий масштаб (від 1 : 250 000 до 1 : 5 000 000 — залежно від складності рельєфу, геологічних умов, історії рослинності, з одного боку, і завдань, поставлених виробництвом, з другого), бо інакше на саму тільки інвентаризацію ґрунтів, наприклад, для території України треба було б витратити десятки мільйонів карбованців, потрібні були б колосальні кадри кваліфікованих дослідників і складання такої карти розтяглося б на такий тривалий

період, що до закінчення робіт, довелося б, через зміну умов і виробничих завдань, переробляти роботи першого періоду.

З другого боку, для територій, де передбачені великі капіталовкладення, масштаби ґрунтового знімання повинні бути значно більшими, а саме знімання — детальнішим. Це стосується районів із складним ґрунтовим покривом, який передбачено використати, наприклад, під зрошувані культури, під садки; у районах з строкатими ґрунтами дуже важливо розмістити деревні посадки так, щоб не потрапити на засолені ділянки; сюди ж належать райони майбутнього зрошування або осушування. Так само детальне знімання і великих масштабів карти потрібні для районів із складним рельєфом, де треба або провести захисні насадження на схилах, або розводити садки: сюди належать Донбас, Середньоросійська, Наддніпрянська і Надністрянська височини, гірські райони тощо.

Аналітичне освітлення матеріалів ґрунтових обслідувань має бути підпорядковане основному завданню і тісно зв'язане з характером досліджуваних об'єктів: якщо не може бути універсальних, раз і назавжди встановлених масштабів ґрунтових з'йомок, то немає й не може бути універсальних схем аналізів.

\* \* \*

Крім зазначених вище завдань ґрунтових досліджень, дуже терміновою справою є «впорядкування» колгоспної землі і взагалі всієї території масового сільськогосподарського використання. Доцільно використати ґрунти в інтересах усього народного господарства в межах радгоспу, колгоспу, територій, обслуговуваних МТС, можна тільки при достатньому знанні практично важливих відмін ґрунтів, про які сказано вище. У період індивідуального господарства ці відомості були, хоч і примітивного характеру; мало їх велике капіталістичне господарство, де відповідним чином розбивали поля на клітки і планували господарське використання цих кліток і сезонні роботи на них; знав по своєму свої ниви і дрібний землевласник. Тим більше повинні знати свої землі і колгоспи, МТС, радгоспи. Ці знання треба набуті, по-перше, виявивши усі ті відомості, які є у місцевого населення. Звичайно, для великого соціалістичного господарства цього мало, — тут на допомогу колгоспам, радгоспам повинні прийти наукові інститути і землевпорядні органи, обов'язок яких — опрацювати методи «паспортизації» ґрунтів і дати відповідні, зв'язані з організацією господарства, з сівозмінами й іншими організаційно-агротехнічними моментами, вказівки.

Ґрунтознавці й агрономи тут повинні будуть складати найпростіші інструкції, які дадуть змогу робітникам сільського господарства орієнтуватися в агрономічних властивостях і родючості

ґрунтів їх районів і окремих господарських територій для того, щоб найкраще організувати їх використання. Тут роль ґрунтознавця та й центральних земельних організацій уже скорше допоміжна.

Одним із найважливіших завдань агроґрунтознавства є охорона основного засобу й об'єкта виробництва в сільському господарстві — одного з основних природних багатств нашої Батьківщини — її ґрунтового покриву.

Головне тепер — мобілізація навколо цих питань громадської і агрономічної думки ґрунтознавців та самих колгоспників і робітників радгоспів і МТС.

## ГЕОГРАФІЯ ҐРУНТІВ СРСР

## ОБЛАСТЬ КОЛЬСЬКО-КАРЕЛОФІНСЬКОГО КРИСТАЛІЧНОГО ШИТА

Область Кольсько-Карелофінського кристалічного щита охоплює Мурманську область і Карело-Фінську РСР.

**Мурманська область** займає Кольський півострів — країну з своєрідною геологічною будовою і рельєфом. Рельєф гористий у західній частині, з найбільшими висотами на Хібінах, і рівнинний на узбережжі Білого моря.

Корінні породи — головним чином, кристалічні і метаморфічні. У підвищеній частині країни ґрунти утворилися на елювії гранітів, діабазів, нефелінових сієнітів і т. д., а з ними зв'язана і їх щебенуватість.

Це — область льодовикового зносу, тому природно, що моренні відклади з'являються лише на периферії центрального масиву, на схід від нього.

Ґрунти Мурманської області належать до двох зон: тундри і підзолистої зони. Тундра простягається смугою, шириною в середньому 50 км, вздовж північно-східного узбережжя півострова, займаючи, крім того, також найбільш підвищені частини країни.

Ґрунти торф'яно-глейові, глейопідзоли і надзвичайно характерні для гірської тундри мікропідзоли (Прохоров і ін.), увесь профіль яких з різко виявленими горизонтами укладається в 20—30 см (так звані «карликові підзоли»).

Південно-східне узбережжя Кольського півострова являє собою широку рівнину, яка спускається до Білого моря і вкрита морськими, алювіальними річковими й озерними відкладами. У рівнинній частині переважають торф'яно-підзолисто-глейові і торф'яно-глейові ґрунти. Лучні ґрунти (дернові) трапляються зрідка.

Сільськогосподарське використання краю незначне, хоч уже 30—40 років тому була доведена можливість вирощувати городні культури на тій частині Мурманського узбережжя, яку омиває течія Гольфштрему. Роботами Хібінського філіалу Всесоюзного

інституту рослинництва підведено основу організації навколо нових промислових і адміністративних центрів власних сільськогосподарських баз. Цьому сприяє як вплив Гольфштрему, що пом'якшує клімат Заполяр'я, так і тривалий день (влітку немає ночі); при зниженій прямій радіації через прозорість атмосфери сума одержуваного світла така ж, як і на півдні (за рахунок розсіяного світла); склад спектра (перевага оранжевої його частини) сприяє швидкому дозріванню хлібів; низька температура ґрунту, сприяючи яровизації посівного матеріалу, впливає в тому ж напрямі (Ейхфельд).

Урожаї картоплі на окультуреному ґрунті доходили до 200 ц/га, сіна — до 70 ц/га.

Родючість ґрунтів залежить як від дренажності їх, кількості гумусу, так і від вмісту польових шпатів, які під час вивітрювання звільняють поживні речовини.

Орної землі дуже мало (0,5%); ліси займають 64 проценти всієї площі, болота — приблизно 23—40 процентів.

**Карело-Фінська РСР.** Західна частина, що межує з Фінляндією, підвищена; вся інша територія — низинна, порізана ріками північно-східного напрямку, озерами, вкрита численними, витягнутими в напрямі руху льодовика, валами — «озами», «камами» (піщані горби). Це — область з найсвіжішими ознаками недавнього тут (близько півтора десятка тисяч років тому) зледеніння.

На низовині — окремі підвищення (наприклад, Олонецька на південь від Петрозаводська).

Материнські породи — переважно валунні піски і супіски, флювіогляціальні, озерні і морські\* піски. Часто зустрічаються «кам'яні поля» — скупчення на поверхні валунів, — свідок бурхливих льодовикових потоків, що протікали тут і винесли навіть пісок. Суглинки трапляються дуже рідко (озерні відклади).

Корінні породи — головним чином, архейської групи — гнейси, доломіти, слюдісті сланці і вуглисті сланці, а також своєрідні бітуми — шунгити — продукт метаморфози озерних відкладів протерозойської ери. Часто спостерігаються виходи вивержених порід (гранітів, діабазів тощо).

Моренні відклади звичайно кислого характеру, зрідка слабокарбонатні. Морена, що утворилася за рахунок діабазу, більш насичена основами, багатша на колоїди.

Ґрунти, — головним чином, піщані підзолисті з диференційованим профілем і болотні. Суглинкові — тільки зрідка на зниженнях, звичайно без яскраво виявленого ілювіального горизонту.

Родючість піщаних ґрунтів залежить від вмісту в них польових шпатів — плагіоклазів.

\* Між Вигозером, Сегозером, Ондозером і м. Повенець.



Вуглисті сланці дали початок темнобарвній морені з високою вбирною місткістю (до 40 м-екв на 100 г). На ній утворилися темнобарвні, дуже родючі ґрунти, так звані «карельські або олонецькі чорноземи», цілком розорані (Заонезький і Кондопозький райони). Довгий час вони дають без добрив до 16 ц жита з гектара.

У зв'язку з наростанням процесу заболочування лісів, у замшлених лісових ґрунтах відбувається нагромадження підстилки з утворенням кислого — «грубого» перегною і високою (40—90%) ненасиченістю. Тут маємо всі переходи від підзолистої до торф'яно-глейової стадії.

Характер болотних ґрунтів залежить від ступеню мінералізованості ґрунтових вод: якщо вона низька, торф слабо розкладений і дуже ненасичений. У цьому випадку, наприклад, при місткості 56 м-екв на Са припадає 16, на Mg — 7 і на Н — 33 м-екв.

Агрономічні властивості ґрунтів визначаються насамперед дренуваністю, потім наявністю валунів, які не дають змоги нормально обробляти ґрунт, бо для цього заздалегідь треба вибрати каміння з нього, і, нарешті, насиченістю кальцієм.

Ґрунти ці бідні на N і P. Вони потребують органічних і мінеральних добрив і вапнування. Осушення болотних просторів дасть змогу розв'язати питання про кормодобування. Орної землі, як було зазначено, зовсім мало.

Фінляндія, Мурманська область і Карело-Фінська РСР — це наймолодша з погляду ґрунтоутворення частина Східної Європи; порівняно недавно (10—15 тисяч років тому) вона звільнилася від льодовикового покриву, сліди якого ще свіжі.

#### ПІВНІЧНО-ЗАХІДНА МОРЕННО-ОЗЕРНА ПІДЗОЛИСТА ОБЛАСТЬ

Останнє тривале (вюрмське або валдайське) зледеніння, що охопило великі простори і не заходить в названу область тільки на південному заході, півдні і південному сході, різко позначилося на характері рельєфу і поверхневих порід, якого не встигла ще стерти ерозія. Певна річ, сліди попереднього зледеніння (риського або дніпровського) були затушовані.

Моренні відклади часто утворюють пасма і групи горбів, що відповідають стадіям відступу льодовика; низини між ними зайняті луками, болотами і озерами, складаючи разом з ними типовий моренний ландшафт.

Таким чином, чітко виділяється «Північно-західна моренно-озерна область» (Добринін), що охоплює Ленінградську область, Литву, Латвію, Естонію, північну частину Білорусі\*, північ Смоленської області, Калінінську область, крайні західні частини Вологодської і Архангельської областей.

\* Південна Білорусь займає більшу частину Полісся (див. далі).

Північно-західна частина цієї області, що прилягає до моря, дуже знижена порівняно з південною, південно-східною і північно-східною. Висоти тут — від +15 у прибережній частині до 130 метрів. Контрастом є височини (100—200—317 м і більше) на північному заході і південному сході Литви, у південно-східній половині Латвії і на окремих ділянках в Естонії і в Ленінградській області. Різко підвищена східна частина, особливо Валдайсько-Онезька височина.

Виправдовуючи назву моренно-озерної, ця область багата на ділянки з горбкуватим ландшафтом; своїм мальовничим виглядом вона зобов'язана швидкій зміні горбів, нагромаджених льодовиком і вкритих лісами, заболоченими низовинами, з частими озерами в них. Озера як тектонічного (Ладозьке, Онезьке) і карстового походження, так і підпружені моренними пасмами.

Небагата такими ландшафтами Естонія, де переважають моренні супіски. Натомість тут, як ніде, дуже поширені друмлини і ози\*. Досить значно розвинена моренна горбкуватість на південь від м. Тарту.

Значний мальовничий район з моренним ландшафтом простягається в північно-східній частині Латвії (на південний схід і схід від м. Вендена).

Через Литву, Латвію і північну Білорусь, і далі продовжуючись у Ленінградську, Смоленську, Калінінську, Вологодську і Ярославську області, простягається так званий «Головний пояс кінцевих морен», окремі ділянки якого, групуючись у смуги, що йдуть з південного заходу на північний схід, відзначають і зупинки останнього великого зледеніння (вюрмського або валдайського), яке вкривало ці області СРСР.

Корінні породи — вздовж Фінської затоки і Ладозького озера — кембрійські і силурійські, а на південь від них — девон на заході, а на сході — карбон, до якого на північному сході приєднується перм (здебільшого карбонатна і гіпсонатна, часто з багатими соляними джерелами). Серед корінних порід велику роль відіграють вапняки.

Четвертинний покрив представлений великими товщами льодовикових осадів, головню моренних (валунних) суглинків, що лишилися після того, як розтав лід; потім йдуть великі простори озерно-гляціальних відкладів (приклад їх — верстуваті глини з чергуванням товстих весняних і тонших літніх шарів) і, нарешті, флювіогляціальні і післяльодовикові алювіальні і озерно-алювіальні осаді текучих вод і озер.

Матеріал моренних відкладів як приносний — за рахунок стирання гранітів Фенно-Скандії, так і місцевого походження

\* Вали, що складаються із скупчень залишеного льодовиком матеріалу. Вони нагадують залізничні насипи, які тягнуться в напрямі руху льодовика.

(в останньому випадку нерідко карбонатний). Природно, що це обумовлює велику різноманітність петрографічного, фізичного і хімічного характеру морени.

За механічним складом на загальному фоні суглинків виділяються ареали пісків і супісків озерно-гляціального, озерно-алювіального і флювіогляціального походження (див. карту під ред. С. А. Яковлева). Місцями — іноді великі плями озерних як льодовикового, так і післяльодовикового віку глин і суглинків.

Виділяються простори, зайняті лесовидними відкладами (наприклад, лесове плато Орша — Мстиславль — Каханов, Горки), місцями карбонатними. Вони багаті проявами западинного мікрорельєфу і ярами і займають 18—25% Білорусі.

У південно-східній частині краю на майже рівнинних просторах моренні глини вкриті безвалунними покривними суглинками, інколи лесовидного характеру — осади розливів льодовикових вод.

Ґрунтотворення в цьому краї складається із взаємодії підзолистого, дернового і болотного процесів.

Мінливість рельєфу і механічного складу, а місцями і карбонатність порід\* створюють велику строкатість ґрунтового покриву.

За Н. Карпінським, на добрій половині моренно-озерної області позначається вплив карбонатів підґрунтя, які залягають на глибині, меншій від 1 — 1,2 метра.

У більшій частині північної Білорусі близькість карбонатів не виявлена; проте іноді можна відзначити вищу насиченість кальцієм навіть супіскових ґрунтів (Роговой).

В результаті перемиву морени льодовиковими водами в західній частині озерно-моренної області трапляються великі простори, укриті валунними скупченнями.

Дуже поширені болота як низові по долинах рік, так і верхові, вододільні.

Цікаві прояви солончакуватості боліт (Глінка), де іноді з'являються на поверхні сольові вищвіти. Якщо ґрунтові води, що піднімаються до поверхні, дуже жорсткі, то на зниженнях з'являються так звані «карбонатні (від  $\text{CaCO}_3$ ), лучні і лучно-болотні ґрунти» і залізисті відклади як землісті, так і конкреційні.

У Білорусі описані глибокі дерново-карбонатні ґрунти на виходах крейди, крейдяних мергелів і на лучних мергелях з перегнійним горизонтом до 60 см, темного кольору і з доброю зернистою структурою. Закипають від кислоти на глибині 70—100 см (Афанасьев). Це — наслідок дернового процесу ґрунтотворення.

\* Це — або карбонатні моренні відклади, що утворилися за рахунок силурійських і девонських вапняків або ж виходи на поверхню цих самих вапняків. Це, звичайно, сприяє утворенню ґрунтів, багатших на гумус, з глибоким перегнійним горизонтом, з більшою насиченістю кальцієм і вищою родючістю (перегнійно-карбонатні, дернові, «піддубці» і рендзини).

Під впливом дернового процесу, з одного боку, і опідзолювання — з другого, утворилися темnobарвні дерново-підзолисті ґрунти (на лесовидних суглинках), за морфологією близькі до сірих і світло-сірих ґрунтів лісостепу. Вони закипають від кислоти на глибині 1—1,5 — 2,5 м (залежно від ступеню опідзолювання); у них трапляються журавчики ( $\text{CaCO}_3$ ). Ні рудякових зерен, ані ржавих примазок (ознак заболочування) у них немає.

На сухих пісках залягають слабopідзолисті ґрунти з псевдофібрами\*, на мокрих — глеювато-підзолисті. На лесовидних суглинкових і супісках — дерново-середньopідзолисті. На зниженнях — глейо-підзоли.

Серед ґрунтів болотного ряду відзначені торф'яно-перегнійно-глейові, перегнійно-глейові. Заболочування суходолів дає торф'яно-підзолисті ґрунти.

На заплавах і в зниженнях з жорсткими ґрунтовими водами розвиваються темnobарвні перегнійно-глеюваті ґрунти.

У районах кінцевих морен і лесових островів, де після знищення лісу відбуваються процеси ерозії, трапляються змиті і намиті (в зниженнях) ґрунти.

У зв'язку з швидкою зміною наносів у вертикальному напрямі бувають випадки, коли ґрунтовий профіль захоплює два чи навіть три шари (наприклад, лес—морена — пісок).

Кращі ґрунти краю — на карбонатних породах (зокрема, на елювії вапняків, на лесах і карбонатній морені).

Дерново-підзолисті ґрунти вимагають, як звичайно, внесення вапна, органічних і мінеральних добрив. На пісках до цього приєднуються і зелені добрива\*\*.

Зважаючи на велике поширення болотних ґрунтів, використання їх набуває дуже важливого значення\*. Спеціальний інститут, що працює над перетворенням боліт у родючі ґрунти, в Білоруській РСР зробив для цього дуже багато.

#### ПОЛІССЯ БРСР І ПРИЛЕГЛІ ТЕРИТОРІЇ РРФСР

На південь від Озерно-моренного краю розкинулося Полісся — велике слабо дренаване зниження, з сильним заболочуванням, з слабо оформленою річковою мережею, вкрите, головним чином, піщаними осадами.

Сюди входить південна частина Білорусії (Белостокська, Барановіцька, Пінська, Поліська, Гомельська, частково Мінська і Могильовська області), північно-західна Україна (частини

\* Псевдофібри (за Висоцьким) — переривчасті прошарки залізного піску, щільніші і менш водопроникні, ніж уся остання його маса.

\*\* Див. стор. 347.

Волинської, Ровенської і Житомирської областей), частина Брянської, Орловської і Західної областей РРФСР.

Рельєф у цілому плоско-знижений; висота в центрі 100—170 м, на краях 200—220 м з великою Приполіською терасою на півночі УРСР. Це — релікт стародавнього озера, колись підпертого Українським кристалічним масивом.

На Поліссі величезна кількість (понад 300) озер. Ріки покручені з повільною течією. Звідси — заболоченість долин, слабо диференційованих. Багато джерельних озер. Загалом переважають вторинні піщані тераси з сильним розвитком дюн (кучугури). Треті тераси збереглися лише місцями (лесові острови).

Корінні породи виходять на поверхню на північному сході (крейдаї поблизу Брянська — Жиздри) і на півдні біля Овруча (палеозойський пісковик).

Материнськими породами є, головним чином, піски і (на периферії) супіски, а також невеликі, уцілілі від розмиву, острови лесу.

Полісся в переважній своїй частині являє собою сполучення величезних (іноді до 1800 кв. км) боліт (відомі Пінські болота) і лісів, головним чином, соснових, часто з домішками дуба і інших листяних порід — субори на супісках і діброви — на суглинкових ґрунтах; у північній частині Полісся — ялинові ліси.

Білоруська РСР за характером ґрунтів ділиться на три головні райони:

1. Північно-східний (Полоцько-Вітебсько-Оршанський), де переважають дерново-сильнопідзолисті суглинки, з двома підрайонами: а) кішчево-моренний (озерний), Вітебсько-Полоцький, з менш вилугованими ґрунтами і б) рівнинний Оршансько-Могильовсько-Клімовіцький на лесовидних відкладах більшої вилугованості. Це — льняно-молочний район.

2. Центральний район (Мінсько-Борисовсько-Гомельський), де панують легкі середньопідзолисті ґрунти, з підрайонами: а) Мінсько-Слуцьким з перевагою сильнопідзолистих полових суглинків на лесовидних породах, б) Борисовський з перевагою легких ґрунтів, в) Гомельський, де розвинені, головним чином, дерново-середньопідзолисті легкі ґрунти. Це — картопляно-тваринницький район.

3. Поліський (Бобруйсько-Мозирський) — комплекс заболочених пісків з лабіринтом трав'яних боліт, що розпадається на Передполісся, де переважають заболочені піски, і Полісся, де панують низинні торф'яні болота (конопляно-тваринницький район).

Загалом у Білорусії переважають піски (до 40%), але є і лесовидні суглинки (до 25%) і суглино-супіски (до 10%, за Афанасьєвим). Близько 6% площі належить комплексам кінцевих морен. Увесь останній простір (до 19%) — торф'яні болота.

Для ґрунтів Білорусії характерна поява рухомих форм закисного заліза (в розчині й увібраного); часті жовтопідзолисті ґрунти.

Панують дерново-підзолисті і болотні ґрунти різних градацій (дерново-підзолисті і підзолисті, підзолисто-болотні, лучно-болотні; крім того, сірі лісові і місцями перегнійно-карбонатні).

У різних частинах БРСР окультуреність ґрунтів різна. Агрономічна характеристика ґрунтів загалом аналогічна тій, яку ми дали для попереднього краю. Осушування, регулювання режиму ґрунтових вод на болотах, правильне удобрення (на болотних ґрунтах застосування мідних сполук і, можливо, йодистих, поєднання гною, торф'яного, мінеральних і зелених добрив) з вапнуванням та мергелюванням і на пісках дають змогу одержувати високі урожаї хлібів (до 16—24 ц/га)\*. Стійкість фізичних властивостей пісків у зв'язку з м'яким кліматом відкриває перспективи для перетворення колись убогого Полісся на квітучий край.

Слід відзначити, що через піщаний покрив, який підстиляє слабо проникна морена, поверхневі й ґрунтові води відзначаються слабкою мінералізованістю, м'якістю. Характер ґрунтів і вод відповідним чином відбивається на складі дикої і культурної рослинності і на здоров'ї людей та тварин. З цим зв'язане у минулому поширення таких захворювань, як воло і «ковтун», які не траплялися за межами Полісся.

#### ПІВНІЧНО-СХІДНИЙ КРАЙ

Північно-східний край (Двінсько-Печорський), що охоплює Архангельську область і автономну область Комі, розташований за областю останнього зледеніння. Внаслідок денудації (розмиву) сліди попередніх зледенінь збереглися лише частково.

Рельєф більш-менш згладжений, майже рівнинний. Лише посередині проходить з північного заходу на південний схід стародавній, сильно зруйнований вивітрюванням і розмивом, Тіманський кряж, що тепер являє собою чергування горбкуватих пасом до 325 м висотою (Добринін). На північному сході краю лежить величезна низовинна рівнина басейну Північної Двіни, Мезені і Печори з широким поясом морен Новоземельського льодовика («Земляний хребет») і висотами іноді меншими + 25 м; на півдні — в широтному напрямі тягнуться Північні ували (200—223 м).

Корінні породи — пермські глини, мергелі і пісковики з карбонатом кальцію і гіпсом. Морена — здебільшого карбонатна. Часто трапляються безвалунні «лесовидні» суглинки з жилками і журавчиками  $\text{CaCO}_3$ . З гіпсоносністю корінних порід зв'язані карстові провали, особливо часті вздовж рік Онеги, Пінеги, Іжми (притоки Печори).

У краї переважають підзоли і сильно підзолисті ґрунти. Крайня північ зайнята тундрою (Канінська, Малоземельська і Великозе-

\* Див. також стор. 347.

мельська тундри). Це — райони оленярства. Далі на південь — величезні простори, де панують торф'яно-підзолисті і глейо-підзолисті ґрунти і лише вздовж рік — вузькі смуги піщаних і супіщаних підзолистих ґрунтів. Це болотно-підзолиста зона.

З підвищенням місцевості на південь і поліпшенням дренажності на перше місце виходять дерново-підзолисті ґрунти, а мохові торфовища поступаються своїм місцем трав'яним.

Найродючіші перегнійно-карбонатні ґрунти на вапняках і червоних пермських мергелях (червоні ґрунти), потім дернові слабопідзолисті ґрунти (Каргопольський, Харовський райони на заході; Примезення).

Заболоченість краю велика. Кращі, більш обжиті угіддя розташовуються поблизу рік, де забезпечений природний дренаж.

Для Мезенського району відзначають розвиток дернових ґрунтів з порівняно доброю структурою на ділянках з карбонатними породами. Як і скрізь на півночі, це — кращі ґрунти (Панагайбо). Величезні луки по Північній Двіні і Печорі — цінні кормові угіддя для розвиненого тут високопродуктивного тваринництва (холмогорська худоба). Площа орної землі невелика і зростає вона разом з розвитком добувної промисловості (тіманська нафта, вугілля Воркути тощо), сприяючи зростанню приполярного сільського господарства, яке постачає продукти новим центрам.

#### ВОЛЗЬКО-КАМСЬКА ЛІСОВА ОБЛАСТЬ

До північно-східної області підзолистої зони, яка належить до басейну Баренцового моря, з півдня прилягає Казансько-Кіровсько-Іжевська (В о л з ь к о - К а м с ь к а)\* лісова, що охоплює Марійську АРСР, північ Чуваської АРСР, частини Кіровської і Горьковської областей. Від попередньої вона відділяється довгим горбкуватим пасмом Північних увалів.

Тут рельєф увалисто-горбкуватий, пересічений річковими долинами і яровою мережею. На заході, між Кіровим і Казанню, з півночі на південь простяглися Вятські ували. На сході — великі підвищення — Вятсько-Пермські ували.

Корінні породи — здебільшого пермської системи (рябі мергелі, червонобурі мергелісті глини, пісковики, вапняки, доломіти); островами — юрські (чорні глини, мергелі, галечники, піски).

Ґрунти сформувалися як на елювії корінних порід, так і на наносах — на моренних суглинках (на заході від Кірова), на покривних суглинках лесовидного характеру, на флювіогляціальних різного механічного складу (піски, супіски, суглинки), на елювіальних і стародавньоалювіальних відкладах, на делювії.

\* За Ліверовським, Ґрунти СРСР, II.

Відмінна особливість ґрунтоутворення — карбонатність материнських порід і звичайна двочленність їх (лесовидний суглинок, який підстилають валунні суглинки або глинисті піски). Іноді горизонти закипання залягають вище 1,2 м (Карпінський).

Завдяки карбонатності підзолистий процес послаблений. Сильно-підзолисті ґрунти приурочені до плоских вододілів. У нижніх частинах схилів, де позначається вплив твердих ґрунтових вод, трапляються темnobарвні дерново-лучні ґрунти. На карбонатних породах — плямами темnobарвні перегнійно-карбонатні ґрунти з укороченим профілем і неглибоким (30—50 см) закипанням. Величезні плоскі низини складені, головним чином, флювіогляціальними пісками. Найбільша з них — Ветлузька. Супіски і піски знижень здебільшого заболочені, на сухих місцях піски розвіюються; вони мало освоєні, вкриті сосновими борами. При близькому підстиланні пісків вапняками і гіпсами трапляються карстові воронки (Уржум — Казань і ін.).

У південній частині області починається лісостеп з дерновими темnobарвними ґрунтами на карбонатних породах, аналогами лісових ґрунтів центрального лісостепу. Верхній гумусовий горизонт їх має червонобурий, бурий і коричневий колір через змитість і інтенсивно червоний колір материнських порід (пермських).

Ґрунтовий покрив строкатий за механічним складом, ступенем опідзоленості, насиченості, гумусності, змитості.

Плоскі безстічні простори вкриті глейо-підзолами і торфо-глейо-підзолистими ґрунтами. Місцями — лучні перегнійно-глейові ґрунти, а де-не-де в південній частині — і лучні чорноземоподібні ґрунти западин і річкових долин.

Дуже поширені болота; в північній частині переважають сфагнові торфовища, у південній — трав'яні болота.

Під впливом людини і в дерново-підзолистій частині краю сильна обезлісеність (до 90%). Освоєні, головним чином, простори з дерновими ґрунтами на карбонатних породах. У річкових долинах і сирих лощинах — пасовища і сінокоси.

Разом з Передураллям (Молотовська область), це — район найстародавнішого землеробства, що розвивалося на більш темnobарвних з підвищеною насиченістю ґрунтах. Найбільша освоєність земель у південно-східній позальодовиковій частині з темnobарвними ґрунтами.

#### СЕРЕДНЄ ПРИУРАЛЛЯ

Середнє Приуралля (східна частина Кіровської, західна частина Свердловської областей, Молотовська область) — неоднорідне за своїм ґрунтовим покривом. Можна виділити такі райони (Маландін):

А. У північно-західній частині і вздовж р. Чусової — підзолисто-болотна ґрунтова провінція, де з-під льодовикових відкладів лише зрідка виходять пермські і кам'яновугільні породи. Переважають торф'яно-болотні ґрунти (переважно верхові) і дерново-підзолисто-глейові; в умовах увалистого рельєфу — дерново-підзолисті і підзоли. Землеробством ґрунти провінції мало освоєні.

Б. Південна частина області — дерново-підзолиста з плоскохвилястим рельєфом і досить розвиненою ерозією, добре дренована. Материнські породи — головню елювій пермських, іноді карбонатних порід. Переважають пилувато-глинисті середньо- і сильнопідзолисті ґрунти. Місцями — перегнійно-карбонатні. На алювіальних відкладах піщані ґрунти. У долинах рік — дерноволучні ґрунти і низинні торф'яно-болотні.

В. Особливо цікавий Кунгурсько-Красноуфімський лісостеповий район, що глибоко (на 200—300 км) вклинюється в підзолисту лісову зону.

Це — добре дренована місцевість з увалистим рельєфом і плоскохвилястими вододілами. А що корінні породи тут багаті на вапно (вапняки, гіпси, ангідрити, доломіти — пермські, псчасти кам'яновугільні), то великого розвитку набули карстові комплекси (воронки, лощини), які іноді займають десятки тисяч гектарів. У зв'язку з цим ґрунтові води залягають глибоко (до 90 м).

Материнськими для ґрунтів породами тут є елювій карбонатних порід, головним чином, пермських і почасти кам'яновугільних, а також слабокарбонатних пісковиків і глин і так звані «красики» — бурі покривні суглинки і супіски, нанесені з вищих частин місцевості.

Ґрунти цього району — чорноземи, опідзолені чорноземи, сірі-лісові суглинки, дерново-підзолисті ґрунти і перегнійно-карбонатні (Маландін, Прасолов, Роде).

Ґрунти гірничопромислового Уралу, що утворилися на елювій корінних порід, представлені, головним чином, підзолистими щербчастими — хрящуватими ґрунтами, з різкою ненасиченістю основами. Ґрунти неглибокі.

На делювіально-алювіальних відкладах схилів і терас — пилуватосуглинкові дерново-підзолисті ґрунти.

Місцями, особливо в північній частині, переважають болотні ґрунти і нерозвинені кам'яністі.

У південній частині Середнього Уралу поряд із сірими (підзолистими) поширені темносірі ґрунти, а також опідзолені чорноземи.

#### СЕРЕДНЬОРОСІЙСЬКА ПІДЗОЛИСТА ОБЛАСТЬ

На південь від північно-східної області і на схід від моренно озерної між Вятськими увалами на сході, Валдайською височиною на заході, обмежена з півночі відрогами Північних увалів лежить

величезна Середньоросійська підзолиста область, що охоплює області Смоленську, Московську, східну половину Калінінської, південь Вологодської, Ярославську, північну половину Горьковського краю, північ Рязанської\*, Івановську, Владимирську, західну частину Татарської АРСР. З геоморфологічного погляду — це центральноморенна область (за Добриніним).

Залягаючи поза межами останнього вюрмського зледеніння, вона не має таких різких слідів льодовика, як північно-західна озерно-моренна область; тривалий вплив розмиву згладив характерні для моренного ландшафту риси.

Рельєф — плоскі і слабохвилясті рівнини, на північному заході і півночі злегка підняті. Тому на більшій частині цієї території надзвичайно позначається вплив заболочування.

Корінні породи різноманітні, починаючи від девонських. Серед них часто зустрічаються карбонатні і гіпсоносні породи.

У ряді випадків спостерігається карбонатність (не глибше 1—1,2 м, за Н. Карпінським), наприклад, район «Владимирського Ополля», Сичевський район, Смоленської області.

Карстові провали спостерігаються в Горьковському краї, Владимирській, Ярославській (наприклад, відоме з опери Римського-Корсакова озеро Кітеж), а почасти і в Московській областях.

Ґрунотворними породами тут є моренні відклади, в переважній більшості вкриті флювіогляціальними і стародавньоалювіальними відкладами. Значно розвинені так звані покривні безвалунні і слабовалунні суглинки, які займають підвищені ділянки. Часто трапляються лесовидні суглинки, особливо в західній частині території, потім на правобережжі р. Клязьми і у «Владимирському Ополлі».

Вздовж широких річкових долин велику роль відіграють піщані відклади (флювіогляціальні і стародавньоалювіальні) «Полісь» (наприклад, Мещора на схід від Москви, по Цні, Ветлузі). Близьке залягання під пісками глин тут обумовлює сильне заболочування ґрунтів, з утворенням величезних торф'яних масивів, що їх використовує промисловість.

Ґрунти центральної області в основному дерново-підзолисті з різною мірою опідзолення, підзолисто-болотні і болотні, що варіюють залежно від механічного й хімічного складу порід, рельєфу і зв'язаних з ним умов збігу води і характеру рослинності. Господарська діяльність людини в минулому впливала як на зміну рослинності (вирубна і вогнева система землеробства), так тепер і на виснаження ґрунтів, з одного боку, і на окультурювання, з другого.

\* Південна частина цих двох областей належить до Лісостепу.

Якість ґрунтів залежить від насиченості кальцієм і дренажу. Найкращі ґрунти на покривних лесовидних покладах. Особливу цінність являють величезні заливні луки на Волзі, Оці, Клязьмі і інших ріках.

Своєрідний лісостеповий острів являє уже згадуване вище Ополля Владимирської області з «владимирськими чорноземами», що викликали в свій час великі суперечки. Це — північний аналог ґрунтів лучного степу на лесовидних суглинках і карбонатній морені, що виникла в умовах підвищеної, добре дренажованої місцевості.

Нагадуючи київський лісостеп, «Ополля» не випадково стало одним із найстародавніших центрів землеробства з великою густрою населення.

Велике значення для підвищення родючості ґрунтів області має комплексна агротехніка, дренаж, вапнування, збагачення перегноєм, збереження структури ґрунту, мінеральні добрива, збільшення глибини культурного шару в умовах правильних сівозмішів з посівом трав.

Це — область, що швидко перетворюється із споживаючої в продукуючу продукти харчування. Довкола Москви і промислових центрів ведеться високоінтенсивна культура городини.

#### УКРАЇНСЬКА РСР

У межах Української РСР розрізняють чотири основні фізико-географічні, а разом з тим і ґрунтові області — Полісся, Лісостеп і Степ — на рівнині і, крім того, розташована на південному заході гірська Карпатська країна.

До складу УРСР входить лише південна частина описаного вище Полісся — області лісів і боліт: р. Дніпро ділить його на правобережну й лівобережну частини.

#### Полісся Української РСР

Правобережне Українське Полісся являє собою окраїну великого плоского зниження, нині зайнятого басейном р. Прип'яті з її притоками.

По суті, основна частина його — це сукупність других піщаних герас рік системи Прип'яті й Дніпра (С. Соболев). Перша, лучна тераса мало розвинена; друга ненабагато підвищується над нею (Біленко). Для Полісся характерний піщаний (на периферії — супіщаний) покрив флювіогляціальних і стародавньоалювіальних відкладів. Від третьої тераси залишилося небагато підвищених ділянок, вкритих лесоподібними відкладами.

Характер поверхні — різні низини з невеликими западинами й невисокими піщаними кучугурами (дюнами). Трапляються ділянки

з кінцевими моренами; між пасмами їх багато глибоких западин, де лежать болота, а місцями й озера.

Корінні породи крейдяного віку. Тільки поблизу м. Овруча височина (200 — 300 м) складена палеозойськими пісковиками. У південно-східній частині виходи гранітів, лабродоритів, гнейсів і інших масивнокристалічних і метаморфічних порід українського кристалічного масиву.

Ґрунтоутвірні породи — піски, супіски, рідко — суглинки. Біля м. Овруча міститься великий лесовий острів.

Панівна рослинність — лісова.

На пісках ростуть соснові бори, ґрунти яких майже позбавлені ознак опідзолювання.

На супісках, особливо при підстиланні глинами й суглинками, — сосново-дубові субори, де переважає дуб з домішкою грабу.

Ґрунти дерново-підзолисті (переважають середньопідзолисті; на підвищених ділянках і на пісках — слабопідзолисті. У зниженнях і на суглинкових відкладах зрідка трапляються сильнопідзолисті). На овруцькому лесовому острові поширені світлосірі ґрунти лісостепового характеру.

Недостатній дренаж території обумовлює велику заболоченість. Дуже поширені (до 20% площі) глеювато-підзолисті, болотні ґрунти і торфовища. Найбільше низинних боліт (осоково-гіпнових); верхові, сфагнові поширені тільки поблизу північно-західного кордону УРСР.

Лівобережне Полісся — між рр. Десною і Дніпром з Сожем — має різноманітніший характер, ніж правобережне. Тут переважають ґрунти — піщані й супіщані дерново-слабо- і середньопідзолисті; серед них підвищені лесові острови з лісостеповими сірими ґрунтами. У південній частині на плоских, погано дернованих лесових ділянках, порізаних западинами, з близьким рівнем ґрунтових вод, що містять соду — осолоділі чорноземи й солоді, а інколи навіть содові озерця.

У долинах великих рік — лучні ґрунти; у заплавах малих річок — трав'яні, очеретяні й вільхові торфовища.

М'який клімат — особливо правобережного Полісся — сприятливий для зростання рослин. Велику перевагу мають і фізичні властивості піщаних ґрунтів — на них немає корки, їх легко обробляти, вегетація на них починається рано. Проте їх бідність, нездатність затримувати воду і загальна заболоченість потребують опрацювання системи заходів для їх окультурювання — насамперед у відповідних випадках — дренаж, потім удобрення, причому найкращі наслідки дає сполучення гною, мінеральних добрив і сидерації з глибокою оранкою. Для посилення гуміфікації органічних добрив і закріплення органічної речовини, а також щоб позбавитися ненасиченості — мергелювання. Застосування цього комплексу заходів дало передовим колгоспам України й Білорусії

можливість одержати високі (20—26 ц/га) урожаї озимої пшениці на легких ґрунтах, там, де за старої системи на цих «житніх» ґрунтах і жито давало тільки 6—8 ц/га. Уміло сполучуючи досягнення агрономічного ґрунтознавства з розумінням природних і економічних умов свого району й колгоспу, керівники передових колгоспів Полісся одержують на бідних піщаних і супіщаних ґрунтах урожаї вищі й сталіші, ніж дають чорноземи. Болота не тільки дають торфове паливо й матеріал для підстилки, але після меліорації перетворюються на прекрасні луки й ідуть під посів технічних культур. Для мергелювання використовують як лучні мергелі, так і лесовидні суглинки й крейдиані породи.

Полісся охоплює в УРСР більшу частину областей Волинської, Ровенської, Житомирської, Київської і частково Чернігівської та Сумської.

### Лісостеп

Лісостеп України займає середню частину УРСР; він починається від західних кордонів СРСР і доходить до східного кордону УРСР. Як видно з назви (лісостеп, напівстеп, передстеп), ця підзона чорноземної зони за своєю рослинністю й ґрунтами має характер ніби перехідний від лісової зони до степової.

Це — підзона лучних степів, яка у післяльодовиковий час частково зазнала наступу лісу, де ще й тепер уцілілі лісові масиви чергуються з степовими просторами; лісові, опідзолені ґрунти — з степовими чорноземами.

Долина Дніпра і тут є межею, що відділяє правобережний лісостеп від лівобережного.

Правобережний Лісостеп відповідає Наддніпрянській і Волино-Подільській височинам; лівобережний Донецько-Сульський степ лежить на західних відрогах Середньоросійської височини.

Між ними на Лівобережжі Дніпра вклинюються на Наддніпрянській (Північноукраїнській) низині, на давніх терасах Дніпра безлісні степи більш ксерофітного характеру з яскраво виявленою участю у ґрунтовому покриві солонцюватих і осолоділих легкосуглинкових чорноземів, солонців і солончаків.

Тут — вторгнення степу у лісостепову підзону обумовлено як посушливішим кліматом цього зниженого макрокліматичного району (Висоцький), так і геохімічними особливостями його, зв'язаними з різкими проявами засолення материнських порід і ґрунтових вод. Це — результат впливу на ґрунтовий покрив підземних соляних відкладів у глибинах північно-східного крила Дніпровської мульди (соляні куполи Ромен, Лубен тощо).

Правобережний Лісостеп доходить до 300—400 м висоти, маючи дуже розчленований рельєф. Долини рік врізаються на глибину

до 120, а в Подністров'ї — і до 220 м. У долинах рік і навіть балках — 4—6 терас; вони свідчать про підняття, якого зазнало Подністров'я. Північна окраїна області, що являє своєрідну терасу Полісся, знижена, з неглибокою балочною мережею. До неї з північного сходу прилучається лівобережжя р. Росі з рівнинним рельєфом і слабою дренуваністю.

Правобережний Лісостеп характеризується м'яким кліматом; тут частіше, ніж будь-де в Європейській частині СРСР, проходять зливи. Саме це, при розчленованому неспокійному рельєфі, має особливе значення, сприяючи посиленому розвитку ерозії.

Корінні породи, крім кристалічної смуги, — третинні, а в Подністров'ї виходять на поверхню не тільки вони, а й крейдиані; на схилах до Дністра — силурійські з фосфоритами.

Залягаючи суцільним покривом, ліси є звичайною материнською породою. Механічний склад їх міняється з півночі на південь від легких суглинків на межі з Поліссям до важких (більше 33% глини) на півдні Лісостепу. В межі дніпровського льодовикового язика входить лише північно-східна частина правобережного Лісостепу, але морена прикривається лесом. Спостерігаються рідкі випадки, коли ґрунти утворюються на виходах третинних (сарматських) вапняків — на Товтрах (пасмо рифів, що проходить від м. Броди на півд. схід до м. Кам'янець-Подільського). Подекуди на виходах балтських (верхньотретинних) глин формуються ґрунти солонцюватого характеру — мочари (Пабоких, Конаков).

Рослинність Лісостепу розподіляється нерівномірно: в правобережній частині її раніше переважала лісова (особливо в західній, найбільше підвищеній частині); у лівобережній — степова (лучні степи з масивами лісів на правобережжі рік). На заході Лісостепу — букові ліси з домішкою грабу та дубу, які доходять до р. Збруча (Буковина); далі на схід ідуть грабові ліси, на лівобережжі трапляються лише окремими островцями (наприклад, на Ворсклі поблизу Диканьки), які на сході зникають, і, нарешті, дубові ліси (діброви) з домішкою ряду інших деревних і чагарникових порід.

Лісова формація у післяльодовиковий час збереглася в захистках на сході по підвищених і краще дренуваних елементах рельєфу, приурочуючись на Лівобережжі до правих берегів рік; в міру віддалення від цих берегів площі колись облісених масивів швидко зменшуються.

Відображаючи історію розвитку рослинності в післяльодовиковий час, тут панують сірі, світло- і темносірі лісові ґрунти (сірі лісові суглинки по колишній термінології), які займають величезні простори. Вони приурочені до найбільш підвищених ділянок з глибокою і густою балочною мережею. На схилах і рівних місцях — розповсюджені чорноземи глибокі, опідзолені (деградовані) і вилуговані; місцями — карбонатні.



Чорноземи розташовуються на схилах і знижених більш чи менш плоских терасах рік і стародавніх потоків.

Така північна знижена широка приполіська тераса, що тягнеться від західного державного кордону до р. Росі, з неглибокими долинами і ярами, зайнята малогумусними (до 4% гумусу) «надглибокими» (140—170—190 см) переритими чорноземами лучного степу з плитчастою структурою і неглибоким (25—65 см), а іноді й поверхневим закипанням.

На широких просторах лівобережжя р. Росі при високому стоянні ґрунтових вод леси оглеєні і засолені. Тут переважають чорноземи, іноді осолоділі, серед яких розкидані великі масиви оглеєних, багатих на карбонати (а часом і на соду), лучних чорноземних ґрунтів.

Від піщаного Полісся чорноземи відділяються вузькою смугою сірих лісових ґрунтів і опідзолених чорноземів. Очевидно, тут позначається як історія зміни рослинних формацій, так і сприятливі для лісу умови рельєфу, гідрології і гідрогеології, а також хімізму порід і ґрунтових вод.

Розвиток ерозії на вузьких вододілах правобережних височин потребує великої роботи в боротьбі з нею; у зв'язку з цим тут мають бути введені сівозміни відповідно до різних елементів рельєфу.

У найбільш підвищених частинах Лісостепу збереглися найстародавніші лісові масиви — «захистки», з яких потім ліси поширювалися на сусідні території. Тому поширеність опідзолених ґрунтів і сама опідзоленість зменшується з заходу на схід, відбиваючи, таким чином, історію завоювання території лісом.

Сільськогосподарські властивості ґрунтів у значній мірі зв'язані з характером ґрунтотворення. Родючість ґрунтів Лісостепу, розташованого на захід від Дніпра, в значній мірі зв'язана з їх походженням: найбільша вона у нормальних чорноземів; в міру посилення опідзолювання вона зменшується, з разом з тим зростає чутливість на добрива — азотні і навіть калійні (досліди Флорова, зведення Ремезова).

Лісостеп заходить і в Західну Україну (Тернопільська, Львівська і частина Волинської та Ровенської областей), поступаючись місцем на заході (Дрогобицька і Станіславська області) широколистяно-ялиновим лісам з дерново-підзолистими ґрунтами.

Західний Лісостеп відзначається найбільш м'яким кліматом і ще різноманітнішими умовами рельєфу і висот, ніж райони, що лежать на схід.

Насамперед дуже нарастають висоти Волино-Подільської височини, яка простягається з північного заходу на південний схід на межиріччі Дністра і Південного Бугу (понад 300 м, а місцями і до 475 м — дуже порізані Гологори, Кременецькі гори і Росточчя, що простягнулося на північний захід, на окраїнах якого розташувалися міста Львів і Рава Руська). На північ від неї — продовжен-

ня приполіської рівнини. На південний схід від течії Дністра — передгір'я Карпат, що являють собою невисокі складки, утворені третинними соленосними глинами й пісками.

За ними височить Карпатська гірська країна, представлена рядом гірських хребтів, складених крейдяними і нижньотретинними породами (пісковики, сланці, мергелі і де-не-де вапняки; найбільші висоти 2058 м — гора Говерла і Піп-Іван — 2026 м; глибина долин — до 500 м і більше). Східні Карпати пережили два зледеніння.

Межі великого риського або дніпровського зледеніння підходили майже до передгір'я Карпат, ідучи на південь від Ковеля на Львів, Ярослав і Тарнов. Ґрунтотвірними породами в лісостеповій частині чорноземної зони в переважній більшості є леси, що прикривають як корінні породи, так і льодовикові відклади. Крім того, в Лісостеп вклинюється масив флювіогляціальних пісків і супісків, що йде від Шенетівки на захід до Брод, і пагорки кінцевих морен\*. До нього приурочені легкі підзолисті ґрунти. З Кременецьким кряжем і Росточчям зв'язані щебенюваті ґрунти. У Прикарпатті — сильнопідзолисті середньосуглинкові ґрунти.

За рослинністю західні області УРСР належать в основному до зони листяних лісів, які в передгір'ях переходять у мішані; зі сходу вклинюється Лісостеп з глибокими і опідзоленими чорноземами, і сірими лісовими ґрунтами (Тернопільська, почасти Львівська області і південь Волинської й Ровенської областей). У зв'язку з характером ґрунтотвірних порід і відхиленням на північ межі лесів Лісостеп на заході глибше заходить в область Полісся.

Вздовж рік розвинуті дерново-підзолисті ґрунти на алювіальних пісках. Гній і мінеральні добрива дають великий ефект взагалі на всіх ґрунтах цього стародавнього землеробського краю (Кіая).

У Карпатській гірській країні зміну рослинності і зв'язаних з нею ґрунтів можна уявити собі так (за А. П. Ільїнським):

до 600 м — передгірський пояс мішаних лісів з грабом;

600 — 900 м — нижній пояс буково-смерекових лісів;

900 — 1500 м — ялинові ліси (у нижній частині з буком і смерекою; ялина віком до 400—500 років);

1500—1700 м — субальпійський пояс; дерева «стланцевого» типу.

понад 1700 м — альпійська зона — гірські луки, «полонини», безлісся яких, як і Кримської Яйли, в основному антропогенного походження.

У горах ґрунти утворювалися на елювії корінних порід і тому відзначаються кам'янистістю і незначною глибиною. В основному це бурі лісові ґрунти, які переходять в альпійській зоні в гірсько-лучні ґрунти полонин. На численних виходах крейдяних мергелів — перегнійно-карбонатні ґрунти.

\* Кінцева морена є місцем добування каменів (валунів) для будівництва (Тутковський).

На рівнині досить інтенсивне сільське господарство. Гірські райони з їх пасовиськами й лісами є областю тваринництва і лісового промислу.

Хижацька експлуатація лісів у минулому призвела до сильного розвитку процесів ерозії, які вимагають рішучих заходів, щоб виправити завдану ґрунтам шкоду. Дуже розвинені змиті ґрунти. Літні дощі, що випадають у горах, позбавлених лісового покриву викликають катастрофічні повені, які чинять величезні руїни на рівнині і в горах.

У Закарпатській області УРСР — на південних схилах Карпат — щепенуваті суглинкові бурі лісові ґрунти, які змінюються при переході на рівнину дерновими опідзоленими ґрунтами на суглинковому стародавньому алювії р. Тісси.

На цій величезній, особливо в західній частині, зрошуваній притоками Тісси (Бодрог з Латорицею, Боршава, Ріка, Теремля) лучній терасі значного поширення набули лучні глейові ґрунти; щоб використати ці ґрунти, треба провести відповідну меліорацію.

Завдяки своєму м'якому кліматові захищена з півночі Карпатами Закарпатська область має всі перспективи — внаслідок розвитку землеробства і науково-організованого лісового господарства — стати областю квітучого садівництва і виноградарства.

Лівобережний Лісостеп розкинувся на сильно порізаних ярами та балками відрогах Середньоросійської височини. Глибина річкових долин доходить до 75—100 м. Клімат континентальніший, ніж на Правобережжі. Основна материнська порода — лес.

Панівні ґрунти тут — середньогумусні, глибокі чорноземи. Гумусу — 5—7%. Глибина 100—130 см. Закипання — 50—70 см. Структура добра у важкосуглинкових чорноземів, гірша — у легкосуглинкових (у північній і західній частинах цієї області).

Сірі лісові ґрунти займають лише окремі великі масиви, прив'язані до високого, порізаного балками та ярами, правобережжя рік, де найбільше виявлене опідзолювання, яке спадає в міру віддалення від берега (Харківський, Полтавський, Роменський, Лубенський масиви). На піщаних терасах рік — слабопідзолисті ґрунти під сосновими і мішаними лісами. На лесових терасах — осолоділі і солонцюваті чорноземи, іноді солонці, а на притерасних зниженнях піщаних терас — і солончаки.

У протилежність правобережжю полтавські лісові ґрунти родючіші від звичайного чорнозему півдня Полтавщини (дослідження Полтавської дослідної станції).

Український Лісостеп — батьківщина праруського племені, колиска найстародавнішого землеробства, що починається десь у неоліті\* (тріпольська культура).

\* Період каменю й бронзи: III—II тисячоліття до нашої ери (Т. Пассек).

Тепер це — район найгустішого населення і інтенсивної культури, основна область культури цукрових буряків й озимої пшениці. Після Прибалтійських республік і бавовняних районів Середньої Азії — найбільший споживач мінеральних добрив.

Чорнозем чутливий насамперед до фосфатів. У міру переходу від чорнозему до сірих лісових ґрунтів і збільшення опідзолювання зростає реакція культур на азот. Сірі лісові ґрунти чутливі на вапнування (матеріал для цього — дефекаційна грязь із цукроварень, вапно). Руйнування структури і зменшення гумусу разом з поширенням бур'янів, розвиток ерозії гостро ставлять завдання правильного, зв'язаного з геоморфологією і рельєфом землеустрою і введення сівозмін з посівом трав в досить забезпечених вологою районах.

Своєрідну фізико-географічну область являє низинний лівобережний Придніпровський степ, розташований на стародавніх терасах Дніпра і Десни. Розчленування рельєфу незначне: багато «мертвих» долин, у північній частині зайнятих низинними торфовищами, а в південній — солончаками й солонцями. Клімат більш посушливий, ніж у прилеглому Лісостепу. Корінні породи — третинні, на поверхню не виходять. Поблизу Кременчука — відслонення кристалічних порід.

Ґрунти утворилися на легкосуглинкових лесовидних суглинках оглеєних, а місцями і засолених.

Область не має лісів на володілах; ліси трапляються лише на піщаних терасах і заплавах рік.

Ґрунти тут, головним чином, осолоділі і солонцюваті чорноземи з солодяма та солонцями. Підвищені простори зайняті типовими малогумусними чорноземами.

Збільшення кількості тепла, близькість великої водної артерії з майбутньою потужною гідроелектростанцією, перспективи розвитку рудної, нафтової і харчової промисловості диктують організацію широких комплексних заходів в справі підвищення продуктивності сільського господарства області. Сюди належать, крім агротехнічних заходів, також і регулювання гідрологічного режиму і хімічна меліорація солонців разом з хімізацією сільського господарства і розвитком зрошуваного землеробства. Побудова нової ГЕС обумовлює потребу передбачити систему заходів щодо попередження засолення, зайвого затоплення і підтоплення прилеглих територій.

### Степ

Степи України прилягають з півдня до Лісостепу. Серед них виділяються насамперед центральні чорноземні степи України, що займають на Правобережжі смугу до 100 км завширшки, а на Лівобережжі — до 300 км і більше.

Це — підвищена (понад 130 м) місцевість, значно порізана ярами й балками. По відрогах Донецького кряжа ці степи доходять до Азовського моря. У рельєфі переважають пологі схили до глибоких балок і долин.

Материнська порода — звичайно важкосуглинковий лес, легший на терасах рік. За рослинністю це — барвисті типцево-ковилі степи. Ліси — тільки у балках (байрачні).

Ґрунти — середні (звичайні) чорноземи з 6—8% гумусу, глибиною до 1 м; закипання на глибині 40—50 см. Форма карбонатів — люблініт (карбонатна цвіль) і білозірка.

Ґрунтовий покрив одноманітний, якщо не говорити про неординакову змитість ґрунтів.

Південно-східна частина степової України зайнята Донецьким басейном — стародавньою гірською країною, яка переходить на південному заході в Приазовську височину.

По середині Донбасу проходить Донецький кряж з висотами до 369 м. У західній частині він складений пермськими, тріасовими, юрськими і крейдяними породами; у східній — кам'яновугільними (головним чином, пісковики й глинисті сланці). Приазовська височина являє смугу кристалічних порід. Висоти тут доходять до 327 м. Приазовська низина з висотами 100—170 м, що круто обривається в напрямі до Азовського моря, складена верхньотретинними (неогеновими) породами. У більшій своїй частині вона належить уже до Ростовської області РРФСР.

На північ від Донецького кряжа лежить придонецький район з спокійнішим, але все ж таки значно розчленованим рельєфом; корінні породи крейдяного віку (мергелісті суглинки й крейдяні мергелі), третинні (пісковики й піщано-суглинкові). Тут — у донецькій частині Дніпро-Донецької мульди — помітна, як і на лівобережжі Дніпра, наявність купольних структур, з якими зв'язані виходи солоних вод (Назаренко, Лапкін), і солончаково-солонцеві комплекси ґрунтів.

На кліматі Донбасу позначається вплив чималого підвищення місцевості, яке обумовлює вклинювання більш вологого клімату (прояв вертикальної зональності).

Рослинність — степова з байрачними лісами. На вищих частинах Донбасу ліси збереглися й на вододілах, надаючи, таким чином, місцевості лісостепового характеру.

Материнською породою на платоподібній вершині кряжа є лес, який утворює тут смугу шириною 1—3 км і довжиною 120 км. На схилах він змитий; ґрунти там утворилися на елювії корінних порід, дуже дислокованих. Тому і ґрунти надзвичайно різноманітні. На лесі залягають типові глибокі чорноземи; на вищих точках Донбасу вони вилуговані. Схили вкриті ґрунтами різного механічного складу — щебенюватими чорноземами на продуктах вивітрювання кам'яновугільних порід. На соленосних породах

трапляються солонці; у долинах рік — солончаки; іноді ріки мають солону воду. На елювії кам'яновугільних пісковиків де-не-де трапляються дерново-підзолисті ґрунти — місце зростання реліктових лісів (Лавренко).

Приазовські чорноземи на південь від Донбасу дуже пориті тваринами, закипають поблизу поверхні й характеризуються великою глибиною гумусових горизонтів при малому вмісті органічної речовини.

На південь від горизонталі на висоті 130 м над рівнем моря лежить підзона південних сухих чорноземних степів, які займають вищу частину Причорноморської низини. Яри та балки мало розвинені; основний характер місцевості — широкі безстічні простори з неглибокими плоскими зниженнями — подами.

Трав'яна рослинність ксерофітна (типцево-ковилова). Тільки у північній частині підзони зрідка трапляються байрачні ліски.

Материнська порода — важкосуглинковий лес глибиною інколи понад 20 м, більш легкого механічного складу по річкових терасах. Майже всюди на глибині 2—4 м залягає горизонт гіпсу. Корінні породи — третинні вапняки, відслонені по річкових долинах.

Ґрунти — південний малогумусний (до 6% гумусу) глибиною 40—70 см чорнозем з білозіркою; на схилах він трохи змитий.

На подах \* — світлосірі глейово-підзолувидні ґрунти (глейосолюді), з великими рудяковими конкреціями («картеч», за Висоцьким), дуже вилуговані. У південній частині зрідка трапляються плями солонців і солонцюватих ґрунтів.

Проте слід відзначити помітне погіршення структури ґрунту і в «нормальних» чорноземах Півдня.

Найнижча (близько 30 м над рівнем моря) південна частина лівобережного степу УРСР зайнята так званими «каштановими» ґрунтами різної солонцюватості.

Материнська порода — важкосуглинковий, гіпсоносний, засолений лес. Корінні породи — третинні вапняки, прикриті після-третинними пісками.

Територія являє собою нижню частину північного крила причорноморської мульди, вісь якої проходить через Сиваші. Чим ближче до неї, тим дужче засолені підземні води (залягання глибше 12—20 м); тим більш позначається солонцюватість ґрунтів.

Ґрунтовий покрив характеризується комплексністю з великою участю солонців, солодей і осолоділих оглеєних ґрунтів на подах, яких тут дуже багато (Чапельський под у Асканії — 900 га, Айгманський — 7000 га). Невеликі подики мають на собі мало осолоділі лучно-чорноземні ґрунти.

\* Великі плоскі зниження в степу.

Величезного розвитку набули солонцювато-солончакові комплекси у Присивашші, де спостерігається засолення ґрунтів солоними ґрунтовими водами внаслідок безперервного епейрогенічного опускання цього району.

Трохи іншу картину являє ґрунтовий покрив крайнього південного заходу УРСР — кол. Ізмаїльської області, велика частина якої зайнята південними чорноземами. На півночі проходить вузька смуга звичайних і типових чорноземів. На півдні залягають темно-каштанові карбонатні ґрунти; вздовж гирла Дунаю — сполучення лучно-болотних ґрунтів і торфовищ з лучними солонцюватими ґрунтами.

Будівництво зрошувальних систем перетворить південні степи УРСР у потужний центр виробництва не тільки пшениці, але й бавовни та інших теплолюбних культур і забезпечить базу для високопродуктивного тваринництва. Мало того, спорудження Каховської і ряду менших гідроелектростанцій цілком змінить і всю техніку сільського господарства цих країв, забезпечивши перевід її на електроенергію.

Зрозуміло, як і в інших частинах Союзу РСР, і тут успіх зрошувального господарства залежить від правильного підходу до надзвичайно складного ґрунтового покриву з його мікрорельєфом, строкатістю ґрунтів, поширенням засолених ґрунтів і солоних вод. Створення структури ґрунтів, глибокий дренаж, гіпсування, боротьба з фільтрацією у каналах і водоймах є тут першочерговими заходами.

Земельні угіддя УРСР освоєні на 68% (на 1937 р.). Придатні землі становлять 42 млн. га — 94%; непридатні — 6%; з них солонців, солончаків, солодей, боліт і торфовищ, які можна окультурити й перетворити на цінні угіддя — 2351 тис. га, розбитих пісків — 271 тис. га \* (Соболев).

Порівняння окремих природних районів УРСР за урожайністю показує, що для головних культур максимум є в лісостепу; на північ і південь від нього середні урожаї падають (Н. А. Ремезов). Причина цього — як природні умови (клімат і ґрунт), так і соціально-економічні (старіша сільськогосподарська культура, найбільша густота населення і найбільша інтенсивність сільського господарства).

### Кримська область

Аналогічний каштановим степам УРСР характер мають ґрунти північного Криму.

В результаті наростання солонцюватості й комплексності в міру наближення до осі Південноукраїнської мульди і до Сиваша ґрун-

\* Найбільші масиви пісків на Поліссі і низинях Дніпра (Алешківські піски поблизу Цюрупінська (кол. Алешки)); менші — на Дінці.

товий покрив крайніх південних степів УРСР і півночі Криму набуває чимраз строкатішого характеру, що утруднює землеробські операції. Мінлива опірність ґрунту дає ріллю неоднакової якості. Звідси — нерівність як сходів, так і вистигання хлібів і строкатість урожаю.

Багато сонячного світла, тривале літо роблять цей район дуже сприятливим для теплолюбних культур (бавовник, арахіс тощо), а зазначені несприятливі властивості ґрунтів потребують масової меліорації їх — гіпсування й вапнування солонців і подових ґрунтів.

Материнські породи степового Криму — переважно леси й лесовидні суглинки, а на Керченському півострові й соленосні майкопські глини, на вододілах прикриті жовтобурими суглинками. У західній частині Криму ґрунтоутворення проходить на елювії вапняків; на схилах — на дуже щебенюватих глинах.

У Криму північ і північний схід півострова займають полинові типчакowo-ковиліві степи. Ґрунти — каштанові з солонцями й солончакami. Останні особливо розвинені поблизу Сиваша. В міру підвищення місцевості засоленість і солонцюватість каштанових комплексів зменшується, надто на південь — в напрямі до гір.

Більш підвищена частина Криму аж до гір вкрита малогумусними несолонцюватими південними чорноземами й темнокаштановими ґрунтами з близьким (до 1,5 м) гіпсоносним горизонтом. У західній частині ґрунти щебенюваті, особливо на схилах.

У передгір'ях (200—500 м) південні чорноземи переходять у лучні степи з карбонатним чорноземом північнішого характеру.

Східна степова знижена частина Кримської області УРСР зайнята комплексами каштанових ґрунтів з солончакami у зниженнях і солонцями, які місцями переважають.

Підвищений з дуже порізаним рельєфом Керченський півострів на вищих місцях вкритий південним чорноземом на лесовидних суглинках, який переходить з наближенням до поверхні соленосних глин у каштанові, часто щебенюваті ґрунти. Тут багато солонців і солончаків. На ґрунтах позначається і вплив грязьових сопок, які є не тільки джерелами звичайного засолення, але й дають сполуки бору.

Гірський Крим — область проявів вертикальної зональності, де чорноземи передгір'я змінюються ґрунтами, аналогічними лісовим буроземам Західної Європи, і на Яйлі — гірськолучними ґрунтами — прекрасними літніми пасовиськами. Вирубання лісів разом з випасом худоби в горах призвели до розвитку ерозії і великої кількості змитих ґрунтів.

Культурні ґрунти південного берега Криму репрезентовані, головним чином, нерозвиненими ґрунтами на елювії й делювії корінних порід (вапняків, сланців, пісковиків), добре насичених кальцієм.

Червонобарвні ґрунти на елювії вапняків багатші гумусом, з доброю структурою, найбільш родючі, придатні для більшості культур, зокрема для винограду.

Бідніші на кальцій, але багаті на калій ґрунти на сланцях особливо придатні для вирощування цінних сортів тютюну (Михайловська).

Рівнини Криму — до останнього часу — область скотарства й зернового господарства, а останніми роками й бавовництва. У зрошуваних долинах розвинено садівництво, виноградарство й городництво.

Південний берег Криму з м'яким середземноморським кліматом — район виноградарства і деяких субтропічних культур.

Випасання худоби і вирубування лісів на схилах і на Яйлі були причиною не тільки великого розвитку змитих ґрунтів, але й призвели до порушення водного режиму гірських районів. При розтаванні снігу і під час літніх дощів бурхливі потоки зносять незахищений ґрунт униз, у море, обумовлюючи в літній період повне висихання водних джерел і пересихання річок. Крім того, надмір просочуваної води посилює утворення карсту (Вульф) і зсувів — цієї хронічної погрози південному берегові Криму.

Тому заліснення гір і відповідних частин Яйли і регулювання випасу в горах є тут одним з основних заходів.

#### МОЛДАВСЬКА РСР

Молдавська РСР в основному розташована на межиріччі рр. Дністра і Прута, займаючи Бессарабську височину з прилеглими до неї зниженнями Білецького степу на півночі й Причорноморської (Буджакської) низини — на півдні. Корінні породи — третинні глини, вапняки, пісковики. На берегах Дністра — виходи гранітів, силурійських і крейдяних відкладів (вапняки, крейда, пісковики тощо). Материнські породи на півдні — лесовидні суглинки, а в середній і північній частині Молдавії — бурі суглинки елювіально-делювіального походження. Соленосні і гіпсоносні відклади північної частини Молдавської РСР і Прикарпаття є джерелом засолення ґрунтів Білецького степу.

Природа республіки різноманітна. Північна частина її пагориста з висотами до 250 м і більше і належить частково до області листяних лісів (дубові й грабові) лісостепу з сірими лісовими ґрунтами. На південь від лісової смуги і на захід від Наддністрянської височини розташований порівняно знижений (180—200 м) хвилястий Білецький степ, де ґрунти репрезентовані чорноземами середньої глибини (90—110 см) з частими проявами солонцюватості і солонцевими комплексами як по долинах рік, так і між ними\*.

\* Очевидно, Білецький степ близький за своїм характером до Придніпровського, проте він має більш розвинений рельєф.

Вздовж Дністра на височинах його правобережжя місцями трапляються і сірі ґрунти.

Ще далі на південь у центрі Молдавії лежить найвищий район «Кодри» з висотами до 429 м, дуже порізаний долинами і глибокими (до 300 м) балками. Це — лісостеп з грабовими і буковими лісами на світлосірих ґрунтах («попели») в найбільш підвищеній частині і коричнево-червонуватими ґрунтами під дубовими і буковими лісами, що дуже нагадують бурі лісові — в останній частині. На схилах до Дністра і Пруту — степова рослинність з нормальними чорноземами, які переходять з висотою в деградовані і опідзолені лісові ґрунти. Центральний лісостеп дає відроги на височинах, які відходять від нього на південний схід і південний захід (до м. Кагул), де зі зниженням місцевості швидко переходить у південні степи Придунайської низовини.

Придністровська (лівобережна) частина республіки лежить на терасах Дністра і вкрита лучними й лучно-болотними ґрунтами — на заплавинній терасі де-не-де з солончакками і солонцями та чорноземами різного механічного складу на вищих терасах. Складаючи різкий контраст з прилеглими степами, долина Дністра рясніє садами та виноградниками, являючи собою своєрідний «фруктовий Донбас». Та й більша частина Молдавії (за винятком Білецького степу) характеризується надзвичайним багатством садів і виноградників з численними цінними плодовими культурами.

Південь Молдавії, що доходить до Одеської області УРСР, зайнятий степами з типовими чорноземами в центрі, а також звичайними південними — в південно-східній і південно-західній частинах.

Одна з найвідсталіших частин царської Росії, а потім фашистської Румунії — звільнена Молдавія перетворюється в одну з найквітучіших республік Союзу РСР.

У зв'язку з сильно розчленованими формами поверхні для переважної частини Молдавської РСР завданням найбільшої ваги є організація системи заходів по боротьбі з ерозією. У степових районах, особливо на півдні, зрошення має стати одним із найважливіших методів забезпечення сталих урожаїв найцінніших культур. У районах поширення солонців (Білецький степ) велику роль має відіграти система заходів щодо комплексної хімічної меліорації цих ґрунтів.

#### ЦЕНТРАЛЬНА ЛІСОСТЕПОВА ОБЛАСТЬ РРФСР

Ця область (за Н. Н. Розовим) займає південь Московської і Рязанської областей, північ Воронежської і Курської, схід Орловської і Смоленської областей і Тульську область, розташовуючись у центральній частині Середньоросійської височини і в північній — Циньсько-(Оксько-)Донської низовини.

Корінні породи у північній частині — кам'яновугільні, в середній — девонські (вапняки) і, почасти, юрські, що відслонюються по ярах; у південній і східній — крейдові. Таким чином, значна частина області протягом усього мезозою і кайно(нео)зою не вкривалися морем. Льодовик Дніпровського зледеніння обійшов Середньоросійську височину; отже, лише по краях її лишилися льодовикові відклади, а також флювіогляціальні і алювіальні (наприклад, піски на рр. Цні, Десні і Оці).

Висоти Середньоросійської височини 215—310 м з різким переходом до низин (150—170 м) на східному (більш пологому) і західному (більш крутому) краю. Звідси — велика розсіченість і надзвичайний розвиток ерозійних явищ, які особливо посилюються в зв'язку з суцільними вирубками лісів.

Ґрунтоутворними породами є глибокі (до 10—15 м) так звані покривні відклади (леси, лесовидні суглинки і глини). Униз по схилах їх глибина збільшується. Їх розглядають як елювій і делювій флювіогляціальних відкладів, а почасти як еолові (в західній частині — з двома похованими ґрунтами). У північно-східній частині є морена, на якій залягає лесовидний суглинок, укритий так званими «структурними» озерними глинами.

За характером рослинності і за співвідношенням лісу й степу область ділиться на дві головні смуги:

А. Лісова — із мішаних і широколистяних лісів, головню дубових на сірих лісових ґрунтах;

Б. Лісостепова — у північній частині її в докультурний період лісові й степові ділянки, чергуючись між собою, займали майже однакові простори, тоді як у південній (на південний схід від лінії Курськ—Єлець) переважали різнотравні степи з дубовими й березовими гайками. Це — смуга глибоких вилугованих і опідзолених чорноземів.

У післяльодовиковий час степи поширювалися на північ і північний захід значно далі, ніж тепер. Межа лісостепу і смуги листяних лісів іде дугоподібно на північ і північний схід через Курськ, Орел, Мценськ, Тулу, Венев.

А. У першій, що далі на північ, смузі переважають опідзолені сірі лісові ґрунти — результат накладання на дернові ґрунти лучних степів підзолистого процесу, зв'язаного з наступом лісів.

У цій смузі виділяють, по-перше, західний, Орловський підвищений лісовий район сірих лісостепових ґрунтів. Тут є карстові западини. Материнська порода — карбонатні леси.

Ґрунти, головним чином, темносірі, розташовуються на верхній частині схилів і на вододілах. У нижній частині пологих схилів — опідзолені чорноземи. Загальна площа їх невелика.

Другий ґрунтовий район — Тульський підвищений район з

середньо- і сильноопідзоленими сірими лісовими ґрунтами. Темносірі ґрунти і опідзолені чорноземи майже відсутні. Ґрунти утворилися на карбонатних лесовидних суглинках, що залягають на морені. Рельєф сильно розчленований.

Розподіл ґрунтів іде за рельєфом, причому опідзолювання звичайно збільшується в напрямі від підніжжя схилів до верху, закінчуючись на покривних глинах вододілів типовими дерново-підзолистими ґрунтами, іноді з ознаками заболочування.

Третій район сірих лісових ґрунтів — Рязанський — розташований, головним чином, в Донсько-Ціпінській низині.

Ґрунти утворюються то на морені, то на лесовидних суглинках, що лежать, над нею, то, нарешті (на нижніх позиціях) на «структурних» глинах, що вкривають їх.

Серед ґрунтів переважають сірі середньоопідзолені, але, у відміну від Тульського району, тут поширені як темносірі ґрунти, так і опідзолені чорноземи. На великих просторах стародашньо-алювіальних пісків — дерново-підзолисті ґрунти під сосновими лісами.

Смуга лісових ґрунтів — район старого землеробства; до 85% площі розорана. Продуктивність сірих ґрунтів менша, ніж чорноземів. Ґрунти чутливі до гною і мінеральних добрив, а часто — і до вапнування.

Сільськогосподарська цінність району тепер іде в такому порядку: Орловський — Рязанський — Тульський. Проте вона зменшується сильним розвитком ерозії, який потребує рішучих і термінових заходів боротьби з нею і її наслідками.

Останнім часом ліси займають лише невелику частину території. Краще збереглися славнозвісні «Тульські засіки», які відігравали в Московській державі важливу роль в охороні від наскоків кочовників.

Б. У лісостеповій смузі розрізняють типові глибокі чорноземи, вилуговані і опідзолені.

До вилугованих (за Фрейбергом) належать ті представники чорноземного типу, у яких ще немає ознак опідзолювання і перерозподілу колоїдів, але горизонт карбонатів через вилуговування уже опустився нижче межі гумусового горизонту (але не нижче 120 см); дальший горизонт позбавлений карбонатів і тому має бурий колір.

Опідзолені або деградовані чорноземи характеризуються уже появою ущільненого ілювіального горизонту І.

У лісостеповій смузі виділяються райони: 1) Єлецько-Лівенський (Оксько-Донський) підвищений і 2) низинний — Рязанський.

Перший із них увесь дуже розчленований мережею ярів та балок і тому сильно еродований. Лесовидні суглинки лежать прямо на девонських і крейдових породах. Основний фон складають вилуговані чорноземи, серед яких розкидані острови опідзолених:

останні оточують невеликі плями сірих лісових ґрунтів, розташовуючись разом з ними на дуже пересічених ділянках рельєфу. Типові чорноземи вкривають рівні пологі схили і високі рівні степові ділянки.

Очевидно, острови сірих ґрунтів відповідають «захисткам», де найдовше зберігалася лісова формація.

Рязький район лежить у басейні верхнього Дону в межах донського льодовикового язика і відзначається порівняно спокійним рельєфом і менше вилугованими ґрунтами.

Типові чорноземи тут заходять досить далеко на північ. Це пояснюється малою дренажістністю території, яка не сприяла наступові лісів у цьому районі.

Ґрунти лісостепової смуги, менш зачеплені підзолистим процесом, родючіші, ніж ґрунти північної частини області, де переважають сірі лісові ґрунти.

Опідзолені (деградовані) і вилуговані чорноземи відзначаються кращими фізичними властивостями, ніж сірі ґрунти. Всі ґрунти цієї області старого екстенсивного землеробства виснажені і багато потребують добрив. У цьому районі зернового господарства тепер поширюються площі під цукровим буряком і іншими технічними культурами.

Нарешті, з півночі в лісостеп вклинюються по піщаних масивах вздовж Оксько-Цнінського правобережжя п і д з о л и с т і ґ р у н т и під сосновими борами, серед яких лише місцями на острівцях суглинків трапляються незначні плями сірих лісових ґрунтів. Це приклад впливу характеру материнської породи на ґрунт при тому самому кліматі.

Тут панують піщані слабопідзолисті ґрунти з недиференційованим профілем — «борові піски». Трапляються і підзолисті з ілювіальним горизонтом у вигляді «ортзандових» прошарків, що відіграють позитивну роль у рості сосни (затримують воду і поживні речовини). Трапляються і болота — низинні по долинах рік і (невеликими плямами) верхові, сфагнові — результат як надмірного зволоження, так і бідності лісової підстилки мінеральними речовинами. На краях боліт — торф'янисто-підзолисті ґрунти з гумусовим ілювіальним горизонтом. З сільськогосподарського погляду це — найбільш ґрунти; після вирубки лісу вони легко розвиваються вітрами. Потребують органічних і мінеральних добрив.

З погляду лісового господарства найкращими слід вважати широкі лощини і пологі схили до долин, де ростуть сосново-дубові і (на супісках) — сосново-ялинові ліси з домішкою листяних порід. На вологих рівних місцях — трав'янисті бори доброї якості з березою і ялинкою і з підліском (горобина, яловець).

Найсухіші горбкуваті місця з глибокими пісками зайняті сухим бором низького бонітету.

## ЦЕНТРАЛЬНА ЧОРНОЗЕМНА ОБЛАСТЬ

До Української РСР з північного сходу і сходу прилягає Центральна чорноземна область\*. Тут виділяються насамперед два райони: західний і східний — курсько-белгородський і воронезько-валуйський.

Перший (західний) чорноземний район сильно порізаний річковими долинами і ярами. Висоти — 100—280 м. Корінні породи на півночі — кам'яновугільні вапняки, на південь — девонські вапняки і глини, а головним чином крейди і третинні — крейда, залізисті пісковики крейдової системи, піски і пісковики — третинної, ґрунтоутвірні відклади — леси і почасти елювій і делювій корінних порід. Ґрунти — типові глибокі чорноземи в західній частині в комплексах з вилугованим і деградованим (опідзоленим). Чорнозем має добру зернисту структуру.

Своєрідний східний верхньодонський чорноземний район, розташований в Оксько-Донській (Тамбовсько-Воронезькій) низині (висоти 104—170—197 м).

Район порізаний численними неглибокими, широкими долинами невеликих рік. Корінні породи — кам'яновугільні, піщано-глинисті відклади, які підстилають девонські вапняки.

Ґрунти утворилися головню на безвалунних глинах. Панують глибокі чорноземи ( $H = A + B$  до 100 см і більше; закипання — 45—60 см). Структура звичайно зерниста.

Вздовж лівобережжя Дону тягнуться широкою смугою супіщані чорноземи і «сіропіски», місцями в сполученні з опідзоленим чорноземом. Ці «сіропіски» трапляються на верхів'ях і схилах балок.

У верхів'ях балок серед чорноземів плями солонців. Численні тут, особливо серед глибоких чорноземів, западини несуть на собі солоді — свідки великого в минулому поширення процесів засолення.

Западини займають вододільні простори рівнин (Панков, Глінка). З ними зв'язані своєрідні комплекси солонцюватих ґрунтів, солонців (у міжблюдецевих просторах і на периферії западин) підзолоподібних солодей з осиковими гайками («кущі») в самих блюдцях, у тій чи іншій мірі заболочених (Т. Попов).

Район поширення цих комплексів лежить на схід від Воронежа.

Велика кількість галогенних ґрунтів (солончаки, солонці, а надто солоді) свідчить про колишній вплив на ґрунтовий покрив солоних підземних вод, які трапляються ще й тепер на значній глибині. Зміни гідрологічного режиму області — значне зниження рівня підземних вод (зниження базису ерозії або ж підняття місце-

\* Правильніше, область басейну Дону (за Роде і Ковда), яка на півдні переходить у сухі степи з каштановими ґрунтами.



вості) — привело до переходу засолених ґрунтів у осолоділі (Гедройц) і до переваги солодей\*.

На півдні Оксько-Донська низина впирається у Калацьку височину (до 240—280 м).

На схід від описаного району лежить чорноземний Саратовський район — хвилясті, інколи навіть пагористі рівнини, прорізані яристою мережею.

Це — район поширення льодовика Дніпровсько-Донського зледеніння. Материнською породою тут є почасти валунні (на півночі), почасти флювіогляціальні відклади. Біля Хопра й Дону залягають великі масиви пісків.

Ґрунти району — типові глибокі, тучні (до 12% гумусу) чорноземи у північній частині, звичайні — у середній і західній та південній, малогумусні, здебільшого солонцюваті у південно-східній.

У південних чорноземах, зв'язаних поступовими переходами з звичайними, уже помітні ознаки впливу галогенного процесу — уже на глибині близько 1,5 м є гіпсоносний горизонт з друзами (зростками) гіпсу (глибиною до 100 см). Крім того, самий профіль чорнозему, переходячи на південь, набуває усіх ознак солонцюватості.

Солонці трапляються, головним чином, у долинах Медведиці, Бузулука й інших рік. У міру просування на південь кількість їх на плато збільшується, а разом з тим посилюються ознаки солонцюватості південного чорнозему, який поступово переходить у темнокаштанові ґрунти. Біля нижньої течії Хопра й Медведиці багато реградованих (тобто заново засолених) содово-сульфатних солонців.

Привольський район (Саратов — Камішин — Сталінград) у північній частині з висотами до 379 м, які на південь падають до 160—180 м. Рельєф у північній частині дуже порізаний; в південній — спокійніший.

Корінні відклади — крейдові й третинні (головним чином, пісковики). Ґрунти утворюються на їх елювії, делювіальних і елювіальних відкладах. Вододіли з піщаними слабодзолистими ґрунтами, вкритими лісом, на схилах — чорнозем.

У північній частині — тучні чорноземи середньої глибини. Південніше — звичайні, а південь району займають південні чорноземи, які змінюються каштановими ґрунтами у комплексі з солонцями.

\* Не можна не відзначити подібності між Оксько-Донською низиною й іншими подібними до неї «великими алювіальними рівнинами»: описаним вище лівобережжям Дніпра, Західносибірською низиною, межиріччям Тісса-Дунай і, нарешті, преріями суміжних районів Канади й Сполучених Штатів Америки. У всіх цих областях при рівнинному рельєфі велику роль у ґрунтотворенні відіграють явища засолення й сильний розвиток галогенних ґрунтів, так чи інакше зв'язаний з впливом підземних скупчень відкладів солей і режимом підземних вод.

Доно-Донецький район чорноземів і каштанових ґрунтів (Ковда й Роде) — Ростовська область.

Північна частина району підвищена: вздовж широтної течії р. Дону — Східнодонське пасмо (до 241 м), дуже порізане.

Корінні породи — переважно крейдові й нижньотретинні. На північному сході поблизу гирла р. Медведиці — кам'яновугільні вапняки.

Материнські породи — лесовидні суглинки, а в східній частині області, що лежить на північ від р. Дону, переважають червонобурі глини. На лівобережжях рік — алювіальні піски. У південно-східній частині між рр. Сал і Манич позначається вплив глибинних ґрунтових солоних вод.

На східному краї Донецького кряжа ґрунти розвивались як на лесовидних суглинках (на високих ділянках і терасах), так і на продуктах вивітрювання корінних порід (пісковиків, сланців і вапняків).

На твердих породах утворюються щебеневі ґрунти.

Ґрунти області різко міняються у напрямі з північного заходу на південний схід і схід. На півночі й північному заході, на північ від Донецького кряжа і на південному його краю — звичайні й південні чорноземи. Близьче до Азовського моря — своєрідні карбонатні, дуже перериті землеріями приазовські чорноземи, на південь від Дону — перехідні й передкавказькі карбонатні чорноземи на лесовидних відкладах.

Лучна тераса Дону вкрита лучними й лучно-болотними солончакуватими й солонцюватими ґрунтами і — у притерасній зоні — солончаками.

До них на лівобережжі нижнього Дону, Салу й Маничу прилягає вузька смуга долинного чорнозему, легшого механічного складу.

Південний схід області — Доно-Маницький район — вкритий комплексами каштанових ґрунтів з різною участю солонців (від 10 і більше 50%; часом до 75%, за Роде й Ковда).

Підвищення, яке простяглося вздовж північного краю Маничу, так зване Сальсько-Маницьке пасмо, являє собою довгий острів південного чорнозему. На південь від Маничу вузька смуга каштанових ґрунтів швидко змінюється південними, а далі й передкавказькими карбонатними чорноземами.

Ці зміни ґрунтів зв'язані не тільки з топографією місцевості, але й з характером корінних порід, а також складом і режимом підземних вод; це, в свою чергу, відбивається і на характері рослинного покриву.

Ґрунтові води, що витікають з нижньотретинних відкладів і ергенінських товщ, так само як і води річкових долин, часто дуже засолені; цим і пояснюється строкатість ґрунтів і поширена їх солонцюватість.

Серед чорноземних ґрунтів трапляються солонці й солоді. У комплексах з каштановими часто залягають, поряд з солонцями і солодами, також і темnobарвні чорноземовидні ґрунти степових западин, утворення яких зв'язане із збільшенням зволоження і поліпшенням умов зростання рослинності\*.

Долина Маничу, що була колись протокою між Каспійським і Азовським морями, зайнята солоними озерами, солоними грязями й солончаками; надзаплавинна тераса і міжліманні підвищення — комплексами хлоридо-сульфатних солонців і солончаків і темnobарвних ґрунтів западин.

Як бачимо, відмінності ґрунтів і клімату обумовлюють і неоднаковий сільськогосподарський характер області.

Якщо північний захід і північ її — типові землеробські райони, то південний схід з його складними ґрунтовими комплексами — це район в основному скотарський, де землеробство тулиться до незасолених низин і лощин, виходячи на підвищені позиції тільки у більш вологі роки.

Велика кількість солепроявів свідчить про можливу наявність підземних солевих акумуляцій, якими така багата сусідня Прикаспійська низовина.

#### ВОЛЗЬКО-КАМСЬКА ЛІСОСТЕПОВА ОБЛАСТЬ

Ця область (за Н. Н. Розовим) охоплює Татарську, Чуваську, Мордовську АРСР, південну частину Кіровської, західну частину Куйбишевської, східну Тамбовської і північну частину Саратовської областей, а також Пензенську й Ульяновську області.

Її характерні риси: дуже розвинутий рельєф з ерозійними проявами і частими виходами корінних порід (у південній частині — нижньотретинні, у середній — замінені крейдяними, далі — юрськими і в північній — пермськими).

Найвища приволзька частина між р. Сурою й Волгою (до 350 м поблизу Кузнецька) з глибоким розчленуванням території, де чергуються глибокі долини типу каньйонів і плоскі вододіли; схили мало розроблені.

Межиріччя Сура-Мокша, що лежить на захід від попереднього, при меншій висоті (до 250 м), має більше вирівнений рельєф. Обидва райони поступово знижуються на південь і на північ.

Заволзька частина ділиться на знижене північне Прикам'я (на північ від Ками) і на південне Закам'я — більш підвищене аж до Бугульма-Белебеевської височини (вище 250 м), дуже порізане густою мережею балок і долин.

Материнські породи різноманітні. Моренні глини тільки на

\* Див. «Карта почв Ростовской обл.», 1937—39 р. під ред. проф. Захарова.

захід від р. Сури і на півночі області (по р. Вятці). Головну ж роль відіграє елювій (на вододілах) і делювій (на схилах) корінних порід, здебільшого, карбонатних. Трапляються лесуваті озерні відклади. Вивітрені карбонатні юрські глини містять до 3% органічної речовини. Їх делювій набуває лесуватого характеру.

За рослинністю ця область у доісторичні часи являла сполучення лучних степів на рівнинних просторах і лісів — дібров і ялинових (на півночі) на більш підвищених позиціях. На пісках росли соснові бори.

Ґрунтовий покрив дуже мінливий залежно від зміни геології — хімізму й фізичних властивостей материнських порід і рельєфу, з яким зв'язані, з одного боку, умови зволоження і прояву ерозії, а з другого — режим ґрунтових вод; історія розвитку рослинності у різних частинах області відіграє також велику роль в утворенні ґрунтового покриву.

На південь від Волги (Мордовська та Чуваська АРСР, частина Татарської РСР, частина Горьковської, Пензенської, Ульяновської областей) — лісостеповий район.

Великий район між м. Саранськом і Волгою, нижче Ульяновська, зайнятий щебенюватими ґрунтами, так само як і правобережжя Волги вище від Самарської луки й деяких невеличких річок.

Ґрунти дуже варіюють, починаючи від чорноземів тучних, вилугованих і деградованих на рівнинних ділянках та положистих схилах і до сірих опідзолених, а на півночі й до справжніх підзолистих ґрунтів на вододілах.

Татарська АРСР. Прикамський (Казанський) район переважно лісовий (ялинові й смерекові ліси) з дерново-підзолистими й сірими опідзоленими ґрунтами; на терасах — чорноземовидні лучні ґрунти. Закамський (Чистопольський) район знижений; чорноземи й лучні ґрунти часом з солончаками. Підвищений, з порізаним рельєфом Мензелінський район (на захід від р. Ік) материнськими породами має елювій пермських покладів. Ґрунти здебільшого темносірі й сірі лісові; вздовж лівобережжя р. Ік — смуга чорноземів, часом з солончаками, генетично зв'язаними з підземними соляними покладами і родовищами Татарії.

Ріка Ік відмежовує Татарську АРСР від багатого на сіль нафтового Туймазинського району Башкирії.

#### ЗАВОЛЗЬКИЙ ПІВДЕННИЙ ЛІСОСТЕП

З півдня і південного сходу до північного лісостепу (Волзько-Камського) прилягає Заволзький південний лісостеп\*, де лісові ґрунти вкраплені у вигляді острівців серед чорноземів. З наростан-

\* Від меж Татарської АРСР і до рр. Самари і В. Кінель на півдні.

ням посушливості клімату на південь лісостеп чимраз більше поступається місцем степові (Прасолов).

Рельєф області надзвичайно порізаний, крупнохвилястий, ерозійний. Балки і долини розділяють її на систему підвищень заокругленої форми і з плоскими вершинами, на головному вододілі Волги й Уралу, об'єднаних під назвою Общій Сирт.

В основі його лежать тектонічні явища — вали північно-східного напрямку з групами куполів і улоговин-гребенів (Добринін). Між містами Куйбишевим і Пугачовим простягнувся так званий палеозойський вал — пермська вісь Заволжя (Нікітін). Навіть у рівнинній приволзькій частині виявлено ряд тектонічних западин (Прасолов).

В області відкрито цілий ряд купольних (соляних) структур і зв'язаних з ними нафтових родовищ.

Серед корінних порід поширені як щільні породи (пермські вапняки і гіпси, пісковики тощо), так і глинисті відклади верхньотретинного віку (акчагил).

Незалежно від віку порід, всі вони багаті на кальцій ( $\text{CaCO}_3$  і  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), а далі на південь — засолені солями натрію.

Південна половина Середнього Заволжя дуже багата на солонці, солоді, солоні води, що виходять на поверхню. Навіть вода деяких рік солоня. Тут підтверджується зазначений автором парагенетичний зв'язок глибинних соленагромаджень і нафтових родовищ з ґрунтовими комплексами, який дає змогу використати ґрунтову карту при розвідувальних роботах геологів (Вахрушев).

Область лежить поза межами зледеніння. Материнськими породами тут є як елювій і делювій корінних порід, так і алювіальні відклади, а також так звані сиртові глини (і піски) водного походження — жовтобурі і бурі суглинки, які одягають майже суцільним покривом усе лівобережне Поволжя (крім приволзької частини); глибина їх 40—50 м. Під ними залягають червонобурі гіпсоносні глини.

Південний лісостеп високого Заволжя розташований на так званому Пермському плато — підвищеннях, складених вапняками, гіпсами, пісковиками, мергелями і конгломератами пермської системи.

Іх елювій на висотах і крутих схилах і являє ґрунтоутворюючу породу. На пологих схилах і долинах материнські породи — акчагильські (верхньотретинні) глини й піски і четвертинні відклади.

Сірі лісові ґрунти на елювії пермських порід займають, головним чином, високі вододіли. Чорноземи — на глинистих наносах — переважно розташовані на схилах і рівнинах.

У ґрунтовому покриві області основна роль належить тучним чорноземам на важких глинистих породах з вмістом гумусу 10,5—16,5 і навіть 17,6% (Прасолов).

Цікаво, що в лісовому ґрунті на гіпсі були визначені такі гори-

зонти: гумусовий з 4,6% гумусу і 20%  $\text{CaCO}_3$  і тільки 0,5% гіпсу, завглибшки всього лише 10—20 см; дальший — вивітрений бруднобілий гіпс з 0,66%  $\text{CaCO}_3$  і 92,8% гіпсу; глибше — чистий гіпс (Висоцький — за Прасоловим).

Таким чином, у процесі ґрунтоутворення відбувається перехід гіпсу в карбонат кальцію:



У Приволзькій смузі чорноземи глибші і легшого механічного складу, з меншим вмістом гумусу і плямами солодей (по р. Черемшану — з содовими солончаками). Джерело засолення вод тут — рештки розмитих соленосних акчагильських глин.

У південній частині Пермського плато правобережжя р. Самари має характер лісостепу. На піщаних наносах тут розташований ряд соснових борів, наприклад, Бузулукський. На високому березі — ділянки листяних лісів на темносірих слабоопідзолених ґрунтах. На пологих схилах — степ із звичайними часом солонцюватими чорноземами на елювії корінних (пермських) порід; чорноземи то карбонатні (до 45%  $\text{CaCO}_3$  вгорі), то щербисті, то галечникові (на елювії конгломератів).

Р. Кінель відділяє Заволзький лісостеп від степу.

На степових терасах басейну р. Самари часті солонці і солонцюваті чорноземи, а при злитті її з р. Кінель — також і солончакові лучні ґрунти. У долинах рр. Соку і Кінелі — білі сильнокарбонатні лучні ґрунти і поклади лучного вапна.

Ґрунти Общого Сирту — на вододілі Волга—Урал, де він іде в широтному напрямі, мають перехідний характер. Захищені від південно-східних вітрів схили і западини, схили крейдових горбів і піски зайняті острівцями дубово- і осиково-березових лісків.

Взагалі тут переважають пологі схили (Прасолов) з плямистими степами, де багато плям солонців і чорноземоподібних ґрунтів западин. На високих сиртах на елювії пермі і юри — південні чорноземи, часто карбонатні або з фосфоритовою щербінкою. По долинах — чорноземно-лучні ґрунти.

Ґрунти від р. Самари до Великого Іргізу — звичайні й південні чорноземи. У долинах рік — чорноземовидні ґрунти і суцільні простори солонців у комплексах з солонцюватими каштановими ґрунтами.

Південніше, до уступу над Прикаспійською низиною (лінія Єруслан—Новоузенськ—Уральськ), — сухі степи, перехідна смуга з південними чорноземами, які на схилах і долинах змінюються каштановими ґрунтами у комплексах з солонцями, ще простягаються на схід по притоках р. Уралу.

У чорноземах карбонатний горизонт з біозіркою лежить на глибині 40—50 см; нижче лежить гіпсоносний шар, ще нижче — горизонт скупчення солей натрію. Усі каштанові ґрунти більш-менш солонцюваті.

Своєрідність агрономічних властивостей ґрунтів солонцевих комплексів, наявність і властивості ущільненого ілювіального горизонту і вплив його на зростання рослин уперше виявив П. А. Костичев і експериментально показав В. С. Богдан на Валуйській (Костичевській) дослідній зрошувальній станції.

Ґрунти долини Волги — третьої степової, або другої надлучної тераси, яка являє собою широку (до 30 км) мало розчленовану рівнину — легко- і середньосуглинисті чорноземи, глибокі, але малогумусні (4—7%).

Тут багато плоскодонних западин з озерцями, болотно-лучними солончакуватими ґрунтами й солончаками та солодами.

Заплавини Волги й інших рік добре розвинуті. У прирусловій частині вони вкриті «уремою» (осокир, верба, дуб і інші породи). Решта заплавини вкрита луками й стариками. Поверхня заплавин являє собою чергування боліт з гривами і підвищеними островами.

На підвищеннях звичайні солонцюваті луки з плямами голих солонців (Прасолов).

Таким чином, у межах Заволжя відмінність ґрунтів залежить не тільки від зміни клімату з півночі на південь, а й від різноманітності порід, особливо ж від їх засоленості. У зв'язку з цим з півночі на південь не тільки послаблюється роль дернового процесу і зменшується вміст у ґрунті гумусу, не тільки підвищується горизонт закипання й гіпсоносний, але й зростає значення солонцевого процесу, який все дужче відбивається майже на всіх ґрунтах південної частини області. Наявність соленосних порід і складність їх взаємовідношення з ґрунтами і ґрунтовими водами потребують детального вивчення у всіх випадках, зв'язаних з проектуванням зрошування. Справа в тому, що у зрошувальних системах, які існували досі, дуже шкодило засолення зрошуваних ділянок. Для боротьби з ним потрібні як точний облік джерел засолення й динаміки солевого режиму, так і зменшення фільтрації води крізь стінки каналів. Найпростіший спосіб для цього — запропонований автором метод осолонцювання, цінність якого доведена досвідом.

Заволжя у сільськогосподарському відношенні мало подвійну репутацію — у роки з сприятливими метеорологічними умовами воно було «житницею» держави, даючи величезні маси високоякісних, багатих на білки пшениць, а під час посух (1891, 1911, 1921 і інші роки) перетворювалося на країну голоду, яка потребувала великої допомоги для врятування від загибелі людей і тварин. Звичайно, ці явища залежали не стільки від стихії природи, скільки від соціально-економічних умов — від «стихії» капіталізму й царсько-поміщицького ладу. Тут давно вже застосовують зрошення малих площ, головним чином, з місцевих стоків.

Уже з 90-х років минулого століття тут виникли дослідно-меліоративні станції, з яких найвідоміша Костичевська.

Здійснюючи велике завдання рішучого підвищення урожайності усіх культур, Партія й Уряд СРСР поставили завдання: зробити сільське господарство незалежним від стихії, забезпечивши зрошування величезних просторів сухих степів.

Дві найбільші греблі на Волзі — Куйбишевська й Сталінградська — створять водоймища, які постачатимуть воду сільськогосподарським угіддям Сарпінської низовини (на південь від Сталінграда), Ногайських степів (між Тереком і Кумою), «Чорних земель» (між пониззям Куми й дельтою Волги) і всього степового Заволжя. Це дасть можливість забезпечити стаді урожаї твердої пшениці, ряду технічних і овочевих культур, садів і створить сталу кормову базу для тваринництва.

За своїми меліоративними властивостями сиртова частина Заволжя ділиться, за Розовим, на дві частини: перша північна й східна дуже розчленовані, з чималими місцевими ухилами; ґрунти тут — чорноземи (південні й звичайні), позбавлені розчинних солей до глибини 2,5—3 м; цей район характеризується як цілком надійний, що не загрожує засоленням, крім окремих ділянок з солонцюватими чорноземами й солонцями.

Зате друга частина, що лежить на південь від р. Іргізу й Камелік, мало розчленована (а разом з тим і не має природного дренажу), має каштанові ґрунти з близьким (до 1 м) заляганням солей; усі ґрунти солонцюваті, від чого залежить їх погана структура й незадовільний водно-повітряний режим. Особливо небезпечні щодо засолення ділянки з перевагою у комплексах солонців, зокрема на нижніх частинах схилів, на їх шлейфах, де є пряма небезпека підняття ґрунтових вод.

Найважча для проведення зрошування область — Прикаспійська низовина, де всі тільки що згадані негативні якості дуже збільшуються, її рівний рельєф, відсутність природного дренажу, цілковита безстічність, велика кількість соленосних відкладів і глибинних соленагромаджень — все це потребує широкого застосування гіпсування для того, щоб позбутися солонцюватості й витрат на проведення дренажної мережі.

Збудування Куйбишевського й Сталінградського водоймищ і системи зрошувальних каналів дасть вологу посушливим степам і створить умови для одержання високих і сталих урожаїв.

Проте це не знімає потреби ще більшої уваги до ґрунтового покриву: мало дати воду — треба подбати, щоб вона дала найбільший позитивний ефект, а цього можна досягти не на всякому ґрунті. На безструктурних солонцях і солонцюватих чорноземах, каштанових і бурих ґрунтах їх погані властивості при зрошуванні особливо дають себе взнаки. Засоленість материнських порід створює небезпеку повторного засолення. Тому потрібне детальне знання ґрунтів краю й продуманий план заходів для використання його угідь.

## ПРИУРАЛЬСЬКИЙ ЛІСОСТЕП

До складу Приуральського лісостепу входить Башкирська АРСР, розташована на схід від Волзько-Камського і Заволзького лісостепу. Більша частина його лежить на східній окраїні Східноєвропейської (Російської) рівнини і менша охоплює Середній Урал і Зауралля до меж Челябінської області (Західний Сибір).

Південно-західна частина республіки зайнята Белебєєвською височиною (до 482 м) з дуже порізаним рельєфом і розвинутими ерозійними явищами.

Центральна знижена частина — басейн р. Білої з її притоками — нафтовий район «Другого Баку». На схід від неї — перехід через передгір'я у гірську країну Середнього Уралу з висотами до 1639 м (гора Яман-тау). За нею — східні передгір'я Уралу (до 300 м).

Клімат континентальний із збільшеною кількістю опадів на хребті (500—600 мм) і на Белебєєвській височині (400—500 мм) і особливо зменшеною (до 350 мм) на північний схід від неї — вздовж залізниці Чишма-Туймази.

З геологічного погляду більша частина Башкирії займає Передуральську девонську мульду, дно якої знижується на південний захід. Мульда заповнена кам'яновугільними і пермськими відкладами. Перм (Кунгурський ярус) дуже багата соляними шарами глибиною 70—480 м, надто вздовж р. Білої, й товщами гіпсу.

На західній окраїні Башкирської АРСР (Туймази) сіль знайдена на глибині 30 м. У республіці велика кількість соляних джерел. Глибокі поклади нафти зв'язані з соленосними відкладами. Сильно розвинені карстові явища, з якими пов'язують численні провали.

Корінні породи — карбонатні (доломіти, вапняки) і гіпсоносні належать до верхньої пермі і, почасти, до залишків верхньотретинних відкладів. Материнські породи — елювіально-делювіальні продукти вивітрювання пермських відкладів, часто щебінчасті.

На широкій долині р. Білої поширені лесовидні відклади.

Вирішальними факторами ґрунтотворення в умовах континентального клімату є багатство материнських порід на кальцій. Тому тут утворилися найтучніші чорноземи (16% і більше), проте трапляються й середньогумсні.

За рослинністю Башкирська АРСР здебільшого являє лісостеп з опідзоленими лісовими ґрунтами, вилугованими й деградованими чорноземами, куди між р. Білою і Белебєєвською височиною вклинюється смуга степу з типовими тучними, а також карбонатними, частково вилугованими і змитими чорноземами.

У Заураллі між хребтами — чорноземні степи з великими масивами комплексів солонцюватих чорноземів з солонцями, солончаками і соляними озерами.

Ці комплекси, хоч і в меншій кількості, трапляються і в південно-західній частині передуральської Башкирії (на захід і південний

захід від р. Білої). Розвиток солонцевих комплексів свідчить про вплив на ґрунтотворення глибинних солевих запасів.

Чорноземи мають схильність до розвіювання. Тут часто виникають «чорні бурі». Дуже поширені щебінчасті ґрунти.

Сильний вияв ерозії і дефляції говорить про потребу забезпечити систему боротьби з ними.

Сільське господарство до недавнього часу ще зберігало рештки перелогової системи. Останнім часом з'явилася така інтенсивна культура, як цукровий буряк.

Посушливість клімату викликає потребу зрошення південних районів. Велику роль у сільському господарстві відіграє тваринництво (конярство).

## ПРИКАСПІЙСЬКА НИЗОВИНА

Сиртова область на півдні і південному заході некрутим, але помітним уступом переходить у Прикаспійську низовину\* з висотами від 40—50 м над рівнем океану до 25 м нижче від нього.

Частина її належить до Ставропольського краю, до Сталінградської області і більша — східна — частина до Західного Казахстану, доходячи до дельти р. Тереку на південному заході і до р. Емби на сході.

Клімат тут континентальний з суворою і малосніжною зимою і сухим жарким літом. Загальне наростання континентальності ще більше посилюється зниженням положенням території. Це неминує відбивається на кліматі, збільшуючи літні температури і зменшуючи кількість опадів.

Геологічною основою тут є пермські соленосні відклади з гіпсом, вкриті мезозойськими (крейдяними, юрськими і тріасовими) породами, зігнутими в невеликі складки і пересічені скидами. Характерна присутність у цій області численних (понад тисячу) соляних куполів, які «протикають» мезозойські осадові відклади. З «купольними структурами» зв'язані нафтові родовища.

Корінні породи вкриті четвертинними наносами. Це — або відклади трансгресії Каспійського моря, яке в четвертинний час наступило на північ від теперішніх своїх меж, або ж дельтові наноси рік (Волги, Тереку, Уралу і Емби, а також ряду інших, що тепер уже не існують), які збігали в Стародавньокаспійське море. Ця найновіша геологічна історія відбилася і на сучасному рельєфі: море згладжувало нерівності, а ріки лишали сполучення руслоподібних знижень і увалистих пасом.

\* За І. П. Герасимовим.

Велику роль відіграють лимани — величезні розлогі зниження, що іноді розміщуються у вигляді руслоподібних рядів і приймають у себе стік річкових і весняних вод. У цих зниженнях утворюються тимчасові озера і прісні ґрунтові води, які залягають на солоній воді. В утворенні улоговин-лиманів відіграють велику роль карстові процеси, розвинені тут, незважаючи на сухість клімату. Між Волгою і Уралом розташовані безстічні простори «розливи» з ріками, що вливають свої води в них, а частково зникають серед сухих степів (напівпустині).

У межиріччях Терек—Волга—Урал на величезних піщаних масивах дуже розвинені горбисті і пасмові піски, що зобов'язані своїми формами розвіюванню. Багато підвищень купольного типу зв'язано з соляними куполами, прихованими під осадовими відкладами.

У зв'язку з величезними солевими акумуляціями як у корінних, так і в наносних відкладах області, вплив їх на рослинність та ґрунти і на підземні води величезний. Ґрунти і води звичайно засолені, у рослинності часто переважають галофіти.

Рослинність не дає тут суцільного покриву і представлена напівпустинними асоціаціями (полинні і злаково-полинні степи), що часто змінюються пустинними просторами з солянками і навіть голими солончаками та такирами, а іноді й солоними озерами, які дають самосадну сіль (озеро Ельтон і інші).

На великих зниженнях (лимани, займища, розливи), що вбирають у себе води тимчасових весняних потоків, а також у плавнях р. Терек — лучна і лучно-болотна рослинність (сінокоси).

У розподілі рослинності «розливи» відмічається своєрідна зональність: найнижчі заболочені позиції зайняті очеретом і комишами; середні, що заливаються щороку водою — солончаковими луками, а вищі — лучною рослинністю (за Ларінім). У дельтах великих рік — плавні (лучно-болотна рослинність, де переважають очеретяні групування). Це — гніздища дичини й комарів.

Піски заселені псамофітами. На піщаних низинах є лісові насадження (Наринське лісництво).

Мінливість ґрунтотворних порід, їх хімізм й механічний склад, мезо- і мікрорельєф і зв'язане з ним зволоження, глибина залягання і міра засолення ґрунтових вод, умови дренажності — все це обумовлює і незвичайну строкатість ґрунтового покриву і розвиток його комплексності (Дімо).

Північна частина області в основному вкрита світлокаштановими ґрунтами, а південна — бурими.

Між пониззям рр. Куми—Волги—Уралу розташовані величезні піщані простори полинових і злаково-полинових напівпустинь, дуже багатих ґрунтовими водами, що допускають і лісорозведення і культуру садів, виноградників, баштанів тощо. Закріплення пісків являє одне із чергових завдань цієї області. Очевидно, велике зна-

чення матиме створений проф. Державіним сорго-гумаєвий гібрид, який поєднує в собі цінні властивості і сорго і гумаю.

До складу комплексів на підвищених позиціях входять суглинні солонцюваті світлокаштанові і бурі ґрунти, на плоских зниженнях — солонці коркові і брилисті й темнобарвні ґрунти (чорноземовидні, лучно-солонцюваті і осолоділі).

В усіх ґрунтах центрального (Ельтонського) району, навіть у солодах, є хлоридне засолення (за Герасімовим), а це говорить про підймання ґрунтових вод, які залягають від 10 до 2 м від поверхні. Якщо ґрунтові води залягають дуже близько до поверхні, в зниженнях утворюються солончаки — сори або шори.

Район між рр. Узень і Уралом відзначається поширенням величезних лиманних займищ — розливів (Чижинські і Комиш-Самарські), розділених плоскими, малопідвищеними рівнинами. Аналогічний характер має на захід від Волги Сарпінський район, що живиться паводковими водами, які стікають з Єргенів, з тією лише різницею, що тут більше солончаків і солончакуватих (реградованих) солонців. Займища — найцінніші в цьому районі сінокосні угіддя.

Від моря відділяється піщаними масивами Волго-Терський район бурих супіщаних ґрунтів, слабосолонцюватих (Герасімов), які закипають від кислоти майже з поверхні. Солі в них трапляються глибше 1—2 м. З бурими ґрунтами сполучаються солончакуваті (реградовані) солонці. Велике значення для відгінного тваринництва мають так звані «Чорні землі» — зимові пасовиська Прикаспійської низовини, що лежать на схід від Єргенів між дельтою Волги на півночі і передгір'ям Кавказу — на півдні. Сюди на зиму перекочують величезні отари овець і череди худоби з Північного Кавказу.

Це, головним чином, піщані і супіщані ґрунти то задернілі, то розбиті, горбисті, які переходять у підніжжі Єргенів у суглинкові солонцюваті в комплексі з солонцями (Басов). Такий же характер має Баскунчацький район, більше глинистий у південно-східній частині.

Приуральський (пониззя р. Уралу) район з важкими ґрунтами частково обводнюється під час розливів Уралу. Комплекс ґрунтів району відзначається підвищеною засоленістю.

Особливий характер мають лучно-болотні ґрунти плавнів Волги, Уралу і Терек, багаті на гумус і оглеєні. У приморській зоні дельти вони солончакуваті.

В області Прикаспійської напівпустині вклинюється величезний (400 км завдовжки і разом з суміжною дельтою Волги площею до 1,5 млн. га) масив Волго-Ахтубінської заплави, що міститься між нижньою течією Волги і її рукавом — Ахтубою. Цей широченний простір являє собою незчисленну кількість островів, розділених «ериками» — протоками, озерами і старими річищами.

Рельєф заплавини, як завжди, нерівний: прируслова частина підвищена, складена піщаними наносами; за нею йде суглинкова знижена центральна заплавина, яка поблизу корінного берега переходить у притерасову.

Як материнські породи островів заплавини, так і її рельєф — результат роботи ріки.

Ґрунти утворюються на алювіальних відкладах. Ґрунтовий покрив різноманітний, починаючи від несформованих ґрунтів на недавньому наносі і кінчаючи дерновими лучними різного ступеню заболочення і засолення і різного механічного складу (піщані, супіщані, суглинисті, глинисті і мулуваті).

На заплавині й дельті головне місце (майже 50%) займають сінокоси і вигони. Засоленим ґрунтам належить до 10%; переважає сульфатне засолення.

Цінність цього району характеризується так: «Величезна територія Волго-Ахтубінської заплавини і дельти р. Волги з картинами дивних ландшафтів, з багатючими ґрунтами, невичерпною кількістю теплової і променистої енергії, з величезним запасом води... невичерпне джерело багатьох тисяч і мільйонів тонн рису, бавовни, винограду, волокна, південних плодів і городини, люцерни, масла, м'яса, риби і т. д.» (І. І. Плюсін, «Почвы Волго-Ахтубинской поймы», Сталінградське обласне в-во, 1938).

Тут добре ростуть бавовна, кенаф, арахіс, кунжут, виноград, соя, цукрове сорго, рис, баштанні, фруктові і ряд інших технічних, лікарських, ефіроолійних і інших теплолюбних культур. Особливо широкі перспективи рисосіяння.

Заходи щодо освоєння заплавини повинні полягати в осушуванні заболочених ділянок її, плануванні ґрунту, потрібного як для полегшення агротехнічних заходів і зрошення, так і боротьби з засоленням, яке посилюється на горбах. Щоб запобігти тривалому затопленню під час повені, потрібне обвалування.

Засоленість ґрунту і ґрунтових вод області відбувається не лише із поверхневих відкладів і ґрунтових вод, але й зв'язана з величезними запасами солі в неглибоко залеглих пермських соленагромадженнях. Про це говорить присутність навіть у водах прикаспійських озер, крім звичайних солей, також і сполук К і Вг (Ніколаєв).

Землеробство приурочене головню до незасолених знижень, де можливе лиманне зрошення за рахунок вод місцевого стоку і річкових.

Проте широко розвинена комплексність і засоленість ґрунтових вод вимагає детально розробити плани зрошення, забезпечивши надійну боротьбу з засоленням ґрунтів.

Поки що, виключаючи деякі райони (піщані простори, згадані вище і острови в дельті Волги), це — область, головним чином, тваринництва.

## ПЕРЕДКАВКАЗЗЯ

До складу Передкавказзя входять території на північ і північний схід від Головного хребта до долини Куми-Маничу і західного берега Каспійського моря (Захаров).

Сюди належать передгір'я Головного хребта і Кубансько-Приазовська рівнина на заході (до 200 м над рівнем моря) і Прикаспійська низина, що лежить майже на рівні океану (Терсько-Кумська і Терсько-Сулакська), — на сході і, нарешті, в центрі — Ставропольське плато з висотами 400—800 м.

Клімат тут міняється, стаючи чимраз континентальнішим у напрямі з заходу на схід. Ставропольське плато порушує правильність цих змін. З другого боку, клімат стає вологіший у міру підймання від передкавказьких рівнин до Головного хребта.

Корінні породи на Ставропольському плато — третинні; те ж і в північній частині передгір'я Кавказу. Далі на південь вони змінюються юрським і почасти крейдяними. На Кубансько-Азовській западині корінні третинні відклади сховані великою товщею елювію, а в Терсько-Кумській западині — каспійськими і алювіальними відкладами.

В утворенні материнських порід відігравали велику роль талі води льодовиків Кавказу, що дали стародавньоалювіальні і флювіогляціальні відклади.

Далі без сумніву позначився вплив на ґрунтоутворення і підземних вод, що приносили розчинні солі за рахунок промивання корінних порід як рівнин, так і передгір'їв.

Панівні материнські породи Західного Передкавказзя — лесовидні глини і суглинки.

Кубансько-Приазовська рівнина (до 200 м заввишки) в основному вкрита чорноземами на лесовидних відкладах, що дають з півночі на південь підзони приазовського карбонатного чорнозему, звичайних, глибоких і, нарешті, «злитих» і вилугованих чорноземів. Трапляються і опідзолені (деградовані) чорноземи, і долинові, і — поблизу плавнів — солонцюваті; крім того, солонцюваті південні чорноземи поширені вздовж Маничу, і на терасах рік (Кагальник, Єгорлик, Мечетна і інші).

По балках і зниженнях залягають солончаки і ущільнені, солонцюваті чорноземи. Степ рябіє «подами», подібними до подів південної України з осолоділими ґрунтами, і лиманами з лучними ґрунтами.

Дельта — гирло Кубані (плавні) являє собою складний комплекс лучних і лучно-болотних ґрунтів, з солончковими і солонцевими ґрунтами. Засоленість ґрунтів зростає в напрямі до моря. Виходячи із сфери надмірного зволоження, плавневі ґрунти «костеповуються», перетворюючись, кінець кінцем, на чорноземи (Йозефович, Ковда).



Меліорація плавнів дає змогу вирощувати рис, городні і технічні (прядильні) культури.

Кубано-Азовські степи і лісостеп являють один із основних районів вирощування хліба (пшениці, кукурудзи, рису — на плавнях — і ряду технічних культур (соняшника, кенафу тощо)).

Ставропольське плато сильно порізане, являючи в центральній частині столові гори («останці»). Материнські породи третинного віку (пісковики, вапняки, глини, мергелі); на зниженнях — лесовидні відклади. Невелику підвищену частину плато займають лесовидні опідзолені ґрунти. На схилах — чорноземи змиті, інколи солонцюваті і солончакуваті (на гіпсоносних глинах), що утворюють комплекси з солонцями і солончаками.

Східна частина Передкавказзя відзначається посушливим кліматом, особливо Прикаспійська низина.

Між Терекком і Кумою лежать напівпустинні степи з бурими солонцюватими супіщаними ґрунтами в комплексах з солончаками і солончаковими луками на каспійських покладах.

Дельта р. Тересу становить солончаково-лучно-болотний район, де засоленість зменшується в міру просування від моря.

Між рр. Терек і Сулак — дельтовий район Тересу, Сулака й Аксаю, де при близькому (1—5 м) заляганні ґрунтових вод на алювій розвинені, головним чином, лучні й лучно-болотні, а почасти й лучні світлокаштанові ґрунти різної засоленості. При зрошуванні потрібний дренаж і боротьба з повторним засоленням. Можна вирощувати рис, прядильні й городні культури.

У Терсько-Сунженській похилій рівнині (Кабарда, Осетія), порізаний багатьма ріками, на флювіогляціальних відкладах, місцями прикритих лесовидними суглинками, розвинені у підвищеній частині глибокі злиті опідзолені й вилуговані чорноземи й сірі лісові ґрунти, а в зниженій — комплекси лучних і лучно-болотних, солончакуватих і солонцюватих ґрунтів.

Тут при проведенні зрошувальних каналів на лесах дуже позначилися «просадки». На невисоких хребтах — гірські чорноземи інколи легкого механічного складу. Між хребтами — солонцюваті чорноземи й каштанові ґрунти.

Ставропольську височину з півночі й сходу охоплює область широкохвилястого степу, де на лесовидних глинах розвинулися південні карбонатні чорноземи, глибокі (до 70 см) темнокаштанові ґрунти, а в долинах — солонці й солончаки. Усі ґрунти більш або менш солонцюваті.

За Кубанню розташована похила рівнина з переходами від злаково-різотравного степу із звичайним чорноземом через лісостеп з дубовими лісами у зону листяних лісів (граб, дуб з сосною, бук), а також і хвойних. Ґрунти тут являють собою різно опідзолені сірі лісові землі.

Тут усі переходи від злитих і деградованих чорноземів, темно-й світлосірих до опідзолених і глейово-підзолистих ґрунтів.

У центральній частині передгір'їв (між рр. Уруп і Терек) гірський рельєф з гірськими чорноземами нормальними й опідзоленими (деградованими) і ґрунтами гірського лісостепу. На вищих хребтах — гірськолучні ґрунти.

За Захаровим, у Передкавказзі чорноземи займають 11,5 млн. га; каштанові ґрунти — 3,4 млн. га; бурі піщані й засолені на Каспійській низовині — 27 млн. га; гірськолісові — 3,3 млн. га; гірськолучні — 2,4 млн. га; плавні — 1,2 млн. га.

Найцінніші з них чорноземи і за своїми фізичними властивостями, і за запасами у них поживних речовин. «Можливо, це — найкращі ґрунти у світі» (Захаров). Проте після багатовікового використання й вони потребують піклування про відновлення структури й запасу фосфору та азоту.

Це область культури пшениць, які набули світової слави (кубанка), соняшнику і інших технічних культур.

Менш родючі лісостепові ґрунти, які більше потребують добрив. Це — ґрунти тютюнових плантацій. Особливе завдання являє, за Захаровим, освоєння «злитих» чорноземів. У передгір'ях велику роль мають відіграти заходи для боротьби з ерозією.

Багаті можливості закладені в ґрунтах плавнів (Кубані, Тересу, Сулака), які потребують ряду меліоративних заходів.

Для бавовництва придатні глибокі суглинкові чорноземи, райони карбонатних суглинкових чорноземів, вилугованих чорноземів; сірі й коричневі (лісові) ґрунти придатні для виноградарства — особливо район гірських неглибоких кам'янистих ґрунтів, що дають «тонкі ароматичні й міцні вина» (Акімцев). Останнім часом західна частина Передкавказзя приймає нову для неї культуру — чай. На лісових ґрунтах — старовинні сади з високоякісними сортами плодівих дерев.

### ЗАКАВКАЗЗЯ

На вузькому просторі, обмеженому зі сходу й заходу морями, а з півночі й півдня великими гірськими системами Великого й Малого Кавказу, на невеликих відстанях відбуваються різкі зміни орографії й зв'язані з ним зміни клімату, ґрунтоутворних порід, гідрології й рослинності. Разом з тим міняється покрив, умови життя людини й форми сільського господарства.

### Грузія

Ґрунти Грузії відмінні у східній і західній половинах. У західній Грузії своєрідну ґрунтову область являє Колхідська низовина — колись морська затока, вкрита глибокою товщею четвертинних

алювіальних відкладів, утворених за рахунок ерозії прилеглих гір (Філософов). Від моря вона відділена прибережним валом, за яким іде знижена болотиста низина з лучно-болотними і торф'яно-болотними ґрунтами; серед останніх де-не-де трапляються сфагнові торфовища.

Ріки течуть у берегових валах, що ділять низовину на межиріччя зниження. На більш підвищених місцях — залишках старовинних річкових терас, що туляться до схилів горбів — дерново-підзолисті ґрунти з жовтуватим горизонтом  $E(A_2)$  («жовто-підзолисті»). Рудякові конкреції у них багаті марганцем і інколи доходять розміру крупних валунів (Ковда). На карбонатному делювії місцями перегнійно-карбонатні ґрунти.

Усі ґрунти глинисті і в умовах вологого клімату схильні до оглеювання. Висока максимальна гігроскопічність (12—14 і до 18%) робить їх дуже чутливими до зменшення вологості, коли затримуються опади.

У зв'язку з зазначеними особливостями, ґрунти Колхидської низовини потребують насамперед осушувальних робіт — забезпечення дренажу і стоку поверхневих вод (Сабашвілі). Такі роботи (Колхидбуд) уже дали для культури нові простори родючих земель.

Інший характер мають ґрунти горбкуватих передгір'їв, які оточують прибережну рівнину і перерізані річковими долинами.

Передгір'я складені з основних вивержених порід (порфіритів). Кора вивітрювання останніх (до 20 м глибиною) є материнською породою. Забарвлення її строкате з перевагою червоного й оранжевого кольорів. На свіжих розрізах здебільшого сизе забарвлення з червоними жилками. У долинах і улоговинах — червонобарвний делювій і алювій, у нижніх горизонтах з оглеєнням.

Сильне зволоження (до 2500, а інколи навіть до 4000 мм опадів на рік) і висока річна температура (13—14°C) є причиною інтенсивності процесів вивітрювання й розкладу, так само як і буйного розвитку рослинності у цій вологій субтропічній області.

Під впливом багатой лісової субтропічної рослинності розвивається підзолистий процес, що дає своєрідні червоноземно-підзолисті ґрунти (Гедеванішвілі, Афанасьєв, Полинов, Сабашвілі), інколи з великим (до 10%) вмістом гумусу у верхньому горизонті. Азоту — 0,3—0,5%. Проте ці ґрунти мало забезпечені рухомими формами як азоту, так, особливо, фосфору. Звідси — висока ефективність на них фосфатів і азотистих добрив.

Сильний розвиток процесів змиву (до 60% території) є причиною поширення молодих червоних ґрунтів з недиференційованим профілем і високою ненасиченістю (у складі увібраних катіонів переважає  $H$ -іон \*). Обмінна кислотність чимала ( $pH = 4,1—4,5$ ).

\* Ряд дослідників вважає, що обмінна кислотність зв'язана не з  $H^+$ , а з  $Al^{+++}$ .

У всіх червоноземно-підзолистих ґрунтах відношення обмінних  $Ca/Mg$  менше одиниці (Сабашвілі).

Ненасичені червоноземні підзолисті ґрунти потребують вапнування у сполученні з мінеральними добривами.

Це — найстаріший у нас (з 90-х років) район культури чаю \*. Агрономічні властивості ґрунтів для чаю визначають за механічним складом (кращі — суглинки), структурою, дренуваністю, реакцією (оптимальна величина  $pH = 5—5,5$ ), змитістю. Щодо придатності під культуру чаю ґрунти розподіляються так: червоноземно-підзолисті, жовтопідзолисті рівних місць; найгірші сильно-підзолисті з орштейновим горизонтом, дуже змиті, карбонатні, болотні, а також важкі, глинисті, піщані й скелетні ґрунти (Сабашвілі).

Площа придатних для чаю ґрунтів у Грузії (без Аджарії і Абхазії) становить близько 140 тис. гектарів (Сабашвілі).

На решті простору Західної Грузії переважають лісові буроземи і гірсько-підзолисті ґрунти. Вище — гірсько-лучні, які є літніми пасовиськами.

На північ від Західної Грузії червоноземи вже не мають суцільного поширення і трапляються тільки на стародавніх терасах.

Разом з тим посилюється прояв підзолистого процесу, але ненасиченість ґрунтів зменшується.

На узбережжі Чорного моря переважають жовтопідзолисті ґрунти з жовтуватим забарвленням горизонту  $E$  і порода з оглеєнням. У Сочінському районі \*\* поширені глейо-підзолисті ґрунти.

Для нижніх горизонтів ґрунтів характерна постійна зволоженість; з нею зв'язані прояви оглеювання. Характерна для морфології ґрунтів велика кількість рудякових («орштейнових») зерен, які залягають поясами.

Один з основних дефектів цих ґрунтів — погана аерація. ґрунти кислі, як і північні підзоли;  $pH$  солевих витяжок дорівнює 4—6; гідролітична кислотність 1,5—7,7 м-екв. Тому посів сидерантів-бобових потребує вапнування; оптимальна для чаю, який культивують у південно-західній частині району поширення цих ґрунтів, величина  $pH = 5,5$ . Фосфати, азотисті й калійні добрива потрібні тим більше, чим дужче опідзолення ґрунтів (Прасолов, Антипов-Каратаєв).

З висотою вони змінюються спочатку бурими лісовими, а потім гірсько-підзолистими і гірсько-лучними ґрунтами субальпійських і альпійських лук.

\* Слід відзначити заслугу піонерів і пропагандистів розведення чаю — Краснова, засновника Батумського ботанічного саду, агронома Клінгена. Цікаво, що в 30-х роках запрошений для консультації англійський експерт висловився проти розвитку чайної справи у Грузинській РСР, через те, що ніби умови не відповідають цій культурі. Цю думку спростовують величезні площі чайних плантацій у Грузії й Азербайджані.

\*\* Краснодарський край.

Сурамський хребет відділяє вологу Західну Грузію від посушливої Східної. Тут вздовж Куринської низини переважають каштанові ґрунти з гіпсовим горизонтом, які переходять на більш знижених позиціях у гіпсоносні, засолені; потім біля підніжжя схилів — солончакуваті і, нарешті, — в алювіальні карбонатно-солончакуваті у річковій долині. З підвищенням місцевості каштанові ґрунти переходять у чорноземні; вище по схилах залягають скелетні лісові буроземи (Гедеванішвілі) і коричневі ґрунти.

У ряді випадків характерний розвиток засолення, джерелом якого є, головним чином, солоносні третинні відклади. Так, у Ширацькому і Караязькому степах плоскі рівнинні простори й улоговини являють комплекс солонцюватих каштанових ґрунтів з солончаками й гіркосолоними озерами. У замкнутих улоговинах і на Алхалкалацькій височині (1740 м) залягають гірські чорноземи. У степу розташовані зрошувані бавовникові поля на каштанових і почасти сіробурих ґрунтах.

У передгірських районах — на лісових ґрунтах дуже розвинено садівництво.

### Азербайджан

Азербайджан лежить в основному на Куро-Араксинській низовині, яка являє собою область опускання (грабен), вкриту алювіальними відкладами з виходами на окраїнах корінних (третинних, крейдяних, юрських) і вивержених порід.

Східна частина низовини лежить нижче рівня океану, підвищуючись на захід до 80 м над ним; на північній і південній окраїнах переходить у горбисті передгір'я Великого й Малеого Кавказу. Ріки, що стікають з передгір'їв, у більшості не доходять до Кури, бо частково їх розбирають на зрошування, а частково вони зникають у великих болотистих зниженнях — «чалах».

На північ від Кури лежить Ширванський степ — сільськогосподарський район у своїй підвищеній, краще обводненій частині і пустинний — ближче до Кури. Між Курою й Араксом — Мільський степ, який прилягає до підніжжя Карабахського плато, як і перший, освоєний у своїй підвищеній південній частині.

На південь від Араксу — Муганський степ, мало піднятий над рівнем Каспійського моря і в північній частині прорізаний рукавами Араксу. З 1902 р. це — основний бавовницький район Закавказзя.

Характерними рисами низинного Азербайджану є його посушливий, напівпустинний, а в східній частині — пустинний клімат і різкі прояви засолення.

Джерела засолення: 1) солі, залишені у морських відкладах, які заповнюють грабен р. Кури; 2) принесення солей ґрунтовими водами від прилеглих до низовини гірських структур і передгір'їв

(Приклонський, Шульга, Тюрємнов і інші). Велика кількість у Закавказзі соляних покладів і солоносних порід обумовлює засоленість ґрунтів у колосальних масштабах; нарешті, і води Араксу мінералізовані настільки (утричі більше, ніж, наприклад, у Нілі — за Косовичем), що після повторних розливів і поливів випаровування води при відсутності дренажу \* може створити високе засолення ґрунтів.

Недоврахування цього при проектуванні зрошувальних систем призвело до різкого засолення й заболочування такого цінного району, як Муганський степ (засолення дійшло 90%). Тільки після спорудження глибокого (до 5 м) дренажу ґрунти почали розсолюватися, віддаючи у дренажні води щороку 103—122 тонни солі (Бесєднов).

Рослинність — тугайні ліси на заливних луках вздовж Кури й Араксу й галофітно-болотно-лучна рослинність на широкій області їх розливів. На південній і північній окраїнах — ефемерно-полинові степи у комплексі з кураїовими, які переходять у передгір'ях у вузьку смугу полиново-дерновинно-злакового степу у комплексі з пустинними групуваннями, за якими йде зона дерновинно-злакових степів, а потім зона дубових лісів і, нарешті, гірських альпійських лук (Гроссгейм).

Вздовж Каспійського узбережжя з півдня на північ ідуть плавні р. Кури, вузька смуга кураїових пустинь, потім ефемерно-полинові пустині з кураєм. Виняток становить Апшерон з ефемеровими тонконоговими луками й солончаками.

Ґрунтовий покрив Азербайджанської РСР міняється за законом вертикальної зональності у напрямі від середини низовини до гір — починаючи з сіроземів через бурі, світло- й темнокаштанові ґрунти до ґрунтів лісових (сірих і коричневих), здебільшого минаючи чорноземні, які трапляються тільки де-не-де. Ґрунтова серія закінчується гірсько-лучними ґрунтами. Характер ґрунтів визначає тут не тільки висота, але й експозиція схилів і геологічна будова місцевості.

З другого боку, слід відзначити зміну ґрунтів і в напрямі із сходу на захід від пустинних солончакових сіроземів узбережжя Каспійського моря через сіроземи до бурих і каштанових ґрунтів підвищеної частини низовини.

У західній частині Азербайджанської РСР, в Кіровобадському районі, трапляються перегнійно-сульфатні ґрунти на «гажах» — білій борошністій багатій на гіпс породі, які підстилають галечники, а також темнокаштанові карбонатні важкі, злиті, ущільнені ґрунти на продуктах вивітрювання крейди. Незважаючи на карбонатність, вони солонцюваті (Преображенський). У цьому районі сильно розвинені галечники, які підстилають делювіальні відклади. Тому тут забезпечений дренаж і майже немає засолення, але часто верхній дрібно-

\* Дренаж дає можливість промивати ґрунти, а разом з тим і усувати скупчення солей у верхніх його горизонтах, а крім того, знижує рівень ґрунтових вод.

землистий шар зовсім не досить глибокий, щоб забезпечити достатній запас води. У горах на карбонатній корі вивітрювання залягають гірські чорноземи.

Зовсім інший характер має східна знижена частина Куринської низовини. Тут розвинені глибокі товщі алювіальних відкладів; природний дренаж не забезпечений.

Просуваючись із Мугані на південь, у передгір'я гірської системи Талишу, знаходимо полинно-типчаково-тирсові степи на каштанових і місцями на чорноземних ґрунтах.

Далі на південь лежить східний район вологих субтропіків, Ленкоранський, зв'язаний з гірською системою Талишу, що захищає його з південного заходу і заходу і затримує вологу, яка доноситься з моря. Кількість опадів менша, ніж у західній Грузії (1300 мм в основному восени) і велика континентальність: при середній річній температурі  $+14^{\circ}$  мінімальна — до мінус  $12-15^{\circ}$ .

Цей район розпадається на приморську акумулятивну рівнину, що складається з морських терас, і власне гірський Талиш. Останній складається із вулканічного нагір'я на південному заході, розчленованого гірського плато на центральному північному заході і складчастих гірських систем, що обводять це плато (Н. А. Лебедев).

Низовинна зона, рясно зволожена поверхневими і ґрунтовими водами, що стікають з гір, зайнята болотними, підзолистими і глейопідзолистими ґрунтами з очеретяними болотами і вільшняками. Це — зона тисячолітньої культури болотного рису, в переважній своїй частині пристосована під його посіви.

У передгір'ях своєрідні ліси залізного дерева (*Parrotia persica*) — єдиний у світі релікт цього виду третинної флори. Вище — дубово-грабові, потім смерекові гірські ліси і, нарешті, типчаково-ковилові гірські степи.

Корінні породи в південно-західній смузі — базальти, андезити і їх туфи. Увесь інший простір гірського Талишу вкритий третинними відкладами різного віку (пісковики, вапняки, сланці).

Ґрунти гірськолісового Талишу — жовтоземи з незначним проявом підзолистого процесу, з яскравожовтим забарвленням нижніх горизонтів, з масою м'яких залізо-марганцевих конкрецій у них. З підвищенням місцевості опідзолення зростає.

Куро-Араксинська рівнина Азербайджану — сухі субтропіки — з господарського огляду досі являла лише зимові пасовиська. Висока якість солярного клімату при зрошенні робить її одним із найцінніших районів для вирощування високоцінних сортів бавовни і інших теплолюбних культур. Проте організація зрошувальних систем, як показав досвід Мугані, потребує виняткової уваги до заходів, спрямованих на боротьбу з заболочуванням і засоленням і до поліпшення фізичних властивостей ґрунтів. Мінгечаурська гребля ЗДЕС (ГЕС), побудована на Курі, дає змогу різко збільшити поливні площі.

Добре дренажований західний (Кіровабадський) район дає прекрасний виноград і бавовник. Найсприятливіші для сільського господарства умови передгір'їв.

Останнім часом культура чаю поширюється на південний схил Головного хребта й на Талиш — до 650 м абсолютної висоти. Досі це — район цінних садових культур (у тому числі хурми, гранатника тощо).

\* \* \*

Своєрідний характер має природа і ґрунти приморської смуги Кубінського району Азербайджану, що лежить на південний схід від Дагестану. Зрошуваний великою кількістю річок, які збігають з гір, у своїй північно-східній частині він вкритий більш-менш солончаковими луками, а далі, вздовж залізниці на Баку — добре промитими перегнійними «тугайними» ґрунтами під заплавами дубово-грабовими лісами з ліанами (Імшенецький).

### Дагестан

Розташований між східним краєм Великого Кавказу й Каспієм, Дагестан ділиться на низовинну й гірську частини. Низовинна у північній половині Дагестану вкрита солончакуватими болотно-лучними ґрунтами з великою кількістю солончаків, у південній — світлокаштанові ґрунти з солонцями й солончаками, вкриті злаково-полиновими формаціями. Вище простяглися чорноземні степи, далі — лісові ґрунти дубових і букових лісів, які межують з високогірськими луками.

До сухих субтропіків (більше чотирьох жарких місяців з середньою температурою понад  $20^{\circ}\text{C}$ ) зараховують також і південно-східний Дагестан, починаючи від м. Дербента (Акімцев).

При середній річній температурі  $+12,6^{\circ}\text{C}$  зимові мінімуми доходять до  $-17,3^{\circ}\text{C}$ . Опадів у середньому 365 мм (200—500 мм); випадають вони, головним чином, восени. Це викликає потребу забезпечити зрошування в літні місяці.

Материнські породи — каспійські відклади й делювіальні наноси. Місцями — виходи соленосних порід і зв'язані з ними солоні озера й солончаки.

Ґрунти буро-каштанові з різко виявленою солонцюватістю і поганими фізичними властивостями, що викликає потребу хімічної меліорації. На межі з Кубінським районом Азербайджану — тугайні ліанові ліси на алювії.

Передгір'я південного Дагестану (до 600 м) вологіші (420 мм опадів), з бурими лісовими ґрунтами, інколи яскравочервонуватого відтінку.

У гірських долинах розвинені неглибокі світлокаштанові ґрунти, які при зрошуванні становлять ряд труднощів (замулювання, брилуватість, важкість обробітку, заболочування). На крутих схилах застосовується терасування.

У цих районах мають перспективу такі субтропічні культури, як інжир, хурма, маслина, гранат, мигдаль, фісташки, їстівний каштан, можливо китайський фінік-унабі.

### Вірменська РСР

Це гориста, одна з найвище розташованих союзних республік, найвища вершина якої — погаслий вулкан Алагез досягає висоти 4096 м; між гірськими хребтами лежать підвищені плато (Лорійське до 1432 м, Ленінаканське — 1525 м і інші) й Єреванська влоговина (920 м).

Підвищена територія Вірменії не тільки складена складками й поламана скидами, але й одіта продуктами вулканічних вивержень, які вкривають не тільки ці порушення напластунів, але інколи навіть і старовинні ґрунти. Базальти надали Вірменії платоподібної будови (Захаров і Акімцев).

З великим поширенням вивержених порід зв'язана не тільки кам'янистість ґрунту, але й цілі величезні покриви захололої лави («чингіли») і вулканічних туфів, які вкривають великі простори. Вулканізм, таким чином, відіграє чималу роль у геології й рельєфі Вірменії, впливаючи великою мірою й на ґрунтоутворення.

Завдяки сухому кліматові льодовикові явища в сучасній Вірменії не мають великого значення. Проте встановлено сліди стародавнього зледеніння на Алагезі (Личков), де знайдено і викопний лід.

\* Клімат Вірменії континентальний. В Араксинській низині — субтропічний, сухий, з жарким літом і суворою зимою; помірно теплий — у передгірській частині; степовий континентальний — на високих плоскогір'ях, холодний — у високогір'ях.

Загалом північна частина Вірменії має вологіший клімат, ніж південна; південна, навпаки, відзначається явною посушливістю. Навіть високогірські плато терплять від нестачі вологи, незважаючи на значну кількість дощів і снігу.

Причина цього — по-перше, тріщинуватість лавових покривів, а по-друге, христуватість нижніх горизонтів ґрунту, внаслідок чого вода опадів не затримується у верхніх горизонтах, проходить углиб і проявляється у зниженнях у вигляді численних джерел і річок. Це надає посушливого характеру надгір'ям Вірменії, з одного боку, обумовлюючи заболочування низин, з другого.

Рослинність лісова і «післялісова» вкриває висоти 500—2300 м; пустинну і напівпустинну знаходимо у низині і Єреванській уло-

говині (600—1200 м), степову — на плато (1200—1800 м). Вище йдуть лучні степи (1800—2300 м), субальпійські (2300—2800 м) і альпійські луки (2800 м і вище) (Магак'ян). Розподіл рослинності залежить не тільки від висоти, але й від експозиції схилів, крутизни й характеру субстрату (наприклад, кам'янистість їх), від місцевого клімату й, нарешті, від діяльності людини за багатотисячорічну історію країни. Так, гірські ліси збереглися, головним чином, у північно-східній і південно-східній частинах Вірменії, але й там значні простори зайняті «післялісовими» луками, де трав'яна рослинність змінила лісову, а разом з тим відбулася «проградація» ґрунтів, і вони набули характеру чорноземів.

Надзвичайна різноманітність фізико-географічних умов Вірменії (рельєф, геологія, клімат), природно, відбилася й на строкастості ґрунтового покриву, у змінах якого можна простежити певну загальну закономірність (вертикальна зональність).

Материнськими породами Вірменії насамперед є «карбонатна кора вивітрювання» основних порід (базальти, андезити), які являють собою пухкі карбонатні жовтуваті важкі суглинки з високим вмістом калію й фосфору (Полинов, Мірім'ян).

На гірських плато, де дуже позначається фізичне вивітрювання, вивержені породи розпадаються на дрібну щебінку, пересипану дрібноземом; персипийні горизонти у цьому випадку безпосередньо переходять у тверду породу, поширюючись углиб по тріщинах. Вивержені породи є підґрунтям і на схилах, звідки дощі змивають дрібнозем, залишаючи щебінчастий матеріал. У низинах і улоговинах (наприклад, Єреванській) материнською породою є алювіальні, делювіальні й пролювіальні \* відклади (Захаров і Акімцев).

В напрямі від низин до нагір'їв і вершин трапляються такі ґрунти: алювіальні лучні, сіроземи приараксинської низовини й єреванської уловини, в тій або іншій мірі солончакуваті; бурі, гірські каштанові, гірські чорноземи, гірськолісові, гірськолучні коричневосірі й торф'янисті і, нарешті, «примітивні» ґрунти, розкидані зрідка ділянками поміж камінням і скелями (Захаров).

У південно-західній частині республіки лежить велика єреванська уловина, обмежена на північному заході р. Арпачай і на південному заході — р. Аракс.

Це — напівпустині з кам'янистими сіроземами й бурими ґрунтами; у приараксинській долині ґрунти христово-піщані, місцями — солончакові, які займають до 160 тисяч га (5% площі республіки). Основний тип ґрунтів — сірозем. На знижених ділянках — солонцево-солончаково-болотисті комплекси. При 300 мм опадів, це — район давнього зрошуваного землеробства і старої культури бавовника, винограду, рису, кунжуту, рідини, персиків, абрикосів.

\* Пролувіальні — відклади, залишені грязьовими потоками з гір.

Незабаром велика частина напівпустинь одержить воду й дешево електроенергію за рахунок вод озера Севан (Гокча).

На плато середньогірської степової зони — Ленінаканському, Зангезурському, Лорійському, Ахтинському, Севанському (на півночі вище 600 м, а на півдні вище 1400 м) головним типом ґрунтів є чорноземи, починаючи від карбонатних і кінчаючи вилугованими. Вміст гумусу інколи доходить до 17% (Магак'ян). На схилах чорноземи щербисті.

У зниженій частині Ленінаканського плато чорноземи солонцюваті з плямами солонців. У Лорійському степу чорноземи трапляються як нижче лісів, так і вище від них (Міріман'ян). Степові формації і зв'язані з ними чорноземи з'явилися на зміну лісам, знищеним людиною (Міріман'ян). В результаті вирубування лісів і пасіння худоби дуже поширені змиті ґрунти.

Незважаючи на багатство чорноземів, рухомість поживних елементів у них недостатня; у карбонатних чорноземах вона збільшується під впливом легкого кислування. Розпорошеність ґрунтів обумовлює поганий водно-повітряний їх режим (Міріман'ян).

Чорноземні степи — база зернових культур, особливо озимої пшениці, цукрових буряків, льону, картоплі, конопель, силосних і кормових культур. На карбонатних чорноземах відкриваються широкі можливості для вирощування плодкових, ягідних і овочевих культур, а також бобових рослин.

Із загальної площі чорноземів — 670 тисяч га (25% земельного фонду) використовується тільки одна третина. Решта, внаслідок кам'янистості й горбкуватості вулканічного рельєфу, придатна тільки для пасовиськ і залісення (Міріман'ян). Очистка від каміння дасть можливість збільшити площі сінокосів і підвищити їх родючість за допомогою зрошування. Для відновлення структури ґрунтів при зрошуванні потрібне гіпсування і введення у сівозміну багаторічних трав. Посушливість клімату потребує зрошування, яким, проте, не слід зловживати у високогірських районах.

У лісовій зоні виділяють темно- й світлосірі, підзолисті й дернові лісові ґрунти (Докучаєв). Трапляються сірі лісові ґрунти — продукт деградації чорноземів і каштанових ґрунтів. З другого боку, на місці вирубаних лісів виникли лучні степи — сінокоси.

Ліси — переважно букові \* (у північно-східній частині), потім ідуть дубові й грабові. На сухих кам'янистих південних схилах інколи трапляються соснові гаї (Магак'ян). Дуже поширені на схилах ліси арчі (яловець); зрідка — тисові насадження.

У минулому Вірменія була більш заліснена, ніж тепер, коли лісові площі дуже зменшилися під впливом людини (Міріман'ян, Магак'ян і інші).

Ґрунти субальпійської зони — гірсько-лучні відзначаються

\* Горішки буку дають цінну харчову олію.

чималою скелетністю, а інколи й кам'янистістю, і високим вмістом гумусу; вони суглинкові. В основному це пасовиська, а коли заборонити випас, можуть бути добрими сінокосами, для цього тільки треба позбутися каміння, грудок і отруйних рослин, а також прокласти дороги. Оранку тут треба заборонити, бо вона без запровадження системи протиерозійних заходів сприяє розвиткові селевих (грязьокам'яних) потоків.

Ґрунти альпійської зони дуже дерністі й торф'яністі, відзначаються високим зволоженням. Багато озер — особливо на Алагеї з його снігами й невеликими льодовиками.

Суворі умови альпійської зони роблять її непридатною для землеробства. Як літні пасовиська (ейлаги), вона має величезне значення для усього Закавказзя. Це — база високоякісної молочної продукції.

Альпійське господарство передбачає ряд культурних заходів (вивезення каміння, регулювання строків випасу й характеру його за видами тварин, боронування лук, підсів цінних трав тощо), (за Магак'яном).

#### СИБІР

На розвитку рослинності й ґрунтового покриву Сибіру, Кавказу та Середньої Азії \* дуже позначився вплив усього комплексу фізико-географічних умов. Уже сама будова поверхні великих просторів створює надзвичайну різноманітність умов ґрунтоутворення. Дуже мінливому рельєфу (орорельєфу) відповідають нерівні зміни макроклімату. Сполучення високих (а в Середній Азії і найвищих) хребтів з величезними низовинами відбивають геотектонічні особливості цієї частини Азії. Вони створюють передумови для великих опадів в одних гірських районах і надзвичайну бідність на них у інших, захищених від західних вітрів гірськими хребтами. З цим зв'язана й різноманітність у зволоженні прилеглих до них низовин.

У тих випадках, коли надмірне зволоження останніх сполучалося або сполучається з великими підземними запасами солей, розвиваються інколи в величезних масштабах галогенні ґрунти (солончаки, солонці, солоді, засолені й солончакуваті болота, солонцюваті й осолоділі ґрунти різних видів).

Могутні сибірські й середньоазіатські ріки протягом довгого часу свого існування нагромаджували алювіальні відклади різного складу, які вкривають собою цілі низовини (Західносибірська і інші). Зледеніння, що захопили північ Сибіру і його гірські системи, в тому числі і нині звільнені від льодовика, лишили звичайні для них сліди у вигляді моренних і флювіогляціальних відкладів. Нарешті, і корінні породи в Азіатській частині СРСР мають значно більше значення для ґрунтоутворення, ніж у Європейській частині, де вони здебільшого сховані під найновішими відкладами.

\* Які займають близько 75% усієї території Радянського Союзу.



Ґрунти Азійської частини СРСР утворюються як на продуктах вивітрювання первісних масивнокристалічних порід, так і на осадових відкладах різного віку, починаючи від найстародавніших кембрійських і силурійських Східного Сибіру і кінчаючи неогеновими (верхньотретинними). Серед них знаходимо як безкарбонатні, так і карбонатні та соленосні, причому соленосні доходять до крайньої півночі (навіть на півострові Таймир знайдені соляні куполи).

Відмінності в будові корінних порід відбиваються і на четвертинних наносах — як безпосередньо, коли вони утворюються в результаті розмивання і перевідкладення водними потоками, льодом і вітром перших корінних порід, так і посередньо, якщо вони зазнавали діяння підземних вод, які приносили із глибини розчинні речовини.

Клімат Азійської частини СРСР, яка простягається між 35° 38' (Кушка) і 77° 40' (мис Челюскін) північної широти, дає ряд переходів, починаючи від сухих субтропіків Середньої Азії до тундр Арктики і з заходу на схід — від жарких пустинь Середньої Азії до мусонного клімату далекого Східного Примор'я і до холодних пустинь району смуги холоду і з такою ж, як і в пустинях Півдня, кількістю опадів (менше 100 мм на рік).

Різноманітності клімату, геології і рельєфу відповідають зміни рослинності, починаючи від ефемерних асоціацій і саксаульників Середньої Азії і від лісів Приамур'я до тайги, гірських тундр і тундр Заполяр'я.

Велику роль у змінах ґрунтового покриву Сибіру відіграє ґрунтовий вік різних частин його; наприклад, у Західному Сибіру розвиток ґрунтів міг розпочатися лише в післятретинний час, після відкладу осадів на величезних алювіальних рівнинах, залишених потужними потоками, тоді як у Східному Сибіру, де ґрунти сформувалися на продуктах вивітрювання стародавніх корінних порід, процес ґрунотворення, порушений денудацією, має дуже стародавню історію.

А втім, оцінюючи роль рослинності в ґрунотворенні, слід пам'ятати, що в утворенні ґрунтів брала участь рослинність не тільки сьогодишнього дня, але й попереднього періоду, в умовах тодішнього клімату і рельєфу, можливо, не завжди подібних до сучасних.

Так, деякі ґрунти лісостепу, вкриті тепер лісовою рослинністю, не зовсім ще втратили властивості, які вони набули в степовий період їх існування. Приклади цього: великий вміст гумусу, неглибокий горизонт карбонатів, високий ступінь насиченості і т. д.; солончакові сильно перегнійні лучні ґрунти, очевидно, могли нагромадити велику кількість гумусу лише при такому розвитку лучної рослинності, який уже неможливий тепер через засоленість ґрунтів. Крім того, рослинність, що вкриває ті чи інші ґрунти, іноді має вторинний характер (березняки і осичники замість ялинових і дубових лісів; трав'яні формації замість лісових через пожежі та вирубки).

Сучасні умови — особливо сільськогосподарська культура — можуть докорінно змінити співвідношення між ґрунтом і діючим комплексом ґрунотворення, яке створилося раніше.

Сюди належать зміни режиму підземних вод, що виступають як внаслідок ерозійних процесів, які посилюють дренавання місцевості, так і завдяки епейрогенезу — коливанням земної кори, осіданням її в одних місцях території і підняттям — в інших. Крім підняття і осідань великих просторів (геосинкліналей), відбуваються також рухи малого масштабу. Так, у різних частинах СРСР (Північний Край, Західний Сибір) відомі випадки переміжних озер, коли одні з них час від часу спорожняються, тоді як інші, навпаки, наповнюються (Горшенін).

Початок нового гідрологічного режиму натрапляє на ґрунти, які створилися в попередній період з зовсім іншими умовами зволоження, іншою рослинністю, що її більш або менш поступово витісняють нові формації (наприклад, лучна змінюється галофітною, яка інакше впливає на баланс органічної речовини в ґрунті, гідрофіли змінюються гідрофітами або мезофітами і т. д.).

У значній мірі міняють склад рослинного покриву і тварини, що пасуться на ньому. Різко міняє склад рослинності господарська діяльність людини.

Великого значення для ґрунотворення в лісовій зоні Сибіру, як і в інших частинах СРСР, набули лісові пожежі, що різко міняють екологічні умови і склад рослинності. Рослинність і ґрунтовий режим згаріш зовсім інші, ніж поза ними (Степанов).

Вересняк замість соснових лісів, осичняки й березняки — замість дубових і ялинових, заболочування — ось наслідки пожеж і суцільних вирубок. Найважливіші зміни рослинного покриву закономірно зв'язані з його власним внутрішнім розвитком — певна річ, у тісній залежності від зовнішніх умов.

### Західносибірська низовина

При розгляді ґрунтів Сибіру насамперед впадає в очі величезна Західносибірська низовина, яка знижується з 250—300 м на півдні до 30—50 м на півночі. Протягом тривалого часу вона зазнавала впливу опускання, а це відбулося і на її водному режимові, і на рослинності, і на ґрунтовому покриві.

Ряд особливостей її говорять про тривалий процес опускання, який позначається на всій природі цієї фізико-географічної області. Сюди належить, по-перше, величезної довжини Обська губа — результат заглиблення нижньої течії ріки, по-друге, грубий покрив осадових відкладів, зокрема четвертинних, слаба дренаваність і сильна заболоченість. Крім того, найінтенсивнішу тенденцію до осідання виявляють окремі ділянки низовини, як, наприклад, Приіртиська низина, район Кулунди і Бараби, величезні заболочені площі Васьюган'я. Показником місцевих осідань є як високе стояння ґрунтових вод, так і зв'язані з ним явища заболочування і засолення, що охоплюють всю середню частину низовини. Від них вільні лише західна окраїна, яка підіймається до Уральського хребта, і південно-східна — що переходить до Алтайської гірської системи.

У межах Західносибірської низовини корінні породи на переважній частині її були під грубим покривом алювіальних і флювіогляціальних відкладів, а на півночі — під відкладами бореальної трансгресії північного моря, що наступало уже в четвертинний період.

На півдні і південному заході (в Челябінській області і північних районах Казахстану) близько до поверхні підходять третинні соленосні відклади — залишки соляних лагун і лиманів, багаті хлоридами і сульфатами. Це приводить до сильного розвитку тут галогенних ґрунтів і засоленних ґрунтових вод.

В інших же частинах краю, де немає видимих джерел засолення, їх слід шукати в товщі корінних геологічних відкладів, можливо, значно старішого віку, ніж третинні.

Цікаво, що найяскравіші прояви сучасного засолення ґрунтів з характерною галофітною флорою приурочені не до півдня країни, а до слабо дренажних знижень, згаданих вище.

Маємо вказівки на те, що численні в Кулунді і Барабі, а почасти і північніших районах краю соляні озера зв'язані з так званим «соляним карстом» і приурочені до підняття близько до поверхні соляних куполів, витиснутих із великих глибин (Ільїн).

А в інших випадках ці озера дістають своє сольове живлення через приплив підземних вод, що несуть солі із глибинних соленосних відкладів (Дзенс-Литовський, Гладцин і ін.).

Про роль геологічного фактору в засоленні озер говорить іноді своєрідний розподіл у приозерних западинах солончаків і зв'язаної з ними галофітної рослинності, приурочених до однієї частини узбережжя озера і слабо розвинених



на інших (оз. Чани); відзначають навіть різний характер води на різних берегах озера Чани — майже прісна з північного сходу і солона — з південного заходу.

У зв'язку з цим процеси заболочування, засолення і розсолення відіграють велику роль у формуванні ґрунтового покриву, іноді різко міняючи вплив зональних (кліматичних) факторів, особливо в середній, найбільш зниженій частині Західносибірської низовини.

Північна частина Західносибірської низовини зайнята тундрою (арктичною, далі на південь — лишайниковою і моховою), яка на півдні переходить у лісотундру з сосновим і ялиновим рідколіссям.

Далі на південь розташована болотно-підзолиста зона, де через малу дренажність простори між річковими долинами заболочені, ґрунтові води стоять високо; тут переважають мохові болота, на більш підвищених місцях з пригніченою лісовою рослинністю. Ліси хвойні — ялинові, на пісках — соснові.

Вздовж рік дуже поширені піщані поклади. Ліси приурочені до річкових долин, які забезпечують дренаж і зниження рівня ґрунтових вод.

Легші ґрунти характеризуються меншим поверхневим заболочуванням. Так само впливає і карбонатність материнських порід, з якою зв'язана краща структурність, а разом з тим і краща водопроникність ґрунтів.

Для цієї частини Західносибірської низовини характерне поширення глейово-підзолистих ґрунтів з розвиненим на поверхні торф'яним горизонтом.

У заплавах рік — болотно-лучні ґрунти, які займають величезні площі, але вони через заболочування дають трави низької якості.

Сільськогосподарське значення цієї області невелике. Ниви тут розкидані невеликими клаптями на менш заболочених ділянках з ґрунтами кращої якості (сухіші прирічкові, з легшими суглинковими і структурнішими ґрунтами).

Південна підзона підзолистої зони характеризується також лісовою рослинністю, головню листяною (осика і береза), на піщаних просторах ростуть соснові ліси.

Центральна частина підзони, найбільш знижена, відзначається сильною заболоченістю міжрічкових просторів. Тут поширені лучно-болотні і дерново-лучні ґрунти. Підзолисті ґрунти розвинулися як на піщаних масивах (соснові бори), так і на суглинкових відкладах. Поява галофітної рослинності у південній підзоні свідчить про вплив засолення на ґрунти. Очевидно, частина підзолистих ґрунтів утворилася із солонців і солодей (Горшенін). Це — гірші ґрунти.

Підзоли в процесі свого розвитку, заболочуючись, вкриваються моховим торф'яним покривом і переходять, таким чином, у вододільні мохові болота.

Західна і східна частини південної тайги, більше підняті, зайняті дерново-підзолистими ґрунтами з слабкими ознаками опідзолювання. Це — найцінніші з сільськогосподарського погляду ґрунти. Найлегше засвоюються супіщані ґрунти. Болотні ґрунти після осушування дають цінні сільськогосподарські угіддя, причому поліпшуються умови і на всій прилеглий до них території.

Щодо вкритих лісом площ, то для перетворення їх у ниви, крім розкорчовування, потрібна система заходів, спрямованих на закріплення основ родючості дерново-підзолистих ґрунтів — на боротьбу з післядією підзолистого процесу через збагачення органічними речовинами, поліпшення реакції, структурності і водно-повітряного режиму.

Як і в інших частинах лісової зони, неприпустиме безпланове, анархічне розкорчовування лісу: повинні бути точно розмежовані райони лісового й сільськогосподарського користування. Цінні будівельні ліси, кедровники, що дають «кедрові горішки», лісові масиви на піщаних ґрунтах і водоохоронні ліси мають бути об'єктом особливої уваги і оберігання. Освоєння величезних лучних просторів по Обі і її притоках потребує добре продуманого плану їх меліорації.

Чорноземна зона в Західному Сибіру, як і в Європейській частині СРСР, представлена підзоною лучних степів з розкиданими по ній острівцями лісів (лісостеп), який переходить на південь і південний схід (до Алтаю) в степи (різнотравно-злакові і дерновинно-злакові).

Проте поступовість у цих переходах від північних представників чорноземної групи (вилуговані тучні чорноземи і опідзолені) спостерігається лише в підвищених східній і західній частинах Західносибірської низовини. У центрі ж замість звичайних для північної частини чорноземної зони ґрунтів — глибоких чорноземів — знаходимо своєрідну ґрунтову провінцію — лучно-солончаково-болотну смугу (Горшенін).

Середній частині низовини властивий гривистий, увалистий рельєф з гривами різної висоти й улоговинами між ними, які не забезпечують достатнього збігу поверхневих вод і дренажу місцевості.

Що ближче до центральної найбільш зниженої частини, то більшого значення набувають процеси заболочування і засолення ґрунтів.

Особливо розвинені солонцюваті ґрунти з солончаками і солонцями, що переважають тут. На підвищених позиціях розмістилися осолоділі і опідзолені ґрунти. Низькі гриви зайняті дерново-лучними ґрунтами. За ними йдуть болота (головним чином, трав'яні) — як у зниженнях (глибина торфу 1—2—10 м), так і на низьких гривах. У деяких частинах Бараби заболоченість доходить до 70—80% (Горшенін). Різко зменшується заболоченість поблизу рік, долини яких дренають місцевість.

Кращі ґрунти — дерново-лучні; негативні їх риси — надмірне зволоження, не зовсім задовільні теплові властивості; хліба на них часто вилягають і не дозрівають. Далі йдуть осолоділі і опідзолені з добре розвиненим дерновим горизонтом. Ґрунтовий покрив строкатий, а це ускладнює господарювання.

Надмірне зволоження підказує потребу насамперед осушування. Проте слаба природна дренажність місцевості утруднює меліорацію. Дуже ускладнює завдання і засоленість ґрунтів, які підлягають осушуванню, внаслідок чого при зниженні ґрунтових вод солончаки і солончакові болота перетворюються в солонці (Рожанець, Горшенін). Неправильне осушування в минулому зіпсувало значні площі Бараби.

Тому освоєння родючих просторів цієї фізико-географічної провінції являє собою величезну комплексну проблему, яка потребує всебічного науково-виробничого розроблення. Плани і проекти освоєння цієї смуги повинні базуватися на глибокому вивченні природних умов (геоморфологія, гідрологія, геологічна будова, ґрунтовий і рослинний покрив) з обліком не тільки найближчих і більш віддалених, але разом з тим і більш тривалих наслідків меліорації.

Чорноземна зона в Західному Сибіру повторює в великому масштабі картину, що спостерігається на інших так само великих рівнинах світу (Середнє Придніпров'я, Оксько-Донська низина, угорська низовина і прерії суміжних штатів США і Канади в Північній Америці).

Рельєф тут — здебільшого слабо розчленований, рівнинний з розкиданими по рівнині западинами різної величини і глибини (як поди півдня України). Найбільш знижена центральна частина зони; ознаки осідання помітні і на окремих ділянках рівнини (Приіртиська низина, зокрема район озера Чани). Місцями вододільні простори між річковими долинами характеризуються гривистим мезорельєфом.

Вздовж лівобережжя Обі тягнеться Приобське плато, що височить над Кулундинською западиною; води з нього в вигляді невеликих річок стікають в озера Кулундинського степу. З другого боку, цей степ відділений від р. Іртиша широким увалом.

Річкова система слабо розвинена\*, дренажність місцями зовсім недостатня; до цього приєднується ще складний, з великою кількістю западин мезо- і мікрорельєф. У зв'язку з цим тут величезна кількість озер як прісних, так і солоних, гіркосолоних і содових (Петуховські озера).

Живляться озера як за рахунок поверхневого збігу атмосферних осадів, так і підземного припливу вод (Дзєнс-Литовський, Гладцин). Цей приплив здійснюється завдяки тектоніці краю,

\* Об, Іртиш, Ішім і Тобол майже не мають приток.

де поряд з опущеними ділянками низовини на південному сході височать гірські системи Алтаю і Тарбагатаю.

Тісно зв'язана з цим майже повсюдна засоленість ґрунтових вод, велика кількість солонців, солончаків, солоних озер і солончакових болот.

Засолення підземних вод, а через них і ґрунтів слід поставити не лише на рахунок солоних третинних відкладів, прикритих континентальними наносами пізнішого часу, але ще в більшій мірі за рахунок потужних соленагромаджень стародавніших відкладів, що залягають як у межах низовини, так і в навколишніх гірських системах.

Материнські породи ґрунтів — найважчі в центральній частині; в окраїнах переходять у суглинки; на фоні їх розкидані легші ґрунти, особливо поширені вздовж верхньої течії Тоболу в західній частині Приіртиської западини. Місцями нагору виходять третинні відклади чи солоносні, чи карбонатні, чи гіпсоносні.

Чорноземна зона розпадається на лісостеп (лучний степ) і степ. На відміну від європейського дубового лісостепу (дубовий передстеп) лісова формація являє собою березові гайки («колки») з домішкою осики, розміщені, особливо далі на південь, в низинках з осолоділими ґрунтами.

Березові гайки розсіяні по всій чорноземній зоні; в лучному степу їх рясніше (Горшенін). На пісках — соснові бори (на межиріччі Об—Іртишу, Приоб'ї і Приіртишші і т. д.).

Трав'яна рослинність у північній частині зони з характером лучно-степової, яка далі на південь переходить у різнотравно-злакову і, нарешті, дерновинно-злакову, з рідким травостоєм.

Ліси в вигляді окремих березових гайків розміщені головню на зниженнях, зайнятих осолоділими ґрунтами. Солонцевий процес таким чином готує ґрунт для поселення лісу. Ці «острівні» ліси, дуже згущені з північної частини області, доходять аж до південних меж чорнозему; проте вони кількісно тут дуже зменшуються (Горшенін).

Будучи добрим показником природних умов, рослинність набуває галофітного характеру в районах поширення галогенних ґрунтів, поблизу солоних озер.

Ґрунти характеризуються надзвичайною строкатістю, особливо на межиріччі Об—Іртиш, де серед чорноземів розкидано багато засолених ґрунтів. При меншій кількості їх у західній частині, на підвищеній Приуральській платформі, все ж майже всі чорноземи солонцюваті. При переході в низовину з'являються в великій кількості солонці, солончаки і солонцюваті ґрунти, переважно на зниженнях. Чорноземи як солонцюваті, так і типові без ознак солонцюватості. Характерні «щільники» — глинисті солонцюваті чорноземи на виходах третинних глин, які дуже розтріскуються при висиханні.

Багато галогенних ґрунтів і на межі Західносибірської низовини з розташованою на південь Казахською складчастою країною.

Чорноземи в степу — південні, слабогумусові з неглибоким перегінним горизонтом, на північ — звичайні, а в лісостепу — типові тучні. В західній підвищеній частині лісостепу чорноземи займають схили увалів, а в східній частині розташовані на низьких вододілах.

Ближче до гір і по логам — ліси на дерново-підзолистих ґрунтах, частково змитих.

На низовині і лісостепу являє надзвичайно строкату картину. На фоні чорноземів тут розкидані березові гайки на солонях, солонці, солончаки і в різній мірі солонцюваті ґрунти поряд з великою кількістю озер, здебільшого солоних.

У лісостепу на «крилах» низовини — в Приураллі і Приалтаї, як і на півдні, переважають чорноземи; в середній же частині ґрунти стають строкатіші і більше зростає роль засолених і заболочених комплексів\*.

Найбільш однорідне межиріччя Іншім-Іртиш. Краща частина лісостепу — Приуралля і дреновані простори вздовж рік.

Кращі ґрунти — структурні чорноземи. Дуже поширена солонцюватість звичайно погіршує фізичні властивості цих чорноземів; звідси — їх схильність до розпилення (пиліні бурі) і до замулювання.

Із солонців більш-менш придатні для культури без попередньої меліорації тільки глибокостовпчасті, з розвиненим пухким верхнім горизонтом ЕН ( $A_1$ )  $> 16$  см; глибина оранки їх практично визначається глибиною цього горизонту.

Для поліпшення цих ґрунтів потрібне гіпсування. Останнім часом, щоб позбутися солонцевого западинного мікрокомплексу, запропоновано застосовувати планування (вирівнювання) з заведенням на западинки пухкої землі з міжзападних просторів (Орловський). Певна річ, цей захід вимагає посиленого удобрення «зрізів» — оголених таким чином ділянок, бо інакше позитивний вплив від збільшення глибини культурного шару на солонцевих плямах буде послаблений зменшенням його поза цими плямами.

### Середній і Східний Сибір

Зовсім іншу картину являє Середній і Східний Сибір. Тільки північна частина, розташована на узбережжі Карського моря, моря Лаптевих і Східносибірського моря, зайнята низо-

\* Подекуди солонці в комплексі з солончаками займають понад 50% площі (Горшенін).

винами, вкритими тундрою. Крім того, тайзі і лісотундри належать Індигирська, Колимська, Анадирська, величезна Лено-Вілюйська і Лено-Алданська низовини.

Більша ж частина величезних просторів Середнього і Східного Сибіру належить високим нагір'ям, плоскогір'ям і цілим гірським країнам (наприклад, Забайкалля), з високими хребтами (Черським, Верхоянським і ін.), що відокремлюють глибокі долини повноводних сибірських рік.

Складний геоморфології відповідає й геологічна будова Середнього і Східного Сибіру.

Серед корінних порід помітне місце займають вивержені породи, які майже цілком вкривають Забайкалля; крім того, численні виходи їх знаходимо в Біробіджані, в Уссурійському краї, на Чукотському півострові, на Камчатці, де ще є діючі вулкани (Ключевська, Авачинська сопки) і на Курільських островах.

Величезні простори країни являли сушу протягом ряду довгих геологічних періодів, коли поверхня формувалася під впливом тектонічних процесів, які давали синкліналі і антикліналі, — результат складкоутворення, з одного боку, а з другого — горсти і грабени внаслідок підняття і осідання, зв'язаних з розривом пластів.

У зв'язку з цим корінні породи представлені найстародавнішими осадовими відкладами, починаючи від палеозойських — кембрійських, силурійських, девону, карбону, пермських (в меншій мірі) і кінчаючи пізнішими мезозойськими (тріас, юра і крейда). Третинні трапляються лише плямами, головню в басейні р. Зеї. Помітне місце серед цих осадових утворень належить карбонатним породам.

Мало того, у кембрії Лено-Вілюйської низовини, в силурі правобережжя Єнісею, в девоні Мінусинської улоговини і в деяких інших частинах країни відклади стародавніх лагун багаті на гіпс, кухонну сіль і їх супутники; іноді на поверхню виходять значних розмірів штоки і соляні куполи (р. Кемпендзій в Лено-Вілюйській низовині, «Соляна сопка» в гирлі р. Анабари на полярному морському узбережжі, куполи півострова Таймир). В інших випадках соляні джерела і солоні води бурових свердловин (наприклад, поблизу Іркутська, потім на р. Маї — басейн Колими і в інших місцевостях), соляні озера (Мінусинська западина) свідчать як про наявність на глибинах солей, так і про вплив глибинної геології з її солевими акумуляціями на поверхневі утворення і на ґрунти.

Такий характер корінних порід неминує повинен був відбитися і на ґрунтоутворенні. Адже й елювій їх, що лишився на місці, і елювіальні та делювіальні відклади — продукти змиву, розмиву і перевідкладення продуктів руйнування всіх згаданих вище корінних утворень, — всі вони мають на собі відбиток свого походження.

Звідси — велика кількість щебеневих ґрунтів у гірських районах і передгір'ях; звідси ж і вплив на ґрунтоутворний процес карбонатності і засолення поверхневих наносів, на яких формуються ґрунти.

Рослинність — на півночі тундрова, на південь — лісотундрова і модринові рідкостовбурники. Далі — неосяжна тайга.

Більша частина країни зайнята модриновими, сосново-модриновими, кедрово-ялиново-смерековими і сосновими (південь Середнього Сибіру) лісами; в Приамур'ї до хвойних прилучаються листяні

породи, в тому числі дуб; у Приамур'ї і Усурійському краї острови дубових лісів з реліктами у вигляді пробкового дерева, винограду, ліан. Вздовж Великого Сибірського залізничного шляху — о с т р о в и л і с о с т е п у — л у ч н и х с т е п і в (Красноярський, Канський, Іркутсько-Балагансько-Тулуський). У міжгір'ях південного Забайкалля розкинулися степи (пижмово-вострещево-лапчаткові, а на крайньому південному сході Бурято-Монголії — полиново-змітково-типчачово-тирсові). Болотна рослинність вкриває заболочені луги і западини. Заболочуванню сприяє поширення вічної мерзлоти, яка краще зберігається під болотним покривом. Вирубка лісів і лісові пожежі, посилюючи заболочуваність, сприяють збереженню мерзлоти. У річкових долинах — алювіальні луки.

У зоні тайги під лісо-лучними формаціями величезні лучні простори між р. Селенджею і гирлом Зеї, з одного боку, і р. Буреєю — з другого, а також біробіджанські і розташовані в пониззі Амуру і поблизу озера Ханка в Примор'ї.

Своєрідним умовам Лено-Вілюйської і Лено-Алданської низовин відповідають вражаючі своїм контрастом з тайгою остеповані луки з галофітною рослинністю в комплексі з болотами і модринними лісами.

Просторі плоскі вершини гірських хребтів, а також і зона їх, що прилягає до снігової межі, зайняті гірською тундрою з лишайниками, трав'яно-чагарниковим ярусом, моховими болотами, низькорослою сосною, березою, вербою, вільхою і рідколіссям із модрини і сосни.

Без сумніву, характер сучасної рослинності, як і повсюди, відбиває не так нинішні умови вирощування, як історію розвитку рослинних формацій, що відбувалася під впливом сукупності зовнішніх умов (грунт, клімат) і внутрішніх факторів, зв'язаних з відношенням окремих компонентів один до одного і до всієї формації в цілому.

Сліди колишніх тепліших умов знаходять як у вигляді пнів і стовбурів модрини, похованих у тундрах і болотах крайньої півночі, так і в складі лісів Приамур'я з їх реліктами третинного періоду (дуб, пробкове дерево, виноград, ліани тощо). Реліктом вважають і степи Якутії, збереженню флори яких у боротьбі з могутньою тайгою сприяли зазначені вище геохімічні особливості цієї області.

Переходимо до характеристики ґрунтових умов Середнього і Східного Сибіру.

Нестача вологи при низьких температурах на крайній Півночі обумовлює утворення полярних (арктичних) пустинь з полігональними і щербчастими тундрами, де рослинність може існувати тільки в тріщинах, що розділяють поверхню на многогранники, займаючи 20—50% її. Убога лишайниково-мохова і чагарникова рослинність розвивається влітку в міру опускання (на 40—50 см) вічної мерзлоти. Єдина видима ознака ґрунтоутворення — оглеювання під впливом надмірного зволоження розмерзлого шару. Займаючи узбережжя материка і островів полярних морів, ці тундри дають бідні пасовиська невеликій кількості диких оленів.

На грубих кам'янистих субстратах лишайниковий покрив з квітковими рослинами лише по тріщинах і між камінням, де затримується дрібнозем, сніг і вода. Ґрунти тут ще тільки в зародковому стані.

Далі на південь розляглися лишайникові і мохові тундри з глейовими і в зниженнях — торф'янисто-глейовими ґрунтами. Лишайникові (ягельні) тундри панують на піщаних рівнинах, особливо в центральній Ямалі і в басейні

р. Анабари. На піщаних відкладах мерзлота влітку опускається нижче, заболочування і оглеювання позначається менше, даючи місце підзолистому процесові.

Разом з послабленням суворості клімату, збільшенням глибини снігового покриву у складі рослинності зростає роль чагарників (багно, морошка, брусниця, водянка, кремена, болотяний верес), карликові берези і верби, що на південних схилах дають густі й високі зарості з густішим трав'яним покривом. Зі збільшенням заболочування і зменшенням глибини відтавання чагарникові тундри поступаються місцем купинним (купини пухівки — *Eriophorum vaginatum*).

У Західному Сибіру, як і в Європі, переважають крупногорбкуваті торфовища, а на схід від Єнісею — дрібногорбкуваті з мокрими луками і низинними болотами між горбами.

Лісотундра — авангард (або, зважаючи на знахідки похованих деревних пнів і стовбурів у тундрі, а також і мамонта, у шлункові якого знайдено залишки деревної рослинності — скоріше ар'єргард) тайги — характерна чергуванням лісових і тундрових рослинних групувань.

У північній частині лісотундри рідколісся із даурської модрини поширюються лише на добре дренованому узбережжі рік, а в південній — також на пісках вододілів і південних схилах, сприяючи розвитку на них підзолистого процесу. Лісотундра і тундра цінні як пасовиська для оленів.

Різні відмінності ґрунтів тундри зв'язані не тільки з кліматичним фактором, рельєфом і рослинністю, але й з відмінностями в характері материнських порід.

Досі звичайно відзначали лише роль механічного складу материнських порід. Проте, без сумніву, хімізм їх відіграє важливу роль.

Спостереження в європейській тундрі показують, що на карбонатних породах і в тундрі залягають кращі ґрунти, з вищою продуктивністю, кращим рослинним покривом, який має вищі кормові якості.

Освоєння в нових північних промислових районах окремих ділянок тундри під землеробство вимагає обліку властивостей їх ґрунтів з тим, щоб забезпечити правильні заходи щодо їх переробки, окультурення з метою підняти їх продуктивність.

Про загальний характер цих заходів уже говорилося вище. Можна лише додати, що нове культурне сільське господарство не повинно витіснити наявне тут тваринництво, вироблене багатовіковим досвідом абортинних племен — оленярство і собаківництво, як найбільш пристосоване до природних умов. Завдання полягає в гармонійному сполученні нових інтенсивних форм тваринницького господарства з використанням необмежених, доступних тільки для оленя кормових угідь тундри, але з піднесенням оленярства на вищий, ніж досі, щабель, з наданням йому більшої стійкості і незалежності від стихійних факторів.

Разом з використанням усього надбання агрономічної науки треба вивчити і використати усе багатство досвіду численних поколінь своєрідної культури північної людини, що виросла в умовах характерної північної природи. Ця людина складає незамінну продуктивну силу краю.

### Дерново-підзолиста зона Середнього і Східного Сибіру

У цій зоні Сибіру, що займає переважну частину її, вкриту тайгою, на відміну від європейської, спостерігається слабкий розвиток підзолистого процесу.

Причина цього — також величезне поширення в Сибіру карбонатних порід\* і їх алювію, делювію і елювію, а це при порівняно невеликій кількості опадів само по собі може зменшити інтенсивність підзолотворення. Якщо ж у материнських породах немає карбонатів, то підзолистий процес виявляється досить яскраво.

З другого боку, часте в ряді районів Середнього і Східного Сибіру (так само, як і на Західносибірській низовині) засолення материнських порід приводить до того, що й тут дерново-підзолисті ґрунти в значній мірі є «вторинними» і утворилися в результаті еволюції солонців (Глінка, 1933). У цьому випадку родючість таких ґрунтів надзвичайно мала.

Велика роль у Східному Сибіру належить процесам заболочування, яким сприяє вічна мерзлота.

Розвиткові обох явищ сприяють лісові пожежі, що часто охоплюють величезні райони тайги; прямим свідком їх є наявність у ґрунтах на широких просторах вугликів. Про суть змін, які відбуваються в ґрунтах на згарищах, уже говорилося в своєму місці. Так само впливають і суцільні вирубки лісів\*\*.

Заболочуванню й утворенню мерзлоти сприяє клімат: малий сніговий покрив і зв'язане з цим сильне промерзання, з одного боку, і перевага літніх опадів над зимовими (як у Приамур'ї і Усурійському краї) — з другого.

Залежно від рельєфу і рослинності бере гору то підзолистий, то болотний процес. Тому тут дуже поширені і перехідні болотно-підзолисті (підзолисто-глейові, торф'янисто-підзолисто-глейові і ін.) ґрунти, що особливо переважають у Приамур'ї і в західній частині Усурійського краю.

Болотний процес ґрунтоутворення розвивається в падах між горами, в великих зниженнях і річкових долинах, а також на пологіх схилах, особливо північних, і плоских вершинах гірських хребтів.

Таким чином, в більшій частині тайги Східного і Середнього Сибіру підзолистий процес пригнічений. Типовий вияв його, крім

\* Вапняки, доломіти, вапнякові сланці і пісковики, мергелісті глини, лесовидні суглинки.

\*\* У період захоплення правителів царської Росії переселенням, як засобом розв'язання аграрного питання в Європейській частині імперії, міністру Столипін (а за ним і офіційна наука), всупереч дослідженням ґрунтознавців (Прохоров, Левицький), настоювали на тому, що й болота і мерзлота зникнуть після вирубки лісів. Це — приклад впливу політики на науку.

окремих районів з виходами кристалічних порід, знаходимо головню в північно-східній частині Приамур'я.

Цілком своєрідне явище для підзолистої зони являє Якутія, де дістали великого розвитку комплекси остепованих луків, при поєднанні болотних і болотно-лучних формацій з галофітними і з модриновими лісами. Причина цього явища — не тільки мала кількість опадів (187—226 мм при середній річній температурі — 10,6°C), але й геохімічний характер території, де корінними породами є карбонатні кембрійські і силурійські відклади, в центрі прикриті юрськими, і зв'язані з ними соленагромадження, що виступають де-не-де (по р. Кампендзяю і ін.) у вигляді соляних сопок.

Тому в центральній частині Якутської АРСР (долина Вілюя, вододіл Лена—Амга—Алдан) дерново-підзолисті ґрунти мало поширені; тут панують темнобарвні чорноземовидні лучні—дернові і перегнійно-глейові, осолоділі і солонцюваті; осолоділі здебільшого і темнобарвні ґрунти.

На вододілах відіграють помітну роль ґрунти «аласів» — западин термокарстового походження\*; ґрунти тут перегнійно-глейові («напівболотні»), різної засоленості і осолоділості (Ципльонкін і ін.).

Лучна тераса р. Лени, помережана озерами, стариками і заболоченими ділянками, вкрита наносами, що закипають близько від поверхні; тут часто зустрічаються хлоридні й сульфатні солончаки.

На другій терасі темнобарвні солонцюваті чорноземовидні ґрунти вкриті злаково-різнотравною рослинністю (за Бергом). Часто зустрічаються корково-стовпчасті солонці. Між рр. Леною і Амгою (притока р. Алдана) на карбонатних лесовидних суглинках з мерзлотою на 130 см часті солонці і солоді. Піщані простори вкриті сосновими лісами. Берг вважає цю область лукоstepом, на який насувалася тайга.

ґрунти цієї області, як і рослинність, що містить ряд степових видів\*\*, є в значній мірі реліктом минулого, коли степи заходили далеко на північ\*\*\*.

Перемога дернового процесу над підзолистим у Якутії і Забайкаллі (Лено-Вілюйська низовина, западина Баргузіна) на даній стадії історії країни пояснюється тим, що тут відбувався також галогенний процес в умовах великої континентальності країни. У районах поширення його заселення лісом можливе лише після початку стадії осолодіння. Очевидно, найяскравіші прояви під-

\* Наслідок розтавання похованої криги.

\*\* Тут поширені *Stipa capillata*, *Koeleria*, *Thymus serpyllum*, *Carex stenophyllum*, а серед тварин — ховрах.

\*\*\* Ксеротермічного — сухішого і теплішого від теперішнього геологічного віку.

золистого процесу розвиваються саме на комплексах осолоділих ґрунтів.

У зв'язку з цим тут вражають контрасти в фізико-географічних умовах: тайга і степ, та ще й з солонцями і солончаками — трапляються впереміж.

Агрономічні властивості ґрунтів дерново-підзолистої зони Середнього і Східного Сибіру визначаються насамперед рельєфом. Сильна розчленованість місцевості хребтами і увалами з крутими схилами, заболоченими западинами між ними не дають змоги орати, тим більше, що вони швидко приводять (якщо не вжити своєчасно відповідних заходів) до змиву родючого шару. Північні схили і підвищені рівнини через суворий клімат придатні лише для пасовищ, бо культурні рослини на них не ростуть.

До сільськогосподарських угідь можна віднести лише незаболочені частини річкових долин, пологі південні схили і низькі, досить дренажні вододільні площі.

Кращі ґрунти — дернові і дерново-слабопідзолисті («приховано-підзолисті»). Легкий механічний склад, як взагалі в дерново-підзолистій зоні, більше сприяє обробітку (менше замулювання, глибше відтаювання, більший ефект від внесення гною). Дерново-лучні ґрунти Приамур'я — не тільки чудові сінокоси, але й кращі городні землі. Заболочені луки покращають після осушування.

Величезна заплава Амуру і інших рік потребує захисту від затоплення під час розливу створенням відповідних споруд (дамби, вали). Остеповані луки Якутії з солонцями — добрі кормові і сільськогосподарські угіддя, що потребують хімічної меліорації (гіпсування) і культурної агротехніки.

Найбагатші ґрунти «аласів» — западин карстового характеру, темнокоричневі лучні ґрунти; найбільш багаті на азот і гумус ґрунти вододілів — дерново-підзолисті і осолоділі (Ципльонкін і ін.). Поширена в центральній Якутії солонцюватість сприяє швидкому виснаженню ґрунту, зв'язаному з погіршенням фізичних властивостей (розпилення, замулювання, утворення корки). Велике значення в районах поширення мерзлоти має глибина «активного» шару, що відтає влітку (див. вище про мерзлоту).

### Чорноземна зона Середнього і Східного Сибіру

Панування тайги в Середньому і Східному Сибіру, зв'язане з її орографією — гірськими системами, що займають більшу частину країни, мало лишають місця для чорноземної зони.

Ґрунти чорноземної зони, вірніше — лісостепу, розміщуються переривчастими островами серед підзолистих і болотних масивів, в основному пов'язуючись з лесовидними покладами.

Насамперед сюди належить лісостеп Кузнецької улоговини — один із кращих районів Сибіру (Горшенін). В центральній частині його лісів майже немає; від них лишилися де-не-де сліди деревного коріння (кореневі трубки). На більш розчленованих периферійних позиціях лісів багато. В горах — уже тайга з дерново-підзолистими ґрунтами.

Чорноземи центральної частини Кузнецької улоговини здебільшого нормальні, типові (середні і тучні) на лесовидних породах; структура зерниста; проте ґрунти легко розпорошуються під час оранки.

У вищих частинах улоговини — уже вилуговані чорноземи аж до опідзолених з міцною (Горшенін) зернистою структурою. Проте можна подумати, що тут міцність структури зв'язана уже з іншими факторами, ніж у типового чорнозему; через змив після вирубки лісу верхнього горизонту опідзолених чорноземів відкривається горизонт із структурою типу горіхуватої, а не дрібногрудкуватої, зернистої.

Після вирубки лісу в умовах спокійного рельєфу швидко розвивається дерновий процес, створюючи досить глибокий гумусовий горизонт (процес проградції). На плоских зниженнях вододілів і у верхів'ях рік — багаті лучні ґрунти з оглеєними горизонтами. По долинах і балках трапляються солонці і солончаки.

Кращі ґрунти тут — типові тучні чорноземи. Чорноземи центральної частини мають несприятливі фізичні властивості, причини яких слід шукати у певній солонцюватості їх. На тучних чорноземах центральної частини у вологі роки завдяки пишному ростові хлібів є загроза затримки з дозріванням і осінніх морозобоїв. Завдання радянської селекції і агротехніки — вивести нові сорти і дати нові методи для боротьби з цими суперечностями між завданнями збільшення урожаю і природними умовами. Опідзолені ґрунти цілком придатні для культури, але потребують добрив. При їх розчистці і оранці боротьба з ерозією має стояти на першому місці.

До сказаного слід додати, що значення сільського господарства на ґрунтах Кузнецької улоговини особливо зростає з розвитком промислового і вугільного Кузбасу, з яким воно складає нерозривне ціле.

У зв'язку з будівництвом промислових підприємств заслуговує на особливу увагу здатність до просадок лесів Кузбасу, на яких будують заводські споруди (Абелев). Вияснення причин її і шляхів боротьби з нею — невідкладне завдання ґрунтознавців, геологів і будівників (Москвітін, Денисов і ін.).

Дальший острівцеві чорноземної зони — Томсько-Ачинський лісостеп, де ліс часто обмежується балками. Переважають тучні вилуговані чорноземи. Засолені ґрунти трапляються рідко. Тут, як і в попередньому районі, відкритому на північ, на багатих гумусом ґрунтах є загроза посівам від заморозків.

Мінусинський край (180 × 140 км). Цей край, як і Кузнецька улоговина, тектонічного походження (грабен); розпадається на ряд менших знижень\* відокремлених невисокими хребтами (Батеневський хребет) і зниженнями; Мінусинська улоговина оточена горами Алтайської і Саянської систем. Корінні породи належать палеозоєві (кембрій, силур, девон, карбон). На окраїнах — виходи гранітів.

Клімат Мінусинської улоговини сухий, континентальний, особливо в західній частині; опадів менше 300 мм. За рельєфом це — полого-хвилястий степ, з окремими гребнями і сопками на ньому; з півдня на північ його пересікає р. Єнісей з притоками, із яких головні — рр. Абакан і Туба.

На горах — гірські тундри, що змінюються дерново-підзолистими ґрунтами під кедрово-модриновими, а нижче — кедрово-ялиновими лісами.

Далі — гірські степи з гірськими чорноземами.

По рр. Абакану, Єнісею і Тубі — сухі степи (Абаканський, Мінусинський, Качинський і Койбальський), багаті на солончаки і солоні озера з горбами і пасмами, складеними девоном. На захід від Абакану ґрунти хрящуваті. Біля Мінусинська — дюнні піски з сосновими борами.

Ґрунтоутворюючими породами є як елювій корінних відкладів, так і леси — у східній частині улоговини, де вони підіймаються на схили Саянів, досягаючи 20—30 м товщини.

Абаканський степ укритий каштановими ґрунтами, часто в комплексі з солончакками і солонцями та солонцюватими відмінами. З підвищенням місцевості з'являються чорноземи (південні і звичайні), які на вододілах і сопках заступають вилуговані чорноземи і темносірі лісові ґрунти під лісами (Горшенін). У річкових долинах трапляються заболочені ділянки, багато солончаків і солонців. Лучні і лучно-солончакуваті ґрунти являють собою багаті сінокоси.

Кращий сільськогосподарський район, що дає високосортні пшениці, — правобережжя Єнісею з його родючими чорноземами.

Для сільськогосподарської культури кращі ґрунти — чорноземи. Проте за умов тутешнього клімату період дозрівання хлібів на чорноземах і лучних ґрунтах може потрапити під заморозки. Придатні і дерново-підзолисті ґрунти, якщо вони не занадто щебеністі і залягають у сприятливих умовах рельєфу.

Придатність чорноземів для ріллі зв'язана з рельєфом і ступенем щебенуватості. Більше придатних земель у північній і північно-східній частині улоговини (Горшенін).

\* На півдні — Мінусинська улоговина (Койбальський, Абаканський і Мінусинський степ), у центрі — Єрбінсько-Сидвінська гірсько-степова область, пересічена кряжами; на півночі — Єнісейсько-Чулимська степова улоговина (Едельштейн).

Посушливий клімат вимагає зрошування, яке здавна, ще в доісторичні часи, тут застосовувалося місцевими племенами (Горшенін). Проте поширення засолених ґрунтів потребує певної уваги до природних умов, насамперед до джерел і шляхів засолення ґрунтів. У північно-західній частині улоговини на захід від Єнісею розкинувся степовий район — Єнісейсько-Чулимські степи з численними солоними озерами (Шира, Білье і ін.) і солонцюватими чорноземами. Решта Мінусинського краю зайнята дерново-підзолистими ґрунтами.

Загальний характер ландшафтів краю — багатство природних сінокосів і пасовищ по долинах рік, навколо озер і на схилах сопок робить тваринництво найважливішою галуззю господарства в загальному комплексі сільськогосподарського використання території. Нічого й говорити про потребу обліку інтересів сільського господарства при гідроенергетичному і промисловому будівництві для того, щоб уникнути руйнування родючих територій (ерозія, засолення). Складний рельєф як самої улоговини, так і її периферії вимагає планомірної боротьби з ерозією.

Слаба структурність ґрунтів на півдні улоговини, зачеплених в тій чи іншій мірі солонцевим процесом, і хижацьке знищення лісів приводять до розвитку згубних для сільського господарства чорних бур.

Тому боротьба з розвіюванням ґрунтів з допомогою вітрозакисних куліс із високостеблових рослин, обережне ставлення до лісових масивів, суцільний рослинний покрив на зораній поверхні є невід'ємним елементом агротехніки й організації господарства у подібних випадках. Пари — тільки кулісні (і літні куліси). Просапні — із укриттям зменшених міжрядь соломою тощо. Велике значення мають мішані посіви і полезахисні лісові смуги.

Краща землеробська частина улоговини — правобережжя Єнісею, де ґрунти характеризуються добрими фізичними властивостями.

Родючість чорноземів дає змогу одержувати урожаї пшениці високої якості.

Усі ці особливості природних і господарських умов вимагають всебічного охоплення всього комплексу природних умов з якомога повнішим обліком наслідків наших дій.

Далі, вздовж Великого Сибірського шляху до Байкалу, серед підзолисто-болотних комплексів подибується острови лісостепу з характерними для нього ґрунтами — Красноярський, Канський і Тулуно-Іркутсько-Балаганський лісостепи.

Красноярський лісостеп. Красноярський лісостеп, що лежить на північ від гірської системи Саян, має складний рельєф, найбільш розсічений в західній частині, з «сопками» і крутими схилами.

Поверхневі відклади — глини і суглинки; вздовж Єнісею розвинений піщано-галечниковий покрив. На схилах сопок багато



гальки і щебеню. На рівнинних просторах поширені лесовидні суглинки.

Ґрунти — переважно чорноземи, типові тучні, вилуговані і — в південній частині — звичайні. В умовах розчленованого рельєфу поширені опідзолені лісостепові ґрунти.

Галогенні ґрунти трапляються не часто — головню по річкових долинах і в місцях виходу верховодки на схилах. Заболочені ділянки трапляються рідко.

Район високоцінний з сільськогосподарського погляду. Непридатні лише «крутяки», сопки і деякі вододіли, ґрунти яких дуже збагачені галькою, що перешкоджає сільськогосподарським роботам.

Чорноземи при всіх своїх перевагах в умовах краю, як і взагалі в більшій частині Сибірського лісостепу, мають той недолік, що посіви на них у низьких місцях на початку і в кінці літа пошкоджуються заморозками.

Дерново-підзолисті ґрунти тут характеризуються високою родючістю завдяки слабому прояву руйнівної дії підзолистотворного процесу. Це пояснюється тим, що материнські породи багаті на вапно. Ці «красники», «червоні глини» (місцеві назви) успаїлися як пшеничні ґрунти. Через карбонатність материнських порід після вирубки лісу в умовах спокійнішого рельєфу дерновий процес і проградація відбуваються швидко. Навпаки, чорноземи, особливо змиті, маючи погану структуру, терплять від посухи.

Стихійне знищення лісів, розкорчовування лісових площ створює більшу небезпеку з боку ерозії; боротьба з нею повинна бути одним із елементів планування сільського господарства.

Від Красноярського лісостепу відокремлений гірським районом величезний Канський лісостеп, що простягається на 75—100 км по обидва боки Сибірського залізничного шляху. Це — стародавня суша, на різних ділянках якої корінними породами є відклади юри, девону, силуру і навіть кембрію. Од них походять поверхневі материнські породи ґрунтів цього району, головним чином, глини і суглинки, а в північній частині — легші породи.

Канський лісостеп являє собою зниження, оточене облісеними височинами; на півночі переходить у тайгу. Найскладніший рельєф південної частини, яка прилучається до Саянів і вкрита хрящевими ґрунтами; у міру віддалення від рік рельєф вододілів стає слабохвилястим.

Ліси тут переважно березово-осикові (вторинні) на вододілах і північних схилах; на піщаних ґрунтах — соснові. Ліси дуже потерпіли від вирубок.

Ґрунти — в основному дерново-підзолисті з буруватим відтінком і чорноземи — головню тучні вилуговані, які вкривають рів-

нини і пологі схили підвищеної південної частини Канського лісостепу; середньогумусні чорноземи лежать на південних схилах і в зниженій північній частині його з легшими материнськими породами. Дерново-підзолисті ґрунти займають вершини вододілів і північні схили.

Дуже поширені «червоні глини» — змиті підзолисті ґрунти, багаті на фосфор, з водостійкою структурою; але тут це — не зерниста структура чорнозему, а горіхувата, — структура відповідного горизонту дерново-підзолистих ґрунтів, що вийшов на поверхню. Ці ґрунти після вирубки лісу під впливом дернового процесу легко реградують. Заболочені ґрунти лежать у зниженнях, по балках.

Характерне явище тут — «пихуни». Це — ґрунти, що легко розпорошуються при висиханні і тому дають змогу проявлятися «чорним бурям».

Вони наближаються до «пухляків» Башкирії, до «попелух» України, Передкавказзя, Казахстану і Заволжя (Глінка, 1933) тим, що утворюються на сильно карбонатних породах; у зв'язку з цим їх гумус погано змочується і легко висихає. Тому їх органічна речовина мало рухома, а сполуки фосфору важко розчинні.

Найдоцільніше було б використання їх під багаторічні трави або луки.

Солонців, як і в Красноярському районі лісостепу, небагато.

Сільськогосподарська оцінка якості ґрунту та сама, що і в попередньому випадку. Для тучних чорноземів дошкульним місцем слід вважати тепловий режим. Для середніх з їх слабкою структурністю — водний режим, а це вимагає певної уваги до заходів боротьби з посухою.

Болота цього району, у протилежність західносибірським, при окультурюванні не викликають ніяких побоювань щодо можливості їх засолення.

Канський лісостеп — один із кращих сільськогосподарських районів Сибіру, де не буває неурожаїв (Горшенін).

Далі на схід по залізничній лінії подибується ряд лісостепових плям, із яких найбільша — Тулуно-Іркутська-Обанська.

Рельєф і тут розчленований системою річкових долин і балок, часом густішою, часом такою, де можуть існувати величезні вододільні рівнини.

Ґрунти лісостепу — чорноземні і дерново-підзолисті; багато «пихунів». У західній частині — буропідзолисті ґрунти; у східній — червонопідзолисті. Чорноземи більш або менш вилуговані, сильно розпорошуються під час оранки. Солонці і солончаки трапляються рідко. Агрономічна характеристика ґрунтів загалом не відрізняється від даної для попередніх районів.

На північ і схід від цього лісостепоного оазису в тайзі панують такі ж червонопідзолисті ґрунти, як і в межах його східної частини. Умови рельєфу вимагають боротьби з ерозією і (в зниженнях) із морозобоями.

### Забайкалля

Цілком своєрідна за своїми природними умовами гірська країна — Забайкалля, складена кристалічними породами, тільки де-не-де вкритими осадовими.

Особливості ґрунтового покриву диктуються геологією і характером поверхні країни. Північна частина Забайкалля відзначається гірським характером і властивим гірським районам розподілом рослинності і ґрунтів.

Забайкалля являє частину найстародавнішої суші на території Азії («стародавнє тім'я Азії»), що сформувалася ще в докембрійський час і лише місцями затоплялася морем.

За час свого існування воно не раз зазнавало діяння тектонічних процесів. Сама западина озера Байкал, найглибшого в світі озера (1741 м; дно лежить на 1000 м нижче рівня океану), являє величезний грабен — результат осідання цієї ділянки земної кори. Чергування грабенів і горстів — осідань і піднять — і гірських хребтів з розташованими між ними долинами в своїй сукупності і характеризує цю гірську країну, окремі частини якої мають різні висоти і різний рельєф. Річкова мережа — густа. Багато озер, часто солоних. Клімат Забайкалля різко континентальний. У зв'язку з гірським рельєфом велику роль відіграє експозиція і висота, які визначають характер мікроклімату. Подекуди трапляються острови мерзлоти.

Рослинність значно залежить від ґрунтів, клімату і рельєфу.

У гірських районах найвищі позиції займають «гольці», де скелі вкриті лишайниками; вищі рослини туляться лише в тріщинах, де зберігся дрібнозем, або ж у захищених від змивів зниженнях. Далі йдуть гірськотундрові формації на торф'янисто-глейових ґрунтах, за якими розляглася гірська тайга з дерново-підзолистими ґрунтами.

Материнські породи тутешніх ґрунтів — головню елювій корінних порід; делювіальні і алювіальні відклади — різноманітні за своїм походженням і властивостями. У гірських районах часто подібуються хрящуваті ґрунти. Багато пісків, частково перевіяних, головним чином, по річкових долинах (по рр. Селенга, Онон, Інгода, Ангара і в Нерчинських степах).

Серед наносів є як карбонатні, так і некарбонатні, засолені і незасолені. Майже повсюди в ґрунтах є щебінь або галька. Поширена тут мерзлота (влітку на 2—2,25 м) накладає свій відбиток на ґрунти.

Наноси, що вкривають депресії, часто збагачені содою, рідше —

сульфатами і хлоридами. Є солоні озера, звідки добувають соду, сульфат і хлорид натрію.

Забайкалля в переважній своїй частині являє гірську країну, тому землеробство тут приурочено до широких долин і депресій.

У землеробських районах переважають вилуговані чорноземи і типові чорноземи; далі на південь — іноді солонцюваті, з гумусно-ілювіальним горизонтом на межі з вічною мерзлотою. Серед чорноземів часто подібуються солонці (стовпчасті, горіхуваті і брилисті) і солончаки по мікрорельєфних зниженнях.

Підзолистий процес у Забайкаллі виявлений мало; дерновий процес успішно з ним конкурує.

Агрономічні властивості ґрунтів зв'язані з їх щеченеватістю, яка робить їх менш вологомісткими і теплішими. Ґрунти досить багаті на гумус, азот і фосфор. Проте мала рухомість їх обіцяє велику ефективність азотних і фосфорних добрив (Циганенко).

Для гірського рельєфу Забайкалля має велике значення розвиток ерозії, який систематично руйнує ґрунти та дефляції, що розвіює і навіює ґрунти і тим завдає чимало шкоди. Боротьба з ними являє одне з першочергових завдань.

Південно-західна і південно-східна частина Забайкалля відрізняється від північної меншими висотами і м'якшим рельєфом. Величезні плоскі вододіли чергуються з розложистими зниженнями, де протікають численні ріки. Абсолютна висота цих знижень 600—750 м; в середині їх — височини з відносною висотою 100—200 м.

Зниження мають лісостеповий і степовий (на півдні) характер. Ріки, що протікають тут, ділять їх на ряд плоских вододілів. Вершини хребтів і північних схилів укриті лісами.

Крім південної частини країни, степовий характер має і рослинність широкого (до 30 км) зниження (грабен), в якому тече р. Баргузин; тут немало озер, іноді солених.

У Баргузинській долині, незважаючи на наявність мерзлоти, переважають неглибокі солонцюваті чорноземи (за Горшеніним, каштанові ґрунти) в комплексі з солонцями і солодами.

У південно-західній частині Забайкалля на висоті 500—800 м простягається степ і лісостеп по р. Селензі і її притоках, оточені гірськими хребтами (до 1300—1400 м). Зниження зайняті головню піщано-хрящуватими солонцюватими чорноземами (за деякими авторами, каштановими) в комплексі з солонцями і солончаками. З підвищенням місцевості до 800—1000 м помітний перехід до чорноземів.

Прирічкові піски, раніше зайняті сосновими лісами, у багатьох місцях оголені внаслідок вирубки лісу, і розвіюються вітром.

Лісостеп простягається також і в долину р. Уди.

На південному сході Забайкалля знаходимо велику пляму степу в комбінації з лісостепом. Тут виділяють (за Ніколаєвим) кілька районів. Перший із них — Онон-Аргунський степ

уздовж південного кордону СРСР. Це — суцільний степ, що охоплює і паді\*, і схили, і навіть плоскі хребти, з тією, проте, різницею, що паді вкриті сухим степом з солонцюватими малогумусними дерновими ґрунтами (каштановими), з малою кількістю солонців, тоді як високі степи мають лучний характер і вкриті вилугованими чорноземами. Найвищі місця і лощини на північних схилах зайняті підзолистими ґрунтами. Місцями чорноземи хрящуваті.

Другий лісостеповий район — Приононський (Читинська область) з плоскохвилястим степом, укритим вилугованими і звичайними чорноземами; на підвищених схилах — темnobарвні опідзолені ґрунти. По р. Онону великі масиви піщано-хрящуватих слабопідзолистих борових пісків. До Приононського степу прилягає Агинський, де на схилах і прилеглих до них плато чергуються лісостепові ділянки з степовими. Серед чорноземів (вилугованих) іноді рясно солонців і солончаків.

На північний схід простягся Нерчинський степ (висоти 600—700 м) з пологохвилястим рельєфом. Панують солонцюваті, неглибокі, малогумусні чорноземи. У зв'язку з солонцюватістю впадає в очі їх глибоке розтріскування (до 2—3 м) з затіканням гумусу. Багато солонців (часто понад 25% площі).

На підвищених ділянках, ближче до гір і на правобережжі р. Шилки — вилуговані чорноземи, далі — дерново-підзолисті ґрунти модринової (*Larix Sibirica*) тайги. У глибоких долинах лучні ґрунти і солончакуваті луки з солончаками.

Лівобережжя Аргуні в межах Бурято-Монголії зайняте кам'янистими степами. Самий крайній південно-східний кут, багатий на солонці, зайнятий полиново-дерновинно-злаковим степом; його ґрунти належать до каштанових.

Забайкальські степи і лісостеп ідуть за межі державного кордону СРСР у Монголію — по рр. Селензі і її притоці Орхону і далі на схід, обводячи її північну межу і займаючи правобережжя р. Аргуні в Манчжурії. На південь — область каштанових ґрунтів, а ближче до пустині поширені бурі ґрунти і сіроземи.

Гірські райони північної Манчжурії, вкриті тайгою, зайняті дерново-підзолистими ґрунтами. Далі на південь у верхів'ї Сунгарі і його притоці Нонні — великий острів чорноземів і опідзолених лісових ґрунтів. На південь від нього — величезні простори, багаті на солончакі і солонці.

Межірччя Уссурі-Сунгарі в північній частині (лівобережжя р. Уссурі) зайняте підзолисто-глейовими ґрунтами.

Як видно з цього, умови північного Забайкалля не сприяють широкому розвитку землеробства, якщо не говорити про інтенсивне городницьке господарство поблизу промислових об'єктів і населених місцевостей.

Виняток становлять Єравинський степ, долини рр. Баргузіна і Верхньої Ангари; проте суворість клімату вимагає виробити

\* Падь — яр, міжгір'я (за Далем).

особливі способи землеробства. Північне Забайкалля — переважно область тваринництва і промислового мисливства.

Навпаки, південне Забайкалля з його теплішим кліматом, а в степових районах і сприятливішими умовами рельєфу і ґрунтів, має більше можливостей для землеробства. Проте тут треба зважати як на посушливість клімату та морозобійність на падах, так і на велике поширення солонців і солончаків. Зрошення і поліпшення засолених ґрунтів, профілактичні заходи проти ерозії і тут являють дуже важливі елементи планування сільського господарства. Своєрідність природних умов вимагає виробити відповідні їм методи агротехніки.

Тваринництво як основна галузь сільського господарства має великі можливості для свого розвитку. До його послуг не тільки степові солонцюваті простори, але й гірські райони, де не можна орати.

### Приамур'я і Примор'я

Для Приамур'я характерне поширення болотно-лучних і лучних ґрунтів, що займають великі площі по притоках Амуру і в його алювіальній долині. Особливу увагу викликає Зейсько-Бурейський вододіл, де чорноземовидні ґрунти підвищених місць розвинулися, очевидно, із лучних ґрунтів. Трапляються і лучно-підзолисті і дерново-підзолисті ґрунти островами на підвищених місцях, а також бурі лісові ґрунти (у Верхньозейському районі, за Ліверовським), близькі до аналогічних ґрунтів Європи (Ризположенський, Прасолов, Раманн) і перегнійно-карбонатні (Глінка). У Приамур'ї дуже поширена вічна мерзлота — важка перешкода при різного роду будівництві.

У Примор'ї тип ґрунтоутворення той же, що і в Приамур'ї, але тут уже немає вічної мерзлоти.

Фактором, що визначає розподіл ґрунтів у цій області, яка простягнулася на сотні кілометрів з півночі на південь, є рельєф; гірський хребет Сихоте-Алінь з щебенюватими дерново-підзолистими ґрунтами на схилах і гірсько-тундровими на вершинах, з одного боку, і, з другого — вузька смуга правобережжя р. Уссурі з лучними і лучно-болотними комплексами, зволожуваними водами численних рік, які збігають з хребта. Величезні простори лучних і лучно-болотних ґрунтів навколо озера Ханка являють один із найбагатших рисових районів.

Щождо інших гірських районів Сибіру, то загальні закономірності змін їх ґрунтового покриву зв'язані, крім клімату, насамперед з рельєфом і характером материнських порід.

Заплавні луки і болота на міжгірських долинах (а на півночі і лісотундрові простори, як в Індигірській і Колимській низовинах) з лучно-болотними, вологолучними, торф'яно-болотними

і болотно-підзолистими ґрунтами та болотами. На схилах вони змінюються дерново-підзолистими ґрунтами різної міри опідзолення і змитості (залежно від рельєфу, експозиції, від вмісту карбонату кальцію і від характеру рослинності). Це — ґрунти гірської тайги (модринової, кедрово-смереково-ялинової, кедрово-ялиново-широколистної). Верхня межа гірської тайги проходить залежно від широти місця і експозиції схилу. За нею йде гірська тундра з розташованими вище гольцями (гольці — голі скелі, вкриті лишайниками, з рідкою чагарниковою рослинністю по тріщинах і між камінням). Ґрунти гірської тундри торф'янисто-глейові.

У південній частині Сибіру (Алтай) гірські тундри поступово переходять в альпійські луки з вологолучними, перегнійно-глейоватими ґрунтами.

Кращі за родючістю ґрунти заплавлених лук і падей між горами, які, проте, потребують меліорації. Навіть у північній частині тайги ґрунти річкових долин вільні від вічної мерзлоти, а в південній вони дуже багаті. Родючість луків по Амуру, Зеї, Уссурі і їх притоках дуже висока, тому їм колись дали назву «амурських чорноземів», хоч вияв у них процесів оглеювання і не дає змоги ототожнювати їх з чорноземами.

### Камчатка і Сахалін

М'якший порівняно з материком клімат Камчатки і острова Сахалін у поєднанні з високою родючістю ґрунтів його долин дає змогу розвинути в них буйній трав'янистій рослинності, яка забезпечує багаті пасовиська й сінокоси. Захищені від північних вітрів, обернені на південь долини Камчатки і паді Сахаліну дають широкі можливості для організації як посівів польових культур (на високих терасах і аласах увалів і межиріч), так і городництва та молочного господарства (Красюк, Ліверовський) \*.

Певна річ, і тут на перше місце треба поставити добір і виведення відповідних до місцевого клімату і ґрунтів сортів сільськогосподарських культур і розроблення найефективніших методів агротехніки, що забезпечують підвищення родючості ґрунту.

Правильне поєднання землеробства з скотарством, мисливством і промисловим звіроводством, використання їх відходів, як і відходів рибних промислів, органічне і мінеральне удобрення \*\*,

\* Для Камчатки з її діючими вулканами характерна участь вулканічного попелу в утворенні материнських порід тутешніх ґрунтів — підзолистих, лучно-підзолистих і лучних.

\*\* Для ряду районів з кристалічними корінними породами, бідними на вапно, потрібний диференційований діагноз потреби їх ґрунтів у тих чи інших мікро-, а можливо і макроелементах.

захист ґрунтів від ерозії, а в відповідних випадках і від засолення та затоплення, зрошення в південних степових районах Забайкалля і Мінусинської западини — все це забезпечить населення і промислові вузли Сибіру багатими й різноманітними продовольчими ресурсами \*.

### КАЗАХСЬКА РСР

Казахська РСР займає частину Прикаспійської низини і на південь від неї — плато Усть-Урт, крайній південь Західносибірської низовини і північну частину Туранської (на північ, схід і південний схід від Аральського моря), піщані пустині Кизил-Кум, Кара-Кум, Муюн-Кум. Зі сходу в рівнини Казахстану вклинюється «Казахська гірська країна» — рештки зруйнованої стародавньої гірської системи з висотами до 1500 м. Внаслідок вивітрювання і розмиву вона в деяких частинах перетворилася в «дрібносопочник» (невеликі горби і куполи). Зі сходу і південного сходу Казахстан обмежений гірськими системами Алтаю, Тарбагатаю і Тянь-Шаню.

Корінні породи здебільшого третинні, дуже засолені; в Казахській гірській країні — палеозойські і мезозойські з численними виходами гранітів.

Клімат більшої частини Казахстану різно континентальний і посушливий. Порівняно краще зволожується крайня північна частина республіки і гірські райони; у південній частині — клімат пустинь.

Рослинність у північній частині — південні типчаково-ковилові степи з великою участю галофітів на південних чорноземах в комплексі з солонцями і солончаками. У Прикаспійській низині в

\* Суворість клімату Сибіру і короткочасність вегетаційного періоду на більшій частині його території змушує звернути особливу увагу на культуру в умовах закритого ґрунту, на «теплову меліорацію ґрунту». Для цього тут повинні бути використані не тільки звичайні методи (снігозатримання, дренаж, застосування мертвого покриву), але й ті природні теплові резерви у вигляді потужних потоків гарячої води, які виходять із великих (3000—4000 м) глибин і на які такі багаті різні райони Східного Сибіру (область панування вічної мерзлоти). Тепер вони в кращому разі втрачаються марно, утворюючи взимку величезні «полюї» або (по-якутськи) «тарини», роблячи непрохідними долини і навіть схили гір.

При їх урегулюванні колосальну кількість калорій, зв'язану з водою цих потоків, можна було б використати для «теплофікації» як у комунальній справі, так і для закритого ґрунту і для поливання городів. На Камчатці і Курильських островах для цієї ж мети з часом буде використане (безпосередньо або шляхом трансформації в електричну енергію) тепло, що його дають вулкани. І в природних умовах чукотської зими навколо виходів гарячих річок — «кульхуків» — серед засніженої тундри зеленіє рослинний покрив.

Чудову картину можливого впливу підземного тепла на місцевий клімат у Заполяр'ї намалював у своєму науково-популярному фантастичному творі «Земля Саннікова» академік Обручов.

південній частині республіки пустинні степи на солонцюватих і солончакуватих бурих ґрунтах і сіроземах. З Казахською гірською країною зв'язана поява північніших типів рослинності — полинно-дерновинно-злакових степів і навіть масивів соснових лісів на продуктах вивітрювання граніту; у долинах між ними — осиково-березові ліси. Усі ґрунти більш або менш щербисті. Ґрунтовий покрив складають каштанові ґрунти і південні чорноземи з плямами чорноземовидних ґрунтів у западинах.

Країна дуже багата на соляні озера — особливо в південній частині Західносибірської низовини і в долині р. Тургай. З дуже розвиненим западинним рельєфом зв'язані не тільки відмінності в зволоженні, але й характер ґрунтових вод: під глибшими западинами вони солоні (Кассін).

Мінливість рельєфу, ступеню засолення материнських порід і ґрунтових вод, різниця в режимі і хімізмі ґрунтових вод є основними причинами надзвичайної комплексності ґрунтового покриву країни і строкатості рослинності.

У північній частині, що належить до Західносибірської низовини, поширені чорноземи звичайні і південні в комплексі з солонцями і солодами, солонцюваті чорноземи і величезні простори солонців і солончаків.

Далі на південь — комплекси каштанових, а далі — і бурих ґрунтів різної солонцюватості з солонцями. У південній частині — сіроземи (гіпсоземні і солонцюваті) в комплексах з солончакими. По річкових долинах тугайні більш чи менш засолені ґрунти.

Навколо озер — комплекси солонців і солончаків. По ріках — лучні ґрунти, здебільшого засолені; часто з горбистими пісками.

У східних і південно-східних гірських системах — звичайний прояв вертикальної зональності.

Тут треба відзначити швидкий перехід від полинних пустинь із сіроземами, через світло- і темнокаштанові ґрунти, вкриті типчаково-ковилевими степами, до гірських степів і гірських лісів.

У зв'язку з ґрунтовими і кліматичними умовами лише північна частина Казахстану в основному землеробська, хоч ґрунти мають характерні недоліки, властиві солонцюватим ґрунтам. У більшій же частині країни основою сільського господарства є до недавнього часу тваринництво.

На півдні вздовж рр. Сир-Дар'ї, Чу і Караталу і на сіроземах передгір'їв — поливне землеробство, площа якого досягла 1 млн. га.

Створюються сільськогосподарські оазиси навколо промислових комбінатів, що виникли в 1930-х роках (Караганда, Коунрад, Балхаш і ін.). Освоюються придатні до вирощування зернових цілини й перелоги північної частини Казахстану.

## СЕРЕДНЯ АЗІЯ

Середня Азія (Узбецька РСР, Туркменська РСР, Таджикиська РСР і Киргизька РСР) в більшій своїй, західній, частині являє низовину, яка на сході, південному сході і південному заході переходить у гірські країни.

Східна частина належить до гірських систем Паміру і Тянь-Шаню та хребтів, що простяглися від них на захід. Тут — найбільші гірські льодовики, що живлять ріки і тим дають життя пустині. На південному заході, вздовж кордонів СРСР, проходить гірська система Копетдаг-Гіндукуш (довжиною близько 2500 км).

Корінні відклади на рівнині — здебільшого третинні, на величезних просторах вкриті пісками — продуктом вивітрювання третинних пісковиків, які утворюють піщані пустинні степи. Менше значення мають кам'яністі (галечникові, щербисті) пустині на елювії щільних порід. Передгір'я вкриті лесами, а річкові долини — алювіальними покладами.

Різко континентальний клімат країни є причиною спаду дії на рівнині дернового процесу. Рослинність тут ефемерного характеру, яка розвивається в весняний і осінній період, а влітку завмирає (крім незначної кількості ксерофітів).

Ґрунтові процеси мають різко мінливий характер: в періоди зволоження (осінь і весна) при порівняно м'якій зимі панує переміщення вниз як розчинних солей, так і колоїдів (у північних районах); з цим зв'язана, хоч і незначна, але все ж помітна диференціація профілю.

Влітку, навпаки, панують висхідні течії, які виносять на поверхню  $\text{CaCO}_3$ , а подекуди, якщо бракує відповідних агротехнічних і меліоративних заходів, відновлюють і посилюють іноді до катастрофічних розмірів засоленість шарів ґрунту, де розташовується коріння.

У зв'язку з цим і біодинаміка ґрунту часом то дає різке піднесення в періоди сприятливого поєднання температури й вологості (весна і осінь), то спадає в літній період. Розклад органічних решток відбувається дуже інтенсивно, даючи кінцеві продукти мінералізації, внаслідок чого вміст органічної речовини в типових сіроземах невеликий (1—2%), та й то більша частина належить живим організмам (Костичев).

За генезисом і умовами залягання розрізняють (Розанов і ін.) темні сіроземи передгір'їв з більшим зволоженням — район богари — неполивного землеробства. До них прилучаються типові сіроземи — смуги напівзабезпеченої богари (за Балябо), потім світлі, полові (0,5—1,0% гумусу), іноді буровато-полові сіроземи рівнин — основний об'єкт поливного бавовництва і, нарешті, такировидні.

Типові сіроземи — «ґрунти нормального степового

профілю» (Неуструєв): їх світлозабарвлений сіруватий гумусний горизонт (1,5—2,0% гумусу; до 30 см глибини) слабо диференційований на верхню — шарувату і нижню — щільнішу, грудкувату частини: закипання у сіроземів спостерігається уже на поверхні; вищіві вуглесолей на глибині 30—35 см і навіть з 150 см (Глінка); відклади гіпсу — з 70 см і глибше 100 см.

Трохи глибше буває сольовий горизонт (S) з розчинними солями натрію (хлориди, сульфати і ін.), які виявляються звичайно лише хімічною пробою. У солончаках — на поверхні іноді соляна корка.

Гумусове забарвлення у світлих сіроземів не виявлене; вміст гумусу 0,5—1,0%. Верхній горизонт відрізняється від нижніх лише більшою переритістю і дірчастістю через наявність тут великої кількості нір жуків і інших комах.

Як характерне явище слід вважати такири — зниження з своєрідними солонцюватими ґрунтами, розсіяні на рівнинах Середньої Азії. Це — ґрунти важкого глинистого або суглинкового характеру, що відзначаються дуже щільною поверхнею, на якій навіть підкови коня влітку не лишають сліду. При висиханні вони розтріскуються. Рослинності на них майже немає.

У розрізі на такирі вгорі — щільна корка завтовшки 1—8 см, за якою йде пухкий шар пластинчастої структури; колір верхніх горизонтів світло-сірий. На глибині від 10—12 до 15—20 см лежить дуже щільний, що розпадається на невеликі брили буровато-світлосірий горизонт, за яким йде щільна глиниста або суглинкова порода, звичайно з гіпсом і засолена (Герасимов, Пархоменко).

Погані фізичні властивості такирів, що не дають змоги їх нормально обробляти і створюють несприятливі умови для росту рослин, зв'язані з помітним проявом солонцюватого процесу. Реакція їх лужна. Вода на них застоюється. Висихаючи, такири утворюють щільну корку.

Ґрунти рівнин з менш виявленими властивостями такирів мають назву такировидних сіроземів.

Процеси заболочування мають місце в долинах рік і на зниженнях з близьким стоянням ґрунтових вод. Тут утворюються лучні ґрунти, лучно-болотні і болотні (сазові, сази або заккеш), часто солончакові. Вони характеризуються темнішим забарвленням (сірим або темносірим) верхнього горизонту з рештками коріння лучної рослинності. Глибше з'являються ознаки оглеювання, що відрізняють глеюваті або глейові горизонти (Розанов).

На заплавах — алювіально-лучні, які щороку поновлюються завдяки новим і новим наносам на поверхню заплави; на старих терасах — дерново-лучні, торф'янисто-лучні, болотно-глейові (мулуваті-болотні), лучні солончакові. Виходячи з-під впливу підвищеного зволоження багаті на органічні речовини ґрунти швидко втрачають їх внаслідок посиленої мікробіологічної діяльності. При цьому утворюються світлі лучні глеюваті сіроземи (Балябо). У Саракамиській западині знайдено торф.

У центральних частинах рівнин Середньої Азії розташува-

лися пустині — піщані (Кара-Кум, Кизил-Кум, Муюн-Кум і ін.), глинисті і кам'яністі. Характерним утворенням тут є такири, що займають знижені місця як серед глинистих, так і піщаних \* пустинних сіроземів.

У зв'язку з різкою посушливістю пустинних степів найменша зміна рельєфу і мікрорельєфу веде і до змін ґрунту. При цьому створюється надзвичайна строкатість ґрунтового покриву внаслідок змін ступеню зволоження: більш знижені ділянки дістають більше вологи, а іноді і більше солей, ніж підвищені.

Тому звичайний такий ряд: сірозем (підвищення), солонцюватий сірозем (схил), солончак (нижина) (Прозоровський). Якщо солоні ґрунтові води близько, то горбки, навпаки, більш засолені, будучи неначе «гнотами», що підтягують і випаровують солону воду, тоді як низинки між ними («чали» Азербайджану) менш засолені.

Різкі зміни сильного випаровування влітку і зволоження в осінньо-зимово-весняний період, зв'язані зі змінним засоленням і розсоленням, приводять до появи в сіроземах ознак солонцюватості, особливо виявленої при зрошуванні солончакуватих ґрунтів (наприклад, у Дальверзинському степу, за Кудріним).

У зоні сіроземів спостерігається і вертикальна зональність.

Від рівнин Середньої Азії до навколишніх гірських хребтів із області пустинних степів існує перехід у середню зону — гірськостепову з гірськими каштановими і чорноземними ґрунтами, де засолених ґрунтів уже немає, а потім — у гірськочісову з опідзоленими ґрунтами; далі йде пояс гірсько-лучних і гірськоторф'яних ґрунтів. Крім гірських лісів, багатих на плодіві дерева (горіх, яблуня, фісташка, груша), величезне економічне значення мають тут гірські луки, — яйли, ейлаги — літні пасовиська для худоби.

Проте вертикальна зональність і тут порушується появою високогірських (на висоті 2000—3000 м над рівнем моря) холодних сухих і пустинних степів — там, де високі гірські хребти затримують західні вітри, що несуть вологу (Аболін).

У зв'язку з сухістю клімату рівнин Середньої Азії зрошення, яке має тут багатотисячорічну давність, є неодмінним фактором урожайності. Проте недостатня увага новоселів до тисячорічного досвіду населення привела до ряду помилок.

Досвід зрошення в Голодному степу показав, що при надмірних нормах поливу, надмірній фільтрації води в каналах і відсутності дренажу рівень ґрунтових вод дуже швидко підвищується (Кондрашов і ін.), спричиняючись до засолення і перетворення родючих бавовняних полів на непридатні солончаки. Тут, уже в 1918 р., Голодний степ був засолений на 67% (Скворцови, Коньков і ін.).

Негативною рисою сіроземів є їх швидке виснаження, яке виявляється у втраті органічної речовини і погіршенні фізичних властивостей (замулювання, руйнування структури, утворення «підшови» і корки).

\* Серед пісків їх використовують для затримування води.

Боротьба з цими явищами вимагає насамперед дренажу, введення до сівозміни багаторічних трав (люцерна) (Вільямс); ці заходи зміцнюють структуру ґрунтів, підвищують стійкість колоїдного комплексу, а це приводить до поліпшення і фізичних властивостей ґрунтів. Ґрунти потребують добрив — азотних, фосфорних і органічних.

В умовах сухого клімату рівнин Середньої Азії різкий контраст з пустинними степами являють долини рік з комплексами лучних і лучно-болотних «сазових» і «сазуватих» ґрунтів, з сильним оглеєнням і високою гумусністю.

На річковому алювії поселяються заплавні ліси — тугай (зарості тополі, джидди, тамариксу, шелюги) і лучна рослинність.

Виходячи з сфери затоплення, ці ґрунти спочатку лишаються під впливом ґрунтового зволоження, коли дерновий і болотний процеси часто поєднуються з солончаковим, а опісля трансформуються в сіроземи (Балябо).

Через близькість до води лучні ґрунти являють особливу цінність як фонд зрошуваних земель — тим більше, що високий вміст у них гумусу забезпечує рослини азотом і надає ґрунті сприятливих фізичних властивостей. Половина зрошуваної площі належить їм.

Під час їх освоєння треба провести ряд меліоративних і агротехнічних заходів, де регулювання водного режиму, боротьба з засоленням і поліпшення структури повинні стояти на першому місці.

Багаті соляними покладами як гірські системи, що оточують Туранську низовину, так і її власні корінні поклади, а також її нестичність обумовлюють надзвичайну насиченість солями ґрунтів з утворенням солончаків. Солончаки тут як первинні, зобов'язані своїм засоленням солям, що містяться в корінних породах, так і вторинні, що дістали солі із ґрунтових вод\*. Засолення тут — континентального походження.

Звертають на себе увагу величезні простори гіпсоносних солонцюватих сіроземів кам'янистих пустинь Усть-Урту (між Аралом і Каспієм), Бед-Пак-Дала на північ від р. Чу, яка зникає в пісках, у Ферганській долині і південному Таджикистані.

Цікаві відкриті Докучаєвим у підніжжі гір Колет-даг так звані «пойкілетичні гіпси» із Репетека, що являють собою кристалічної форми конкреції піску, зцементовані гіпсом.

Гіпс сам по собі — індіферентна для рослин сполука. Проте поряд з ним у солончаках міститься і  $\text{NaCl}$ , і  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , і  $\text{MgSO}_4$  — більш розчинні, ніж гіпс, а в нітратних солончаках —  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$  і  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ; трапляється також і сода.

\* Сюди належать «пуккі» і мокрі солончаки (кебіри і шори) узбережжя Каспію і окремих знижень всередині країни.

Засоленість особливо часто можна спостерігати серед світлих сіроземів рівнин, а також у лучно-болотних і болотних ґрунтах, де вона зв'язана з близьким рівнем солоних ґрунтових вод. А. Н. Розанов (1939) ділить ґрунти за ступенем засолення на такі види: 1) незасолені, де до глибини 150—200 см немає ні гіпсу, ні солей натрію; цих солей і глибше дуже мало; 2) слабосолончакуваті — солі на глибині 80—120 см, гіпс не глибше 150 см; 3) солончакуваті — солі виділяються у вигляді жилок і точок уже між 30 і 80 см глибини; гіпс — з 120—150 см і вище; 4) солончакові; солі у великій кількості, починаючи з глибини 5 см; 5) у солончаках солі з самої поверхні у вигляді вицвітів і корочок; вміст солі в солончаках більший за 1%.

За умовами засолення розрізняють (Балябо): 1) ґрунти тимчасового, періодичного засолення, які потребують лише заходів, спрямованих на зменшення випаровування з поверхні і частково промивання верхніх горизонтів; 2) ґрунти прогресивно наростаючого засолення, що розвивається майже при повній нестичності, з солоними ґрунтовими водами. У цьому випадку потрібен цілий комплекс заходів, зв'язаних зі зниженням рівня ґрунтових вод і глибоким дренажем для їх відводу.

Звичайно засолення шару ґрунту, де розташоване коріння, зв'язано з тим, що рівень ґрунтових вод виявляється ближче до поверхні ґрунту, ніж критична глибина капілярного підняття.

Тому основою профілактики проти засолення при зрошуванні є боротьба з фільтрацією із каналів і водойм. Вона здійснюється тим, що поверхню дна й стінок їх роблять непроникною для води (бетонний, асфальтовий або осолонцюваний одяг).

Посушливий клімат рівнин Середньої Азії протягом тисячоліть є причиною того, що землеробська культура потребує зрошення і поза богарною зоною має оазисний характер.

Основний оазис бавовництва СРСР — Ферганська долина, в центрі якої лежать поки що мало освоєні засолені, вологолучні (сазуваті) ґрунти і солончакові комплекси, а також шебінчасті гіпсоносні сіроземи. Освоєна, головним чином, периферія долини. Канали ім. Сталіна, Південний, Північний і ін. забезпечують водою нові простори. Процеси засолення особливо небезпечні в середній і західній частинах долини, де збіг води утруднений.

Потім ідуть Ташкентський оазис з темними сіроземами і лучними ґрунтами, Голодностепський, з сильно розвиненим вторинним засоленням (результат неправильного зрошення!), Зеравшанський оазис; по Аму-Дар'ї — середній і нижній і Мургабський.

Найродючіші і з найменшими проявами засолення — Східно-ферганський, Середньозеравшанський, Верхньокашкар'їнський і деякі інші оазиси.

Оазиси ж низовинної зони, з пустинним кліматом і незадовільним дренажем характеризуються сильним проявом засолення.

\* \* \*

Вплив людини в умовах клімату Середньої Азії створив своєрідні культурні варіанти ґрунтів.

Насамперед завдяки високій температурі і пануванню аеробіозу біологічні процеси відбуваються дуже інтенсивно і темні



лучні ґрунти швидко втрачають гумус і ясніють (кара-турпак переходить в ак-турпак, за Балябо).

На поливних землях створюється шар іригаційного наносу глибиною до 2 м і гумусовий горизонт, перероблений черв'яками і землероями; у тій чи іншій мірі позначається оглеювання, а коли немає відтоку води — і засолення.

Створюються стародавньо (культурно) поливні ґрунти (Дімо, Балябо). Особливо різких змін зазнають ґрунти поливних рисових полів, де панує болотний процес.

\* \* \*

Східну частину Середньої Азії займають гірські системи Тянь-Шаню з його найвищими вершинами і відрогами (пік Сталіна 7495 м) і «Верхівля світу» — Памір.

Цілоком гірський характер мають Таджикиська і Киргизька РСР і східна частина Узбекистану. Більша частина Узбекиської РСР і майже вся Туркменська РСР лежить на рівнині.

Ґрунти гірської частини тут розподіляються за законом вертикальної зональності, починаючи (згори) від велетенських льодовиків Тянь-Шаню, гірських луків альпійської і субальпійської зони і кінчаючи гірськолісостеповими і гірськостеповими чорноземами, каштановими і навіть сіроземними ґрунтами. Сильно розвинені щебнюваті і кам'яністі ґрунти різних типів на продуктах вивітрювання корінних (в тому числі вивержених) порід, а також моренні відклади високогірських льодовиків.

Сільськогосподарські угіддя тут знаходяться у закритих від західних вітрів гірських долинах; здебільшого це — області осідання (грабени), що залягають на висоті 1200—2500 м (Аболін, Коровін, Советкіна). Звідси — різка континентальність їх клімату. Тому і тут у сільському господарстві велику роль відіграє зрошення.

Основна частина площі належить пасовиськам і сінокосам (у Киргизії до 70%, при 15% орнопридатних земель). Трапляються гірські пустинні степи на висотах до 3000 м.

Західна частина Паміру вкрита комплексами кам'янистих ґрунтів, починаючи від чорноземів і до сіроземів. Східний же Памір являє собою високогірські пустині з солонцюватими гіпсоносними сіроземами, солончаками і такирами і де-не-де з вічною мерзлотою. Основна роль у гірських районах належить тваринництву.

\* \* \*

Сільськогосподарські умови Середньої Азії характеризуються надзвичайною різноманітністю — від оазисів пустинних степів, де землеробство потребує зрошення або особливих заходів (кяризи\*,

\* Підземні тунелі, які проводять воду.

траншейний метод культури і т. д.) і до кочового тваринництва, що періодично міняє кормову базу, переходячи з рівнин на гірські пасовиська (ейлаги) і — восени — назад. Величезні ліси волоського горіха, фісташок, яблунь, абрикос, груш, аличі, вишень і інших плодових дерев та чагарників являють найцінніші багатства гірської Фергани та Казахстану. У піщаних пустинях саксаулові «ліси» є джерелом палива і дають притулок пустинній фауні. Сухі субтропіки Середньої Азії у наш час стають місцем нових найцінніших субтропічних культур.

Кам'яністі і піщані «пустині» з стародавніх часів являють собою пасовиська, де знаходять собі корм отари овець, стада верблюдів і цінних порід верхових коней (ахалтекинці, карабаїр і ін.).

У зв'язку з цим найважливішим завданням є закріплення пісків, регулювання їх водного режиму через нормований випас (Висоцький), використання для ранніх посівів вологи, що нагромаджується в пісках за осінньо-зимовий період.

Під посіви (головно проса) населення використовує зниження з неглибоким заляганням ґрунтових вод.

Позитивні результати одержано в дослідях траншейного землеробства.

Для зрошуваних оазисів надзвичайну вагу має урегулювання їх водно-сольового режиму.

Народи Середньої Азії в роки п'ятирічок провели колосальну роботу в боротьбі за воду шляхом здійснення ряду народних будов великих зрошувальних систем (Ферганський канал і ін.). Тим більше значення має правильна організація зрошення і водного господарства в цілому, яка забезпечує найефективніше використання поливних вод (боротьба проти фільтрації) і гарантує від шкідливих наслідків зрошення (засолення, заболочування).

## ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА З ГЕОГРАФІЇ ҐРУНТІВ СРСР

## Карти

- «Почвенная карта Европейской части СССР». Масштаб 1 : 2.500.000. Вид. Академії наук СРСР, Л., 1930.
- «Гипсометрическая карта Европейской части СССР». Масштаб 1 : 1.500.000 на 20 аркушах. Головне управління геодезії і картографії при РНК СРСР, М., 1941.
- «Карта растительности СССР». Масштаб 1 : 5.000.000 на 4 аркушах. Ботаничний інститут Академії наук СРСР. Відп. редактор Є. М. Лавренко, Л., 1939.
- «Геологическая карта СССР». Масштаб 1 : 2.500.000 на 32 аркушах, Л., 1940.
- «Геологическая карта СССР». Масштаб 1 : 5.000.000 на 8 аркушах, Л., 1937.
- «Карта отложений четвертичной системы Европейской части СССР и сопредельных с ней территорий». Центральный н.-д. геологорозведывальный институт, під загальною редакцією С. А. Яковлева, Л., 1932.
- «Карта ґрунтів України». Масштаб 1 : 1.000.000. Склали Д. Г. Віленський, Є. М. Лавренко, С. С. Соболев, під загальною редакцією О. Н. Соколовського, Харків, 1935. Те ж, Склали Н. Б. Вернандер, Г. Н. Самбур і С. А. Скорина. Редактор Л. І. Прасолов, Київ, 1949.
- «Карта почв Крымской АССР». Масштаб 1 : 400.000. Вид. Держплану Кримської АРСР, Симферополь, рік не зазначений.
- «Почвенная карта Башкирской АССР». Масштаб 1 : 500.000. Склад Д. В. Богомолів, під загальною редакцією Л. І. Прасолова, Свердловськ, 1941.
- «Mara gleb polskich». Масштаб 1 : 1.500.000. S. Miklaszevski, Warszawa, 1927\*.
- «Схематична карта ґрунтів УРСР». У книзі «Економічна географія Радянської України», Вид. Академії наук УРСР, Київ, 1945.
- Allgemeine Bodenkarte Europas. Bearbeitet von H. Stremme, 1927.
- «Почвенная карта Казахстана». Масштаб 1 : 2.000.000. Казахстанський інститут землеробства. Уклали Л. І. Йозефович і С. П. Матусевич, під загальною редакцією Л. І. Прасолова, Алма-Ата, 1933.
- «Геоботаническая карта Казахстана». Масштаб 1 : 2.000.000. Казахстанський інститут добрив і агроґрунтознавства. Алма-Ата, 1933.
- K. Murgoci Esquisse agrogeologique de la Roumanie, за статтею А. І. Набоких у «Internationale Mitteilungen für Bodenkunde», 1919.
- P. Enculescu, E. Protopoposce Pake. Karta saluribor Romanici, Bucuresti, 1927.
- «Почвенная карта Ростовской области». Масштаб 1 : 500.000 на 4 аркушах. Під редакцією С. А. Захарова, Новочеркаськ—Саратов, 1940.

\* Для західних областей УРСР.

- «Почвенная карта Татарской АССР». Під редакцією М. Г. Шендрикова, Казань, 1935.
- «Почвенная карта Западного Туркестана». Масштаб 1 : 4.200.000. Склад С. С. Неуструев. Вид. Головного бавовницького комітету, Л., 1925.
- «Большой Советский атлас мира» (почвенные и др. карты).
- «Атлас промышленности СССР». Вид. Президії ВРНГ СРСР, 1931. (Карти кліматичні, геологічні, ґрунтові і ін.).
- Крім того, карти ґрунтів є в земських «Материалах по оценке земель» (Нижегородська, Полтавська губернії), у «Трудах почвенного Института АН СССР», «Трудах Комиссии по ирригации при АН СССР», «Трудах почвенно-ботанических экспедиций Переселенческого управления», під редакцією К. Д. Глінки; у Трудах філіалів АН СРСР і в інших виданнях.

## Книги і статті

1. Н. К. Балябо, Характеристика почв зоны орошаемого земледелия Средней Азии. «Вестник с.-х. науки», Агротехника, в. 5. Всесоюзний інститут добрив, агротехніки і агроґрунтів. ВАСГНІЛ, Сільгосп. в-во, 1940.
2. Л. С. Берг, Географические зоны Советского Союза, 3-е вид., 1947.
3. Д. Г. Виленский, Почвоведение, 1950.
4. К. Д. Глинка, Почвоведение, 1—4 вид., 1908—1933.
5. К. П. Горшенин, География почв Сибири, Омськ, 1939.
6. Б. Ф. Добрынин, Физическая география СССР. Европейская часть и Кавказ. Держ. учб.-пед. вид-во, М., 1941.
7. Н. К. Карпинский, Характеристика почв и районирование дерново-подзолистой зоны. (Див. № 1).
8. В. А. Францессон, Характеристика почв и районирование лесостепной зоны Европейской части СССР. (Див. № 1).
9. Г. А. Маландин, Почвы Урала. Свердловськ, 1934.
10. С. П. Матусевич, Почвенная карта Казахстана. Масштаб 1 : 2.000.000. Короткий пояснювальний текст. Алма-Ата—Москва, 1935. Пояснювальний текст до карти рослинності СРСР. Академія наук СРСР, 1941.
11. С. С. Неуструев, Элементы географии почв. Сільськ. госп. в-во, 1931.
12. И. В. Николаев, Почвы Иркутской области. Иркутськ, 1949.
13. Почвы СССР, тт. I, II, III, під редакцією акад. Л. І. Прасолова. Вид. АН СРСР, 1938.
14. Почвы советских субтропиков. Вид. Радянської секції міжнародної асоціації ґрунтознавців і Головного управління субтропічних культур НКЗ СРСР, М., 1936.
15. М. М. Филатов, География почв СССР, с картами, 1945.
16. Статті і карти в журналі «Почвоведение», у збірниках «Проблемы советского почвоведения», вид. Ґрунтового інституту ім. Докучаєва Академії наук СРСР, у «Трудах Комиссии по ирригации», вид. Академії наук СРСР.
17. Видання Ради по вивченню продуктивних сил СРСР, Академія наук СРСР.

## ЗМІСТ

	Стор.
<i>Передмова</i> . . . . .	3
<b>Завдання науки про ґрунт і її роль у соціалістичному землеробстві</b>	
Розвиток науки про ґрунт і її завдання . . . . .	7
Основні напрями у вивченні ґрунту . . . . .	9
Суть і завдання агроґрунтознавства . . . . .	13
Ґрунт і рослини . . . . .	14
Теорія мінерального живлення рослин . . . . .	15
/ Взаємозв'язок між рослиною і ґрунтом . . . . .	17
<b>Походження ґрунтів</b>	
Що таке ґрунт . . . . .	19
Складові частини, властивості і походження ґрунтів . . . . .	23
Механічний склад ґрунту . . . . .	24
Мінеральна частина ґрунту і її походження . . . . .	25
Процеси вивітрювання . . . . .	29
Осадочні породи . . . . .	34
Геологічні відклади як материнські породи ґрунтів . . . . .	36
Хімічний склад механічних фракцій . . . . .	37
Фізичні відмінності механічних фракцій ґрунту . . . . .	38
<b>Ґрунтові колоїди і їх значення</b>	
Каталітичні явища в ґрунті як дисперсній системі . . . . .	45
Різний стан колоїдів у ґрунті . . . . .	46
Поріг коагуляції . . . . .	49
Два види коагуляції . . . . .	51
Мінливість колоїдів ґрунту . . . . .	52
Оборотні й необоротні колоїди . . . . .	53
<b>Вбирна здатність ґрунту і її значення для ґрунтових процесів</b>	
Явища вбирання . . . . .	57
Вбирання газів і парів . . . . .	58
Вбирання з розчинів . . . . .	59
Вбирання і витіснення катіонів . . . . .	60
Вбирна здатність ґрунту і колоїди . . . . .	62
Вбирання аніонів . . . . .	68

Вплив увібраних катіонів на фізичні властивості ґрунтів . . . . .	72
Структура ґрунту . . . . .	74
Динаміка структурності ґрунту . . . . .	79
Структурні й безструктурні ґрунти . . . . .	79
Руйнування структури . . . . .	81
Ґрунти, насичені і ненасичені кальцієм . . . . .	84
Насиченість ґрунтів кальцієм, будова профілю ґрунту і його струк- тура . . . . .	87
Вбирна здатність і кислотність ґрунту . . . . .	88
Лужність ґрунту й утворення в ньому соди . . . . .	90
Солончаки і солонці . . . . .	92
Меліорація засолених ґрунтів . . . . .	93
Значення для ґрунту насиченості кальцієм . . . . .	95
Вапнування й гіпсування . . . . .	96
Хімічна меліорація — елемент агротехнічного комплексу . . . . .	100
Методи визначення потреби ґрунтів у вапнуванні . . . . .	102
Використання ненасиченості ґрунту кальцієм у сільському госпо- дарстві . . . . .	104
Технічне використання ненасиченості ґрунту кальцієм . . . . .	105
Увібрані катіони і рослини . . . . .	107
<b>Фізичні властивості ґрунту</b>	
Механічні властивості ґрунту . . . . .	108
Поділ часток ґрунту за їх розміром . . . . .	111
Фактори, що визначають механічний склад ґрунтів . . . . .	112
Роль обмінних катіонів . . . . .	117
Опірність ґрунту залежно від його складу і стану . . . . .	118
Орна «підшва». Корка . . . . .	121
Питома і об'ємна вага ґрунту . . . . .	123
Пористість ґрунту . . . . .	124
Набухання . . . . .	126
Значення фізичних властивостей ґрунту . . . . .	127
Водні властивості ґрунту . . . . .	128
Основи водного режиму ґрунту . . . . .	128
Форми води в ґрунті . . . . .	129
«Мертвий» запас і «критична вологість» ґрунту . . . . .	130
Розрахунок вмісту корисної води в ґрунті . . . . .	134
Вологомісткість ґрунту . . . . .	135
Капілярні явища в ґрунті . . . . .	138
Водопроникність ґрунтів . . . . .	144
Втрати води ґрунтом . . . . .	146
Випаровування води з ґрунту . . . . .	149
Водний режим і структура ґрунту . . . . .	151
Ґрунтові води . . . . .	152
Фактори, що впливають на ґрунтові води . . . . .	154
Хімічні властивості підземної води . . . . .	158
Вплив води на ґрунтоутворення . . . . .	159
Вода у зрошуванні . . . . .	160
Вода і ґрунтоутворення . . . . .	162
Значення водного режиму в утворенні солончаків і солонців . . . . .	163
Заболочування . . . . .	164
Підзолистий процес і заболочування . . . . .	165
Поліпшення і використання заболочених ґрунтів . . . . .	168
Повітряні властивості ґрунтів . . . . .	170
Повітря в ґрунті . . . . .	170
Водно-повітряний режим і структура ґрунту . . . . .	172
Теплові властивості ґрунтів . . . . .	173

Основи теплового режиму ґрунту . . . . .	173
Замерзання і розмерзання ґрунту . . . . .	175
Замерзання ґрунту і озимина . . . . .	177

### Хіміко-біологічні процеси у ґрунті

Основні елементи динаміки хімічних властивостей ґрунту . . . . .	178
Розчинність хімічних сполук . . . . .	178
Процеси окислення й розкислення (відновлення) у ґрунті . . . . .	179
Сірка у ґрунті . . . . .	181
Азот і фосфор у ґрунті . . . . .	182
Кальцій і магній у ґрунті . . . . .	182
Гумус (перегній) . . . . .	183
Нижчі організми і розклад органічних решток . . . . .	187
Лісова підстилка . . . . .	193
Аеробний і анаеробний процеси . . . . .	193
Перетворення гумусу . . . . .	197
Хімічний склад гумусу . . . . .	199
Гумінові кислоти й кислотність ґрунту . . . . .	202
Токсини і ауксини . . . . .	204
Колоїдна природа гумусу . . . . .	204
Облік вмісту гумусу в ґрунті . . . . .	207
Азот у ґрунті . . . . .	208
Фосфор у ґрунті . . . . .	214
Елементи біодинаміки ґрунту . . . . .	216
Мікроби і землеробство . . . . .	216
Мікроби й енергетичний баланс у ґрунті . . . . .	217
Регулювання біодинаміки ґрунту . . . . .	219
Діяльність мікробів у різних ґрунтах . . . . .	220
Хімічний склад і родючість ґрунту . . . . .	222
Динаміка ґрунту . . . . .	229
Завдання ґрунтових аналізів . . . . .	230
Невідкладні проблеми хімізації сільського господарства . . . . .	233

### Походження ґрунтів різного типу в СРСР і їх характеристика

Ґрунтотворний процес . . . . .	237
Формування профілю ґрунту і його морфологія . . . . .	240
Причини відмінностей між ґрунтами . . . . .	243
Фактори ґрунтотворення . . . . .	243
Клімат . . . . .	243
Материнська порода . . . . .	244
Рослинність . . . . .	247
Рельєф . . . . .	248
Вік ґрунтів . . . . .	248
Вплив людського суспільства на ґрунтотворення . . . . .	248
Закономірності поширення ґрунтів . . . . .	250
Ґрунтові зони . . . . .	250
Ґрунтові комплекси . . . . .	252
Класифікація ґрунтів . . . . .	253
Єдність процесу ґрунтотворення і численність ґрунтів у природі . . . . .	259
Основні напрями ґрунтотворення і типи ґрунтів . . . . .	265
Короткий огляд ґрунтових зон СРСР . . . . .	268
Тундра . . . . .	268
Підзолиста зона . . . . .	269
Чорноземна зона . . . . .	273
«Деградація» чорнозему . . . . .	277
Солонцюваті чорноземи . . . . .	280

Агрономічні властивості чорноземних ґрунтів . . . . .	283
Ґрунти сухих степів . . . . .	288
Сіроземи Середньої Азії і Закавказзя . . . . .	290
Ґрунтовий покрив СРСР . . . . .	292
Агротехнічні заходи й ґрунтовий покрив . . . . .	294

### Родючість ґрунту

Соціально-економічні фактори родючості . . . . .	304
Вплив сільськогосподарської культури на родючість ґрунту . . . . .	306
Агротехнічні властивості ґрунтів . . . . .	308
Родючість ґрунтів різних типів у СРСР . . . . .	310
Динамічність родючості ґрунту . . . . .	318
Родючість ґрунту і його культурний вік . . . . .	323
Виснаження ґрунтів і боротьба з ним . . . . .	324
Дослідження родючості ґрунтів . . . . .	327
Територіальні дослідження ґрунтів . . . . .	330

### Географія ґрунтів СРСР

Область Кольсько-Карелофінського кристалічного щита . . . . .	334
Північно-західна моренно-озерна підзолиста область . . . . .	336
Полісся БРСР і прилеглі території РРФСР . . . . .	339
Північно-східний край . . . . .	341
Волзько-Камська лісова область . . . . .	342
Середнє Приуралля . . . . .	343
Середньоросійська підзолиста область . . . . .	344
Українська РСР . . . . .	346
Полісся Української РСР . . . . .	346
Лісостеп . . . . .	348
Степ . . . . .	353
Кримська область . . . . .	356
Молдавська РСР . . . . .	358
Центральна лісостепова область РРФСР . . . . .	359
Центральна чорноземна область . . . . .	363
Волзько-Камська лісостепова область . . . . .	366
Заволзький південний лісостеп . . . . .	367
Приуральський лісостеп . . . . .	372
Прикаспійська низовина . . . . .	373
Передкавказзя . . . . .	377
Закавказзя . . . . .	379
Грузія . . . . .	379
Азербайджан . . . . .	382
Дагестан . . . . .	385
Вірменська РСР . . . . .	386
Сибір . . . . .	389
Західносибірська низовина . . . . .	391
Середній і Східний Сибір . . . . .	396
Дерново-підзолиста зона Середнього і Східного Сибіру . . . . .	400
Чорноземна зона Середнього і Східного Сибіру . . . . .	402
Забайкалля . . . . .	408
Приамур'я і Примор'я . . . . .	411
Камчатка і Сахалін . . . . .	412
Казахська РСР . . . . .	413
Середня Азія . . . . .	415
Основна література з географії ґрунтів СРСР . . . . .	422

191835

Редактори *Н. Б. Вернандер, Ф. М. Цешковський*

Художній редактор *П. М. Щербак*

Технічний редактор *Й. М. Вайншенкер*

Коректор *Л. Х. Почекіна*

*Алексей Никанорович Соколовский. Курс сельскохозяйственного почвоведения*  
(на украинском языке).

Государственное издательство сельскохозяйственной литературы  
Украинской ССР.  
Киев, Ворошилова, 10.

---

Здано до складання 4/VIII-1954 р. Підписано до друку 16/X-1954 р. Б.Ф 07207.  
Тираж 10000. Папір 60×92/16. Друкарськ. арк. 26,75. Обл.-вид. арк. 29,98.  
Зам 338. Ціна 9 крб.

---

Надруковано з матриць Київської книжково-журнальної ф-ки  
в 4-ій поліграфічній ф-ці Головидаву Міністерства культури УРСР,  
м. Київ, пл. Калініна, 2.